

С • Е • Р • И • Я



МИРОЗДАНИЕ

Возможно ли
заставить организм
ЖИТЬ БЫСТРЕЕ?

ЖИВОТНЫЕ АНАЛИЗИРУЮТ МИР

Юрий СИМАКОВ



С • Е • Р • И • Я



МИРОЗДАНИЕ

ЮРИЙ СИМАКОВ

ЖИВОТНЫЕ АНАЛИЗИРУЮТ МИР



РИПОЛ КЛАССИК

МОСКВА 2003

МИРОЗДАНИЕ



ББК 28.089

СЗ7

Симаков Ю. Г.

СЗ7 Животные анализируют мир.— М.: РИПОЛ КЛАССИК, 2003.— 224 с.: ил.— (Мироздание).

ISBN 5-7905-1693-9

Автор книги занимается исследованием «живых индикаторов» — одним из направлений в науке, которое появилось сравнительно недавно на стыке биологии и техники. Он также проводит полевые исследования мест посадки НЛО с помощью микроорганизмов.

Можно надеяться, что изложенный в книге уникальный материал, раздумья автора, связанные с раскрытием тайн работы биологических индикаторов, будут с большим интересом восприняты читателями.

ББК 28.089

ISBN 5-7905-1693-9

© Издательский дом «РИПОЛ КЛАССИК»,
оформление, 2003

От редактора

Дорогой читатель! Задумывался ли ты, что в наш техногенный век самые совершенные и точные приборы, созданные человеком, являются всего лишь копиями миниатюрных живых организмов, созданных самой природой?

Таковыми приборами обладают представители животного мира. Человек, «подсматривая», строит миниатюрные датчики, а в природе уже миллионы лет живут их обладатели: рыбы, птицы, насекомые.

Живые организмы обладают фантастической чувствительностью — они за несколько дней чувствуют приближение землетрясения: теряют ориентацию птицы, скулят собаки, ящерицы покидают свои норы, канарейки бьются в клетках, муравьи спасают свое будущее потомство. Сейсмоанализаторы «живых индикаторов» воспринимают даже самые незначительные колебания, которые не могут фиксировать современные приборы.

Где находятся сейсмоанализаторы и как они работают? Как глубоководные обитатели пользуются приборами «ночного видения»? Почему у кальмара на хвосте расположены телескопические глаза? Какие насекомые и ракообразные могут видеть ультрафиолетовые лучи? Как происходят разнообразные формообразования в природе, если развитие всех начинается с одной клетки? Почему рыбы «кашляют» и какой прибор изобрели ученые на основе «приступов кашля» рыб? Это лишь малая часть вопросов, которые рассматривает в своей книге Симаков Юрий Георгиевич, доктор биологических наук, профессор, специалист в области эмбриологии и гидрологии.

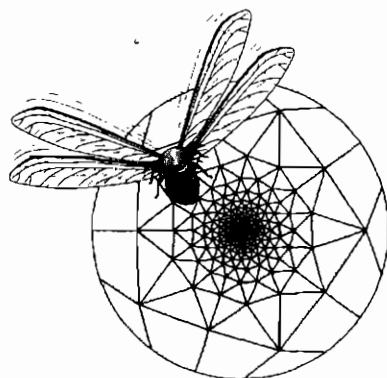
Часто к окружающей нас природе и ее обитателям мы относимся как к обыденному явлению: все это было, есть и будет. Для нас — это известная картина мира и привычное мирозда-

ние, а вот автор настоящей книги помогает проникнуть в малоизвестный и удивительный мир «живых индикаторов» — простейших животных, которые помогают ученым познать единство законов природы и раскрыть тайны мироздания.

Итак, «Животные анализируют мир» — это очередная книга в серии «Мироздание», а издательство «РИПОЛ КЛАССИК» продолжает бороться за интеллектуального читателя.

Зинаида Львова

Глава первая



Химики-аналитики ждут их

Муху странную бери

Однажды в детстве я оказался на пустыре. Все поросло травой на разрушенной войной стройке. Оборвался путь железнодорожной ветки, не дойдя до корпусов, зияющих пустыми окнами. И вдруг на насыпи у рельсов, где надолго застыли колеса грузовой железнодорожной платформы, я увидел знакомое мне растение, нагнулся и сорвал его — это был чеснок, созревший, но совсем крошечный, в десять раз уменьшенная копия того, что растет на огороде. У него была головка величиной с горошину, но зубчики в ней — как у настоящего чеснока. Тогда мне показалось, что кто-то сделал игрушечное растение, а на самом деле я столкнулся с загадочной проблемой нашей земной жизни — проблемой формообразования. Какие «приборы» следят за формой живого и где они скрыты?

Здесь же, у рельсов, в траве, бегали, стрекотали и прыгали другие живые существа. Они были вооружены миниатюрными локаторами, дальномерами и светофильтрами, дающими им возможность по-своему воспринимать окружающий мир. Падающая от меня тень заставляла их отскакивать и прятаться между травинок.

Биологи считают, что муравей глазами отличает только свет от тени. Но почему же тогда он принимает оборонительную позу, если протянуть к нему руку, будто он видит наши пальцы и ладонь и точно определяет расстояние до руки? Может быть, он «видит» не нас, а электрическое поле от руки? Тогда какими же «приборами» муравей может ощущать это поле?

Достаточно присмотреться к живым существам, чтобы убедиться, какой необычайной способностью реагировать на присутствие веществ и различных полей наделены они. В безбрежном мире живых организмов можно найти рекордсменов, способных ощущать отдельные молекулы веществ и улавливать самые слабые известные нам, а возможно, и неизвестные поля. Но ведь у многих существ их удивительные приборы помещаются в объеме величиной с булавочную головку, а в некоторых

случаях даже в световой микроскоп их не рассмотришь, нужен электронный.

Попробуем сравнить сделанный человеком прибор с тем, что создала природа.

В современной аналитической лаборатории целые полчища датчиков, индикаторов и различных анализаторов.

Например, сейчас часто применяют нейтронный активационный анализ. С помощью этого совершенного метода можно уловить незначительную разницу в составе микроэлементов в волосах двух людей. Мне приходилось использовать этот метод при исследовании состава микроэлементов в хрусталиках глаз лягушек, особенно у головастика, когда и хрусталик-то на ладони выглядит как маковое зернышко, а ведь удалось обнаружить в такой крохе даже золото. Сколько же требуется приборов для такого сверхточного анализа? Нужен источник нейтронов — атомный реактор, сооружение достаточно внушительное. И еще — многоканальный анализатор гамма-спектра величиной с небольшой платяной шкаф.

Сама же природа подсказывает, как надо строить миниатюрные датчики и приборы, которыми снабжены различные насекомые, рыбы, птицы. Миллионы лет совершенствовались их анализаторы в процессе эволюции, и эту работу можно смоделировать. У электронщиков для этого большие возможности. Так, на плато (величиной с почтовую марку) они могут поместить схему телевизора. В будущем у пленочной электроники перспективы неограниченные.

Но есть и второй путь создания чувствительных приборов. Например, использовать датчики мух, пауков, крыс. Учитывая фантастическую чувствительность живых организмов к различным химическим соединениям, можно попытаться не моделировать их, а прямо, непосредственно подключить к электронным схемам. Как здесь не вспомнить стихотворение Н. Заболоцкого под названием «Царица мух»:

Муху странную бери,
Муху в банку посади,
С банкой по полю ходи,
За приметами следи.
Если муха чуть шумит —
Под ногами медь лежит.

Если усиком ведет —
К серебру тебя зовет.
Если хлопает крылом —
Под ногами злата ком.

О высокой чувствительности насекомых знали уже средневековые схоласты и даже пытались использовать их при отыскании кладов или месторождений драгоценных металлов. Именно писания одного из них и вдохновили поэта Н. Заболоцкого к созданию подобного стихотворения. Звали его Агриппа Неттесгеймский, а жил он в начале XVI века. Каких только легенд не ходило об этой странной личности! Вплоть до того, что якобы он даже мог вызывать к себе дьявола. Он действительно отыскивал и клады, и месторождения драгоценных металлов и проводил необычайные алхимические опыты. Не исключено, что в его руках были секреты использования «живых приборов». Агриппа знал, что древние индусы отыскивают клады с помощью какой-то таинственной мухи, он назвал ее «царицей мух». Мало того, сам он, видимо, имел такую муху и даже оставил рецепт, как обращаться с ней: «Когда будете иметь в своем распоряжении одну из таких мух, посадите ее в прозрачный ящичек. Ее помещение надо освежать два раза в день и давать ей растение, на котором ее поймали. Она может жить при таких условиях почти месяц. Чтобы узнать направление скрытых на глубине сокровищ, надо, чтобы была хорошо установившаяся погода. Тогда, взяв ящичек с мухой, отправляйтесь в путь, постоянно подсматривая и подмечая ее движения. Если в недрах скрыты драгоценные камни, вы заметите содрогание в лапках и усиках. Если же будете находиться над местом, содержащим золото или серебро, муха замахаёт крыльями, и, чем ближе вы будете, тем сильнее будут ее движения. В том случае, если там находятся неблагородные металлы — медь, железо, свинец и прочие, — муха будет ходить спокойно, но тем быстрее, чем ближе к поверхности они находятся».

Поэт Н. Заболоцкий вспоминает, что подобные курьезные предания он слышал и в русских деревнях.

Может быть, можно по описаниям Агриппы определить вид мухи? Имея в руках такую муху, нетрудно проверить правдоподобность опытов схоласта. Пусть мало шансов, что «кладоискательный прибор» заработает. Но вдруг... Агриппа пишет, что та-

инстинктивная муха величиной с крупного шмеля любит садиться на водные растения. Мало сведений, но какая-то нить в руках есть. Вся трудность в том, что мух и их родственников 80 000 видов. Видимо, Агриппа ничего не знал еще о мимикрии: существуют, например, бабочки, принявшие вид мух. Где гарантия, что именно не одну из них содержал у себя средневековый ученый.

Современные ученые занялись исследованием «живых приборов» — их колоссальной чувствительности еще в двадцатые годы XX века. Известный уже в то время биолог Н. К. Кольцов даже организовал лабораторию физико-химической биологии. Вот один из опытов, проведенный в ней. В большой, на двести литров, аквариум, наполненный водой, помещались одноклеточные существа—сувойки. Их можно увидеть в микроскоп. Они похожи на колокольчики, сидящие на тонких ножках. При воздействии на сувоек неблагоприятных факторов ножки быстро сворачиваются в пружинки, а сам колокольчик закрывается. Кольцов добавлял в сосуд лишь одну каплю слабого раствора с ионами кальция. Через некоторое время (его всегда можно было рассчитать) первые ионы достигали сувоек. И их ножки тотчас же сворачивались. Значит, эти существа способны реагировать на отдельные заряженные атомы вещества.

В научных журналах того времени можно найти описание другого опыта Н. К. Кольцова. В банку с водой, где сидит лягушка, опущено золотое кольцо. И через некоторое время ее брюшко становится розовым. Кровеносные сосуды расширились и стали просвечивать сквозь тонкую кожу. А много ли золота за это время растворилось в воде? Ничтожное количество.

Изучением чувствительности живого увлекся и фармаколог Н. П. Кравков. В 1926 году его труд о действии лекарственных препаратов посмертно был удостоен Ленинской премии. В опытах Н. П. Кравкова индикатором тоже были кровеносные сосуды, но только не лягушки, а кроличьего уха. В ухо, отрезанное от тела животного (точнее, в кровеносные сосуды), лаборант впрыскивал физиологический раствор. Пройдя по системе сосудов, жидкость вытекала через открытые концы вен, и ее капли падали на чашку очень точных весов.

Когда в раствор добавляли немного адреналина, сосуды сужались, скорость истечения капель уменьшалась. «Живой прибор» работал безукоризненно. Самое любопытное, что он сигнализировал о некоторых веществах даже на расстоянии.

Стоило поднести к уху свинцовую пластинку — и эффект был таким же, что и при введении раствора с адреналином.

Биолог А. Л. Чижевский сконструировал сверхчувствительный аппарат, который предупреждал о всплесках солнечной активности за неделю до их появления. Главной «деталью» прибора были бактерии, способные изменять свою окраску. На что они реагируют — на изменение электромагнитных полей или летящие от Солнца частицы, — до сих пор не выяснено.

Многие специалисты скептически относятся к созданию «живых» и «полуживых» приборов. Конечно же, инженеры не сомневаются в высокой чувствительности бактерий, мух, рыб и лягушек, их волнует другое — можно ли однозначно определить, что живой организм реагирует именно на изучаемое вещество? Сколько реакций у различных растений и животных на воздействие внешней среды? Ответ может получиться очень расплывчатым. А физический прибор всегда покажет правильный ответ, если он исправен и точно проградуирован.

Это вполне понятное сомнение. Конечно, прибор должен гарантировать воспроизводимость результатов при повторных измерениях. Биологи отдают себе в этом отчет и уже пытаются преодолеть данную трудность. Так, взят на вооружение условный рефлекс.

Скажем, у рыб условный рефлекс формируется на отдельные молекулы примеси веществ, попавших в воду. При попадании исследуемых концентраций веществ в воду рыбу можно научить уходить от сетки, через которую пропускается ток. А как доказать, что рыба реагирует именно на это вещество, а не на какой-либо другой раздражитель? Стереть память к этому веществу. Возможно ли это? Вполне. Определено, что, если карасю после обучения ввести антибиотик пуромицин, он забудет рефлекс на это вещество, хотя все другие рефлексы у него сохраняются.

Сейчас способы регистрации биопотенциалов достигли такого совершенства, о которых в двадцатые годы прошлого века приходилось только мечтать. Теперь экспериментаторы научились отводить биотоки как от нервных ядер и узлов, так и от отдельных клеток. С помощью тончайших платиновых и золотых электродов можно снимать потенциалы с оболочек клеток и с нервных волокон. Так что подключиться к «живому прибору» или отдельному его датчику не представляет особого труда,

хотя это — ювелирная работа, выполняемая под микроскопом. Современным электрофизиологам удастся регистрировать разность потенциалов порядка десятых долей милливольт.

На службе биологов уже стоят микроскопические по размерам световоды, фотосопротивления и фотоэлементы, с помощью которых можно следить за изменением цвета бактерий и формы клеток. А их можно применять как отдельные узлы «живых» или «полуживых» приборов.

Возможно, применение электронных и живых узлов даст новое поколение измерительной аппаратуры, способной избавиться от посторонней информации и различных помех. Сколько приходится ставить различных фильтров в приборах, чтобы выделить, например, нужное вещество, а это все усложняет анализирующие устройства и удорожает их. В то же время живые организмы умеют с помощью своих «датчиков» отсеивать лишнюю информацию. Так, глаз лягушки, особенно сетчатка, выбирает только нужные для животного сведения. Подобные механизмы переработки информации найдены в анализаторах животных, занимающих другое систематическое положение. Например, насекомые и пауки прекрасно «понимают» показания своих органов чувств. Органы обоняния у паука находятся не на голове, а на ногощупальцах (педипальпах) и кончике брюшка. Природный водоем паук обнаруживает на большом расстоянии. Но не находит банку с дистиллированной водой, поставленную почти рядом. По-видимому, пауки реагируют на ничтожные примеси солей в воде.

Говорят, что на вкус и цвет товарищей нет. Но ни одну муху не проведешь на сахарине. Она уверенно отличит его от сахара, прикоснувшись к порошку лапками. Оказывается, происходит пространственный анализ веществ, и их химический состав муха определяет одним только прикосновением лапок. Попробуем представить себе и биоприбор — отведем с помощью электродов потенциалы с нервных клеток мухи, а после усиления передадим на осциллограф, на экране которого каждому веществу будет соответствовать определенная осциллограмма. Имея набор кривых, полученных ранее от различных веществ, можно за одну минуту исследовать несколько веществ.

Недавно группа сотрудников кафедры энтомологии биологического факультета МГУ предложила способ, с помощью которого можно записывать на осциллографе сигналы, идущие от

вкусовых щетинок самки комара-пискуна. Оказалось, что любому химическому соединению соответствует строго определенная последовательность электрических импульсов. И это при концентрации в сотые доли миллиграмма в одном литре воды! Ученые ищут ключи к расшифровке осциллограмм. Если поиски будут успешными, то можно надеяться на создание средства для эффективного экспресс-анализа, проводимого в химических лабораториях.

Анализаторы запахов и молекул

Как ни странно, но до сих пор точно неизвестно, почему «запахи» пахнут и почему люди по-разному ощущают их. Недавно физиологи установили, что мужчины и женщины неодинаково воспринимают запахи. Взять хотя бы экзальтолид — вещество, применяемое в парфюмерной промышленности в качестве фиксатора. Женщины его ощущают, а все лица мужского пола не знают, как пахнет это вещество. Девочки тоже его не ощущают до достижения половой зрелости.

Однако, если взрослому мужчине ввести женский половой гормон, он начинает чувствовать запах экзальтолида. А помимо этого, ему открывается целый ряд запахов, о которых он раньше не имел никакого представления. Запахи в жизни человека играют важную, но не первостепенную роль. А вот у ряда животных именно обоняние развито сильнее других органов чувств. Можно ли представить, как сложны их органы «химического чувства»?

Человек четко определяет вкусовые качества веществ, в то же время незнакомые запахи он сравнивает с уже известными. Таких запахов можно насчитать тысячи. У нас вкусовые и обонятельные ощущения разделяются, а у многих живых существ они выступают как единое чувство. Например, химические анализаторы у насекомых находятся во рту, на антеннах и на ногах. По мнению ряда ученых, некоторые насекомые, например термиты и муравьи, обладают даже объемным обонянием, которое людям трудно вообразить.

Бионикам пока еще далеко до создания совершенных анализаторов запахов, хотя они предпринимают попытки создать элек-

тронный искусственный нос и добились некоторых успехов. Но разве эти приборы можно сравнить с живыми анализаторами?

Биологи установили, что средством общения между насекомыми служит ряд веществ, которые называют **феромонами**. К феромонам относятся, например, пахучие вещества самки некоторых бабочек, которые привлекают самцов, находящихся иногда на расстоянии нескольких километров. Так, самец айлантовой сатурнии обнаруживает самку, удаленную от него почти на два с половиной километра, и это далеко не рекорд. Непарный шелкопряд может обнаружить самку в радиусе четырех километров, а большой ночной павлиний глаз справился с этой задачей на расстоянии восьми километров. Возможно, не только обоняние используется для такого поиска. Во всяком случае, ученые пытались выяснить предельную границу, с которой самцы бабочек уже не находят самку. Они пометили самцов бабочки-глазчатки и выпускали их через окно движущегося поезда на разных расстояниях от места с клеткой, где находилась самка того же вида. Даже с расстояния одиннадцати километров вернулось двадцать шесть процентов выпущенных самцов.

Для подобной химической локации насекомые используют перистые антенны-усики, усаженные хеморецепторами, своеобразными миниатюрными биодатчиками.

Чувствительность биологических анализаторов насекомых просто поразительна — она не уступает самым совершенным методам анализа, применяемым физиками и химиками, самой совершенной аппаратуре. Так, например, у тутового шелкопряда (*Bombyx mori*) ученые выделили вещество, которое назвали «бомбикол» (от латинского названия шелкопряда). Самки бабочек выделяют бомбикол из желез, и незначительные концентрации его приводят самцов в сильное половое возбуждение. Самцы начинают трепетать крыльями и совершать вращательные движения телом. Какие же минимальные концентрации бомбикола может ощущать самец? Цифра эта очень мала. Самцу шелкопряда подносили стеклянную палочку, на которой содержалась миллионная доля пикограмма (один пикограмм равен миллионной доле грамма) раствора бомбикола. И этого количества оказалось достаточно, чтобы самец пришел в возбуждение и начал сильно трепетать крыльями. Трудно даже себе представить, что молекулы бомбикола взаимодействуют с анализаторами, расположенными на усиках и ножках шелкопряда!

Немецкий биохимик А. Бутенанд, изучив состав бомбиколла, получил четыре стереоизомера этого соединения и показал, что самцы непарного шелкопряда не только улавливают своим анализатором минимальное количество бомбиколла, но и различают стереоизомеры пахучих веществ, то есть конфигурацию молекул.

Так что же улавливают хеморецепторы — колебания атомов в исследуемой молекуле или ее конфигурацию?

На этот вопрос пока нет исчерпывающего ответа. Существует две теории. По одной из них, предложенной биологом Дж. Эймуром, анализируемые молекулы вещества и хеморецепторы подходят друг к другу, как «ключ к замку» (рис. 1). Дж. Эймур выделил семь основных обонятельных рецепторов, воспринимающих камфорные, эфирные, цветочные, мускусные, мятные,

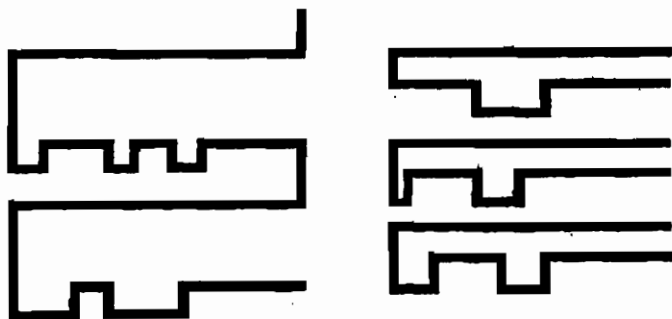


Рис. 1. Схематическое изображение принципов работы обонятельных рецепторов по принципу «ключ к замку»: слева — молекулы пахучего вещества; справа — «ключи» хеморецептора

острые и гнилостные запахи. Причем «замки» и «ключи» имеют простую конфигурацию. Например, эфирные «ключи» — палочки, мускусные — диски, камфорные — шаровидные. Когда конфигурация молекулы одного вещества подходит к одному из семи видов химических анализаторов, происходит плотный контакт, и на рецепторах возникает электрический заряд. Так же, как на экране цветного телевизора только три цвета — синий, красный и зеленый — создают всю гамму цветов, весь букет запахов создается семью составляющими, которые хемо-

рецепторы воспринимают как отдельные компоненты действующего запаха. Вместе они дают полную картину запаха, поступающего в мозг в виде биотоков по нервным обонятельным волокнам, а мозг полностью анализирует его.

По другой теории, разработанной физиологом Р. Райтом, молекулы пахучего вещества совершают постоянные колебания, так как колеблются составляющие их атомы. Предполагается, что каждое вещество характеризуется определенным «дрожанием». Вот эти-то колебания при непосредственном контакте, а возможно, и дистанционно, улавливаются хеморецепторами и также анализируются мозгом.

Трудно пока отдать предпочтение какой-либо из этих теорий. Уж очень они обе заманчивы. Во всяком случае, легче изучать не дистанционное восприятие запаха, а контактное. Ранее уже упоминалось о таких контактных «анализах», которые может делать муха. Ведь у нее хеморецепторы находятся на лапках, и она всегда знает, что у нее под ногами: еда, питье или что-то несъедобное. Ученые подсоединили электроды к нервным волокнам синей мухи, усилили введенные импульсы и записали их на осциллограмме. Оказалось, что на ее лапках четыре типа рецепторов: одни анализируют состав воды, другие определяют вид сахара, третьи исследуют различные соли, четвертые указывают на наличие белковой пищи. Но самое интересное, что анализаторы химических веществ у мухи находятся и в хоботке, причем хоботок автоматически отвечает на показания ножных хеморецепторов: он вытягивается, и муха начинает пить или есть. Поэтому экспериментаторы наносят на лапку мухи исследуемое вещество и по выпрямлению хоботка судят, какие концентрации и какие вещества улавливает насекомое. Такой химический анализ занимает несколько секунд, и его вполне могут использовать химики-аналитики в некоторых своих работах.

Но есть животные, которые самым настоящим образом «щупают» конфигурацию молекул. Да, да, именно конфигурацию молекул!

Среди водных организмов довольно широко распространены морские желуди, или баянусы. Их можно увидеть на камнях прибрежных скал, а иногда и на живой раковине моллюска. Да что там моллюск — они и к китам ухитряются прикрепиться. На кораблях и гидротехнических сооружениях морские желуди — основной компонент обрастания.

Морские желуди — это усоногие ракообразные. Конечно, они не похожи на речного рака и даже на морского краба, но все же это их родственники. Личинки у баянусов, как и у всех ракообразных, свободноплавающие и похожи на личинок других раков (рис. 2а). В раннем «детстве» морские желуди выдают свое происхождение, что они ракообразные, а во взрослом состоянии рака в них не узнать (рис. 2б).

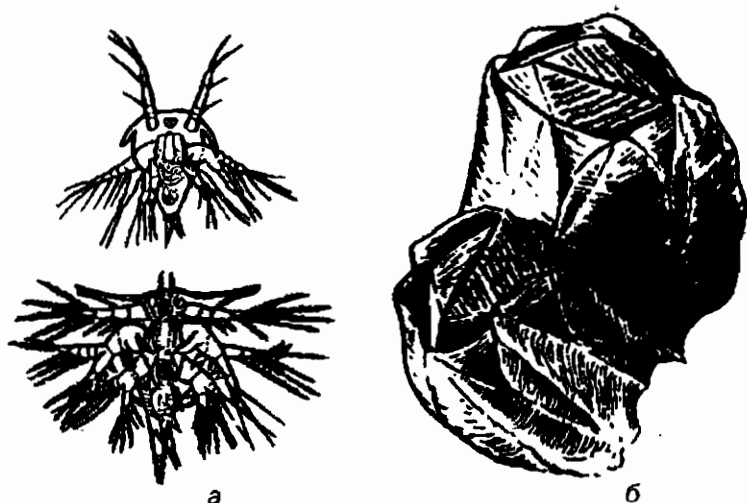


Рис. 2. Баянусы и их личинки:
а — личинки рачков баянусов на различных стадиях развития;
б — взрослые баянусы, или морские желуди

Поставим под микроскоп личинку баянуса. На ее антеннах можно увидеть своеобразные диски, а если внимательнее приглядеться, то и волоски, окружающие диск. Это и есть прибор, «ощупывающий» конфигурацию белковых молекул. Ведь личинка, проплавав какое-то время, должна прикрепиться к твердой поверхности и сделать вокруг себя своеобразный домик со створками. Но как найти хорошее место для прикрепления? Очень просто: использовать опыт предшественника, если он сумел выжить и оставить след после себя, то и последующему жильцу, вероятно, на этом месте будет неплохо. А какой же след оставил после себя живущий на этом месте баянус? Белок,

причем нерастворимый в воде. Этот белок по составу напоминает тот, который встречается в твердом покрове ракообразных и даже насекомых. Но личинка морского желудка не только не путает его с белком других животных, а, наоборот, узнает место, где ранее сидели баянусы именно ее вида. Значит, своим анализатором, на ощупь, она определяет те незначительные отличия в молекуле белка, которые по конфигурации соответствуют ее виду. Ни химики, ни физики такого прибора еще не имеют. Как тут не вспомнить теорию химического анализа, основанную на принципе «ключа и замка», когда форма молекул исследуется рецепторами, подходящими комплементарно к структуре исследуемых белков?

Ну а теперь отправимся в мир мигрирующих рыб, например лососей. До настоящего времени способность лососей находить путь вверх по реке к своим родным водоемам даже ихтиологам, которые их изучают, кажется сверхъестественной. Каждый год эти рыбы из океана возвращаются к родным рекам, а затем плывут вверх по реке, преодолевая пороги, камни и сильные встречные течения. Как будто им кто-то точно поставил задачу — вернуться в то место, где они родились сами, и только там провести нерест. Все это невероятно: в огромном океане, где кормились лососи, они должны найти устье родной реки, а затем уже в реке — место выклева из икринок. Однако здесь ученые преуспели и многое раскрыли.

Так, они установили, что миграция лососей состоит из двух этапов. На первом этапе они отыскивают устье родной реки. И делают это примерно, как птицы, ориентируясь по Солнцу. Путь от «морских пастбищ» до устья реки может составлять сотни, а иногда и тысячи километров. Например, шотландский лосось, который кормится у берегов Гренландии, для возвращения в устье реки преодолевает четыре тысячи километров. Но ориентация по Солнцу, как у птиц, так и у лососей, пока только предполагается. Действительно, выпущенные на волю лососи при солнечной погоде быстро находят пути своего следования, а если небо покрыто облаками, они теряют ориентацию. В лабораториях пробовали сделать искусственное «Солнце», его вращали, и лососи меняли траекторию своего движения. Следовательно, Солнце для их ориентации что-то значит.

С расстояния ста километров от своей реки лососи определяют направление движения с помощью обоняния. В проведен-

ных экспериментах десять тысяч помеченных лососей возвращались в то же место, где они вылупились из икры. Что же за прибор у лососей улавливает запах родного водоема? Установлено, что у рыб есть Y-образные трубочки с хеморецепторами. Вода прогоняется через эти трубочки микроресничками или течением, создаваемым при движении рыбы. Американские исследователи заткнули лососям ноздри ватными тампонами, и рыбы уже не могли найти путь к нерестилищам.

Электрофизиологи проводили эксперименты другого рода. Они выловили лососей в местах нерестилищ и подключили им электроды к обонятельной луковице, а далее биотоки подавались на усилитель и к записывающей аппаратуре. Когда через ноздри лосося пропускали воду с его родной реки, в обонятельной луковице отмечалась повышенная электрическая активность. Достаточно было сменить воду, взять ее из чужого нерестилища — никакого электрического ответа не было. В то же время вода, взятая ниже по течению реки, куда попадала часть воды с нерестилища подопытного лосося, вызывала слабый всплеск биотоков в обонятельной луковице. Значит, вода из родной реки обладает определенным запахом, который лососи отличают от всех других. Но чувствительность к этим веществам у рыб так высока, что самые тонкие и точные анализы не позволили установить, какие именно вещества привлекают рыб. Видимо, это соединения растительного или животного происхождения, составляющие целый комплекс знакомого запаха для лососей, которые они помнят несколько лет.

Может показаться, что мы уже близки к разгадке механизма ориентации лососей во время миграции. Но как тогда объяснить опыты с выключением ноздрей? Оказалось, что с открытыми ноздрами лососи находят свое нерестилище не только, если они идут вверх по течению, когда потоки воды приносят им знакомый запах, но и, если их выпустить вниз по течению, то есть выше родного «дома». Навстречу им движутся лососи, стремящиеся к своим нерестилищам, они не обращают на них никакого внимания, нарушают все законы и доходят до своего притока. Если же подопытным лососям «отключить» ноздри с помощью тампонов, они не находят дорогу. Возникает вопрос: какую функцию выполняют ноздри?

Ведь запах их родной реки сносится только вниз по течению, и даже электрофизиологи не отмечали у лососей никакой

реакции обонятельной луковицы на речную воду, взятую выше нерестилища. На этот вопрос ихтиологи ответить пока не могут, хотя и тут полностью нельзя исключить сверхчувствительного обоняния этих рыб.

Сухопутный «живой прибор», анализирующий запах, известен всем — это собака. Ни у кого не вызывает удивления, что собак используют в качестве следопытов, хотя это как раз удивительно. Собака живет миром запахов, на втором плане у нее острый слух, а затем зрение. Первые эксперименты были проведены Д. Романесом еще в 1885 году. Исследователь возглавил цепочку людей из двадцати человек, которые шли за ним и ступали след в след. Затем группа разделилась на две части и каждая направилась к своему укрытию. Когда пустили собаку Романеса, она легко отыскала место, где укрылся ее хозяин.

Задача по отысканию однояйцевых близнецов оказалась для собаки посложнее. Ведь близнецы имеют совершенно одинаковый состав белков, разница лишь в том, что один из них образовался из правой, а другой из левой половины общего зародыша на ранних стадиях развития. Перед опытом собаку познакомили с одним из близнецов. Затем оба близнеца прошли в группе людей по полю и разделились: один пошел с половиной людей вправо, другой — влево. Собака нашла знакомого ей близнеца. А что, если собаку познакомить с одним близнецом, а в опыте будет участвовать другой? В этом случае собака пошла по следу незнакомого ей близнеца. Значит, если близнецы вместе, собака их различает, а в отдельности отличить их друг от друга не может: уж очень сходны запахи, и только сравнительный анализ помогает ей решить задачу.

Таким чувствительным прибором не прочь воспользоваться многие специалисты: криминалисты, газовщики, геологи. В Варшаве группа из нескольких собак следит за исправностью газовой сети. Никакие приборы не могут обнаружить утечку газа глубоко под землей, а собаки точно находят место нарушения газопровода. И практически никогда не ошибаются. В Карелии тренируют собак-геологов. Собаку по кличке Байкал брала с собой агитбригада биофака МГУ, и во время лекции собака демонстрировала свои способности находить различные образцы полезных ископаемых, спрятанные в зрительном зале. Она распознавала больше десяти минералов и по приказу своей хозяйки находила спрятанный в зале образец, оповещая лаем, у кого

из зрителей он находится. Все образцы минеральных пород раздавались зрителям перед лекцией и перепрыгивались по всему залу. Байкал находил то, что ему приказывали, и ни разу не ошибся. Раньше эта собака служила на границе, но из-за катаракты ее списали, и она продолжила свою службу на мирном поприще.

Наконец, хотелось бы рассказать, какой необычайный дистанционный химический анализ проводят крысы. Если химические соединения растворены в воде, крысы распознают их с расстояния нескольких метров. Те же вещества в сухом виде они дистанционно не определяют, поэтому сухим ядом крысу можно отравить, растворенным в воде — почти невозможно. Проводили такой эксперимент. В камере для испытаний ставили две чашки. В одной каша с витаминами, в другой — без витаминов. Пускали крысу с расстояния пяти метров. Она сразу без предварительных проб выбирает путь к витаминизированной каше. Значит, крысиный «прибор» можно использовать для анализа содержания витаминов в продуктах питания, но и не только витаминов. Токсикологи определяют с его помощью безвредные концентрации веществ. Подобный анализ занимает не более минуты, а иногда несколько секунд, время, за которое крыса пробегает несколько метров.

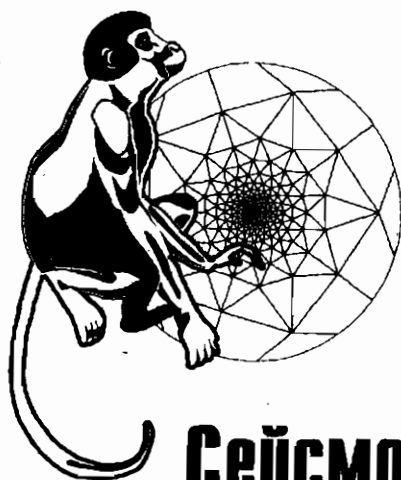
Предположим, надо установить, при каких концентрациях безвредны растворы вещества, не имеющие ни цвета, ни запаха, скажем хлористого свинца. Крыса, которой долго не дают пить, стоит на «старте» в испытательном стенде. Выставляем ей раствор с концентрацией один миллиграмм на литр воды, крыса не идет. Уменьшаем концентрацию в два, три... десять раз — крыса к поилке не подходит. Когда концентрацию уменьшили в сто раз, крыса побежала к сосуду и начала пить. Анализы на других организмах показывают, что крыса не ошибается. Питьевая реакция крыс — удобный «живой прибор», с помощью которого найдены предельные концентрации для десятков вредных соединений, попадающих в водоемы с промышленными стоками и ухудшающих качество воды. Следовательно, ограничительные нормы для промышленности и для работы очистных сооружений могут быть определены «крысиным анализатором».

Проверить биологическое действие химического вещества можно и другим способом — понаблюдать за теми сооружениями, которые создает животное.

Каждому в лесу встречалась красиво сплетенная паутина, прикрепленная между ветками растений. Особенно отчетливо она видна, если на ней осели бусинки-росинки, сверкающие на солнце всеми цветами радуги. Оказывается, тенеты паука — паутину — можно использовать для анализа действия стимуляторов — веществ, повышающих внимание или же, наоборот, рассеивающих его. Достаточно дать каплю исследуемого вещества пауку, и он начинает плести паутину и всю свою ловчую сеть с повышенным вниманием. Сеть получается гораздо красивее и более тщательно выполненной, чем сеть паука, которому не давали тонизатора.

Получается совершенно другой эффект, если пауку дают каплю жидкости, содержащую наркотик. Внимание паука рассеивается, он несколько раз принимается за работу, снова разбирает свое творение и наконец плетет что-то отдаленно напоминающее обычную ловчую сеть. При воздействии сильных наркотиков паук вообще не способен сплести сеть, хотя и принимается за работу. Остается только удивляться сходству механизмов, которые использует природа в деятельности мозга у таких разных существ, как паук и человек. Исследователям это на руку: на «живых приборах» можно испытывать ряд лекарственных веществ, синтезируемых в фармацевтических лабораториях. А самое главное — паучий прибор быстро отбирает те изомеры в сложных молекулах психогенных веществ, которые не оказывают действия на нервную высшую деятельность. Как это было бы трудно делать с помощью химического анализа! Остается только пожелать, чтобы крысы, рыбы, паучки и другие «живые приборы» как можно скорее появились в лабораториях химиков-аналитиков и «работали» как самостоятельно, так и в сочетании с электронными установками.

Глава вторая



Сейсмографы плавающих, бегающих, ползающих

Рыбы предупреждают о землетрясении

Землетрясения происходят чаще всего в Средней Азии, и местные жители, старики — туркмены или узбеки — давно замечали, что перед катастрофой змеи и ящерицы покидают свои норы. Да и не только пресмыкающиеся чувствуют приближающееся несчастье. Птицы и млекопитающие не уступают в этом пресмыкающимся. Птицы становятся беспокойными, теряют ориентацию, залетают в открытые окна домов. Домашние животные — козы, овцы, свиньи, коровы и лошади — предчувствуют приближение землетрясения за два дня. К сожалению, человек в процессе эволюции утратил эту полезную способность. В то время как муравьи тащат свои белые куколки из подземелий, пещерные кузнечики выбегают из норок и подальше отбегают от обрывистых откосов, змеи выползают на открытые поляны, собаки скулят и жмутся к хозяевам, закрытые в стойле лошади лягают перегородки, люди спокойно работают, читают, спят или смотрят телевизоры — живут повседневной жизнью. Современные физические приборы фиксируют малейшие сейсмические толчки, но прогнозировать их так, как живые существа, они не могут.

Не только наземные животные могут прогнозировать землетрясения, такой способностью наделены и рыбы. Подобных наблюдений много сделано в Японии. Профессор Токийского университета Ясуо Суэхиро в основу своих предсказаний положил появление глубоководных рыб, обитающих в океане, в поверхностных слоях воды или в прибрежной зоне. Его прогноз подтвержден фактами.

Первый такой факт зафиксирован в 1923 году на японском пляже Хаяма. Пляж был расположен недалеко от Токио и поэтому очень многолюден. Бельгийский ихтиолог-любитель уви-

дел, как люди собрались у раздувшейся рыбы. Это была усатая треска, которая водится только на очень больших глубинах. Появление глубоководной гостии не было случайным — через два дня произошло сильнейшее землетрясение, которое унесло 143 000 человеческих жизней и вызвало разрушения в Токио. Спустя десять лет в районе Одавара рыбак поймал необычного угря и показал его ихтиологу, так как в своей жизни никогда не встречал «подобное чудовище». Да он и не мог его встретить — пойманный вид угря водится на глубине четырех-пяти тысяч метров. И опять совпадение: в тот же день на Тихоокеанском побережье Японии произошло землетрясение, в результате которого погибли три тысячи человек.

Даже после собранных фактов Ясуо Суэхиро сомневался в способности глубоководных рыб предсказывать землетрясение. Однажды, когда ему предложили осмотреть глубоководную рыбу длиной шесть метров, выловленную на одном из островов к югу от Токио, он сказал в шутку, что скоро будет землетрясение. А землетрясение действительно произошло через два дня, что окончательно убедило Суэхиро в способности глубоководных рыб предсказывать надвигающуюся катастрофу.

Не только морские глубоководные рыбы, но и рыбы, разводимые в прудах, чувствуют приближение землетрясения. За два дня до подземных толчков рыбы начинают проявлять беспокойство, собираются на поверхности пруда, сильно плещутся. Опять же в Японии отмечены случаи, когда рыбы перед землетрясением выбрасывались на берег пруда. До настоящего времени у рыб не найдено «прибора», которым они воспринимают сигналы о приближающихся колебаниях земной тверди или же подводных толчках. Однако можно предположительно попытаться определить в организме рыб сейсмоанализаторы, прогнозирующие землетрясение. Какими же органами рыбы могли бы воспринимать даже незначительные колебания, предшествующие сильным толчкам?

Во-первых, это плавательный пузырь, который может играть роль резонатора колебаний. Изучение поверхности плавательного пузыря рыб показывает, что стенки его имеют кривизну, способствующую наибольшему резонированию инфразвуковых волн, которые человек не слышит. Физики отмечают, что перед грядущим

щим бедствием появляются инфразвуковые волны, действующие на нервную систему животных и даже человека. Вот почему непосредственно перед землетрясением воцаряется странная тишина, когда бурная реакция насекомых, птиц и зверей сменяется общей подавленностью: крика животных и пения птиц уже не слышно. Может быть, эти инфразвуки рыбы воспринимают в глубинах и стремятся как можно быстрее их покинуть.

Во-вторых, боковая линия рыб буквально усеяна электрорецепторами, способными принимать окружающее их внешнее или же генерируемое ими самими электрическое поле. Помимо этого, боковая линия настроена на прием низкочастотных колебаний воды. Благодаря боковой линии рыбы обходят подводные препятствия, воспринимая отраженную волну от камней и берега. Возможно, эта линия способствует восприятию низкочастотных колебаний дна и инфразвуков как предвестников землетрясения.

Однако инфразвуки и низкочастотные колебания дна и берегов наблюдаются непосредственно перед землетрясением, а рыбы, как мы уже говорили, способны прогнозировать толчки за несколько дней до их появления. Да что там рыбы, звери и птицы! Даже некоторые растения могут прогнозировать приближение этого опаснейшего природного явления. О возможных механизмах этого прогноза мы поговорим позднее. Во всяком случае, группа ученых еще десять лет назад открыла новое «чувство» у рыб, названное сейсмическим слухом. Эти работы продолжают и в настоящее время. В то время как бионики еще только думают над созданием нового типа прибора — сейсмоприемника, в основу которого будет положен тот же принцип прогнозирования землетрясений, которым пользуются животные, «живые приборы» уже действуют и в любой момент могут быть использованы для прогнозирования надвигающихся катастроф.

Прыгающие сейсмографы

Многие, наверное, смотрели кинофильмы, в которых передающую радиостанцию пеленгуют с помощью вращающейся

антенны. Сходный поиск источника волн, только не по радиоволнам, а по звуку, выполняет кузнечик, когда определяет, откуда исходит звук. Уши у него расположены в голених передних ног. При движении по направлению к источнику звука ноги кузнечика совершают дугообразные движения. Сами же слуховые органы, называемые тимпанальными, как бы сканируют пространство по обе стороны от насекомого, нервная система анализирует получаемую информацию и направляет кузнечика точно в сторону звука, или от него, посылая импульсы-команды в мышцы ног.

По своему строению орган слуха у кузнечика отличается от нашего уха. У нас это закрытая камера с мембраной, где звуковые волны воспринимаются барабанной перепонкой, передаются в среднее ухо, затем во внутреннее и там анализируются. У кузнечика, наоборот, мембрана колеблется, и клетки у ее основания сразу переводят улавливаемые мембраной звуковые колебания в электрические импульсы. По строению ухо насеко-

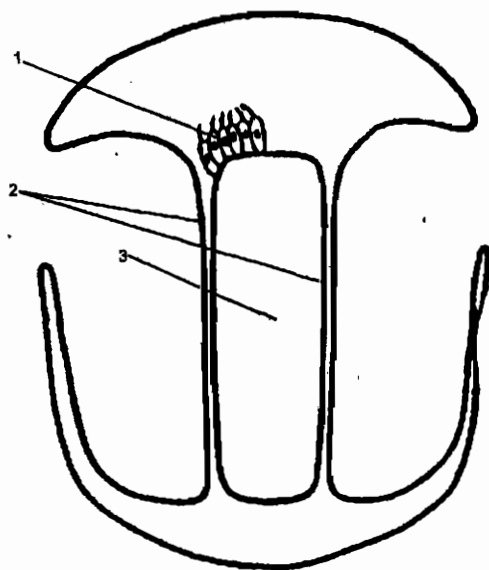


Рис. 3. Упрощенное и увеличенное изображение уха кузнечика, расположенного в передней ноге:
1 — рецепторы; 2 — мембрана; 3 — воздушная трубочка

мого больше напоминает чувствительный волосок, вибриссу, где сам волосок заменен мембраной, есть еще дополнительные структуры, усиливающие прием звуковых волн и предохраняющие тонкую мембрану от механических воздействий. Поперечный срез слухового органа кузнечика, расположенного в ноге, представлен на рисунке 3. В воздушной трубке, имеющей щели, натянуты две мембраны, контактирующие в основании непосредственно со слуховыми клетками.

Чувствительность уха кузнечика и его родственников очень высока. Используя точную акустическую аппаратуру, энтомологи установили, что саранча воспринимает колебания звуковых волн с амплитудой, равной диаметру атома водорода. Но и это не рекорд. Кузнечик из семейства титигония воспринимает механические колебания с амплитудой, равной половине диаметра атома водорода! Необычайная чувствительность!

Как уже отмечалось, не всегда целесообразно моделировать живые системы и создавать «железные» приборы по тому принципу, как они действуют в природе. Тем более что воспроизвести работу тончайших «живых приборов», которыми наделила природа наших земных собратьев, подчас просто невозможно. Ведь модель мозга муравья, например, даже на самых современных транзисторах и печатных микросхемах получилась величинной с тумбочку под телевизор, а выполнял этот мозг только часть функций нервной деятельности, свойственной муравью. Какой же величины должны быть сейсмические анализаторы, если учесть, что помимо биодатчиков в их работе принимает участие и мозг насекомого? По этой причине, возможно, имеет смысл не «воспроизводить» в металле «конструкции» животных, анализирующие механические колебания, а непосредственно подключать их к физическим приборам или же заставлять работать параллельно с «железными» датчиками.

Вот один из примеров использования «прыгающих сейсмографов» для предсказания землетрясения. Пещерные кузнечики, живущие в норках обрывов, очень чувствительны к колебаниям почвы, а может быть, и к изменениям других физических параметров перед землетрясением. Двигательная активность кузнечиков перед землетрясением увеличивается, они покидают свои домики. Американские исследователи поставили перед норками

приборы — актографы, которые отмечают двигательную активность пещерных кузнечиков. Как только кузнечик прыгнет на площадку, приборы переводят создаваемое им давление в электрические импульсы, которые подаются на записывающие и регистрирующие устройства. В простейшем случае это может быть осциллограф, дающий всплеск кривой на экране. При обычной жизни движение кузнечиков равномерное, число особей, выходящих из норки и возвращающихся домой, примерно одинаковое. Другое дело перед землетрясением, когда почти все кузнечики выпрыгивают из норок, резко повышается количество импульсов, идущих от актографов. Следовательно, в ближайшие часы можно ждать землетрясения.

Преимущество «живых приборов» в том, что они всегда имеются в природе и на их изготовление не затрачиваются средства. В качестве «живых приборов» можно использовать и лабораторных животных, получая саморазмножающиеся датчики. Об их функционировании будет заботиться не человек, а генетические механизмы самого организма. Однако на долю бионики остаются не менее важные проблемы: моделирование шагающих устройств и создание хорошо обтекаемых подводных кораблей по типу рыб и дельфинов, архитектурная бионика, моделирование локационных установок и, наконец, проблема создания искусственного разума.

Что еще непонятно

Существуют страны, где землетрясения происходят очень часто. Подсчитано, что сорок процентов всех землетрясений на нашей планете приходится на западное побережье Америки. В Чили или Перу землетрясения наблюдаются почти каждый третий день, чаще всего они слабые, и дома не рушатся. Однако с начала нашего века в Южной Америке в указанной зоне было, по крайней мере, семнадцать значительных катастроф силой до девяти баллов, когда целые дома вдруг исчезали в глубоких трещинах земли. Глубина таких трещин, поглотивших людей и стро-

ения, иногда достигала нескольких километров. И на всей территории бывшего Советского Союза встречается достаточное количество зон, где возможны землетрясения. Площадь таких зон составляет примерно двадцать процентов всей территории.

Ущерб, причиняемый этим грозным явлением природы, огромен. Вот почему важно прогнозировать землетрясение не только за несколько часов до толчков, хорошо знать о его приближении за несколько дней, лучше даже — за неделю или месяц.

Каков же механизм воздействия предвестников землетрясений на сейсмические анализаторы живых существ?

В начале главы речь уже шла о странном поведении зверей, птиц и насекомых, чувствующих приближение катастрофы. Однако более детальное изучение поведения животных показывает, что они не только предчувствуют катастрофу, но и точно знают, когда начнется землетрясение. Вот один из случаев, рассказанный очевидцем известному журналисту В. Пескову: «Мы с женой работали в Ашхабаде. В ту ночь поздно вернулись домой. Спать легли не сразу. Я копался в бумагах. Жена читала. Дочка в коляске спала. Вдруг — чего не бывало ни разу — собака рванулась с места и, схватив девочку за рубашку, кинулась в дверь. Вzbесилась! Я — за ружье. Выскочили с женой. И тут же сзади все рухнуло». Это произошло в 1948 году в ночь с 5 на 6 октября, как раз в то время, когда большинство жителей спали крепким сном или готовились ко сну, никакой тревоги не проявляли, хотя животные предчувствовали начало землетрясения. Поражает удивительное поведение собаки, точно определившей тот момент, когда нужно схватить ребенка, чтобы люди успели выбежать из дома до его разрушения.

Другой случай, описанный И. Литинецким в книге «Беседы о бионике», тоже показывает, что животные точно предчувствуют время начала землетрясения. Рассказывается о необычайном беспокойстве животных зоопарка в городе Скопле (бывшей Югославии) приблизительно за пять часов до землетрясения. «Первым начал завывать испуганным и каким-то трагическим глухим голосом одичавший, завезенный когда-то в Австралию потомок домашней собаки — динго. На его голос тут же откликнулся сенбернар. К их дуэту присоединились грозные голоса де-

сятков других зверей. Испуганный бегемот выскочил из воды и перепрыгнул через стену высотой 170 сантиметров. Жалобно кричал слон, высоко поднимая хобот. Громко завылала гиена, очень беспокойно вели себя тигр, лев и леопард. К жуткому "концерту" зверей присоединились птицы. Взволнованные столбожа различными способами старались успокоить своих подопечных, но желаемого результата не достигли. Прошло еще немного времени, и как будто по чьей-то властной команде звери внезапно умолкли, скрылись в глубине своих клеток и, притаившись в темноте, стали чего-то ожидать. Теперь панический страх охватил обслуживающий персонал. Хотелось бежать...

Это землетрясение произошло в городе Скопле 26 июля 1963 года, в результате которого погибли полторы тысячи жителей, а город превратился в груды камней.

Какой же механизм позволяет животным прогнозировать землетрясение?

Рассказывая о «сейсмических приборах» рыб, ученые предположили, что ими воспринимаются самые незначительные колебания дна как предвестники землетрясения, скорее всего, в инфразвуковом диапазоне. Однако за несколько дней до землетрясения никаких колебаний не происходит, а животные все-таки предчувствуют приближение катастрофы. Что же меняется в окружающей среде?

Геофизики считают, что выделяется газ радон. Его концентрация перед землетрясением будто бы возрастает в десятки раз, так как он устремляется с больших глубин к поверхностным слоям земли. Возможно, животные способны улавливать повышение концентрации радона в атмосфере и в воде. Вспомним собак и рыб с необычайной чувствительностью их «газовых анализаторов» — они ведь первые возвещают о возможном несчастье.

Физики думают, что важнее другое: живые существа улавливают флуктуации в электромагнитном поле, вызванные напряжением земной коры перед землетрясением. Не исключено, что подземные, наземные и плавающие «жители» ощущают изменения электропроводности в горных породах и в верхних слоях грунта. Перед землетрясением появляются блуждающие токи. Возможно, их нарастание и воспринимается животными, особенно рыбами, обладающими электрочувствительностью.

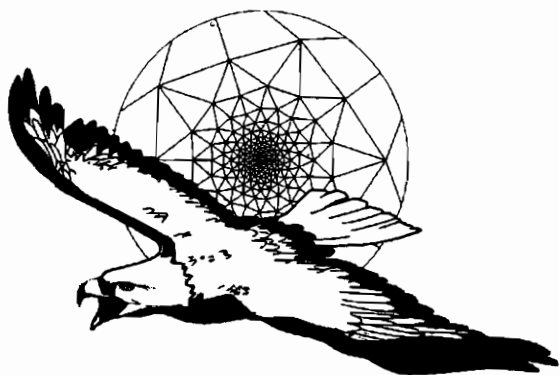
Не только электромагнитные поля и изменение электропроводности горных пород подсказывают живым существам приближающееся землетрясение, уверяют биологи. Живые организмы способны каким-то еще не изученным до конца способом определять на расстоянии механическое напряжение в том или ином материале. Возможно, воздействие на межатомные и межмолекулярные силы сцепления в материале создает вокруг напряженной структуры особое поле, назовем его полем напряжения. Пока это только предположение. Но как иначе можно объяснить действия термитов, которые могут съесть целый деревянный дом, но так съесть, что конструкция дома не рухнет? Значит, у них есть датчики, которые позволяют определять несущие конструкции. С их помощью выявляется напряжение в древесине и находятся те части, которые можно выедавать. Самое примечательное то, что они каким-то образом умеют оценить дом как целую конструкцию. Происходит пространственная передача информации о наиболее «горячих точках», где может произойти разрушение, и термиты не только не выедают эти места, а, наоборот, укрепляют их своим «картоном», из которого они создают термитники (смесь древесных опилок, слюны и экскрементов).

В этом отношении термитам не уступают муравьи, они тоже при сооружении своих «домов» четко определяют напряжение в строительном материале. Можно представить, каким грандиозным им кажется напряжение земной коры перед землетрясением, если они чувствуют напряжение в отдельных древесных волокнах. Скорее всего поэтому перед землетрясением и термиты, и муравьи покидают свои жилища.

Есть и другие способы предсказания землетрясений или извержения вулканов, которые пока не нашли никакого объяснения. Здесь имеется в виду растение — примула королевская. На острове Ява, где она растет на склонах вулканов, ее называют цветком землетрясений. Расцветает примула королевская только перед извержением вулкана. Местные жители знают об этом и стараются уйти из домов, расположенных близко к подножию вулкана. Прогноз в этом случае цветок дает намного раньше, чем раскроется его бутон — ведь его тоже надо заранее подготовить.

Сейчас еще нельзя сказать, какая точка зрения из перечисленных выше истинна. Однако можно предположить, что механизм восприятия сейсмической опасности животными и растениями — комплексный.

Глава третья



**Барометры на суше,
в воде и в воздухе**

Какая будет погода завтра?

Едва ли найдется человек, который не интересуется прогнозами погоды. Многие несколько раз в день слушают сводку погоды по радио, хотя и знают, что синоптики часто ошибаются. Краткосрочные прогнозы оправдываются в лучшем случае на восемьдесят процентов. И это уже хорошо — ведь доходы от правильно сделанных прогнозов перекрывают сумму, затраченную на метеослужбу, а более долгосрочные прогнозы, например за месяц вперед, дают экономический эффект, в двадцать раз превышающий расходы на строительство метеостанций, приобретение приборов и организацию всей работы метеорологов. Однако месячные прогнозы сбываются в меньшей степени, чем краткосрочные. Метеостанции расположены на специально оборудованных кораблях, на научных судах и, наконец, на спутниках и пилотируемых космических станциях.

Метеорологи много внимания уделяют развитию и совершенствованию приборов и аппаратов, работающих на принципах физики и механики, они широко используют ЭВМ, применяют на спутниках разнообразную оптическую аппаратуру. И хотя по радио и телевидению мы часто слышим прогноз погоды, на самом деле это скорее расчет или вычисление погоды. А ведь на Земле есть животные и растения, которые, используя свою интуицию, прогнозируют погоду без всяких расчетов.

Ученые насчитывают сейчас около шестисот видов животных и четырехсот видов растений, которые могут выполнять роль барометров, индикаторов влажности и температуры, предсказателей штормов, бурь и самой хорошей безоблачной погоды, а это только незначительная часть из полутора миллионов известных нам видов животных и полумиллиона видов растений. И список биоиндикаторов погоды пополняется новыми представителями, реагирующими на изменения погоды не хуже уже известных видов.

А какие из известных нам видов животных лучше предсказывают погоду — высшие или низшие? Давайте посмотрим, кто на что способен.

Начнем с одноклеточных организмов. Пока что накоплено не так уж много сведений о том, как ведут себя одноклеточные организмы перед изменением погоды. Например, известно, что бактерии реагируют на солнечную активность: чем активнее Солнце, тем быстрее размножаются бактерии.

Перед сменой погоды, особенно перед грозой, отмечают изменения электромагнитных колебаний в атмосфере либо увеличивается электрический потенциал. На эти изменения реагируют некоторые простейшие организмы, например хламидомонады, которые занимают промежуточное положение между растениями и животными. У них есть хлорофилл, и ряд биологов относят их к водорослям, в то же время они могут питаться органическими веществами через поверхность клетки, как это делают животные. Ботаники и зоологи не решили спора между собой, к какому царству отнести хламидомонад, однако это не умаляет их способности реагировать на радиоволны и изменение электромагнитных колебаний в атмосфере. Перед приближением грозы, видимо, еще улавливая и радиоволны от электрических разрядов, хламидомонады ориентируются перпендикулярно к идущим волнам. Так что, посмотрев на них в микроскоп, можно не только узнать о приближении грозы, но и примерно определить, откуда движутся грозовые тучи, хотя небо может быть еще чистым.

Интересно понаблюдать за поведением хламидомонад. В ясную солнечную погоду хламидомонады заполняют всю толщу воды, в которой они культивируются, а за два дня до наступления ненастья могут осесть на дно колбы. Правда, на другой день, несмотря на то, что ненастье продолжается, они снова поднимаются со дна. Может быть, эти микроскопические жгутиконосцы «регистрируют» повышение электрических потенциалов в атмосфере?

Поднимаясь по эволюционной лестнице, мы столкнемся еще с одним примитивным, но уже многоклеточным организмом — медузой, представляющей собой половую особь морских сцифоидных полипов. Тело медузы имеет вид колокола или зонтика. По краям зонтика — щупальца, вокруг рта на нижней стороне колокола — выросты-лопасти (рис. 4). На краю колокола расположены примитивные глаза и органы равновесия, слуховые колбочки величиной с булавочную головку. Это и есть «ухо» медузы. Однако «слышит» оно не просто звуковые коле-

бания, доступные нашему уху, а инфразвуки частотой восемь—тринадцать герц. Сильные звуки с такой частотой вызывают у человека страх и нервное напряжение.

Перед штормом усиливающийся ветер срывает гребни волн и захлестывает их. Каждое захлопывание воды на гребне волны порождает акустический удар. При этом создается инфразвук, который и улавливает своим куполом медуза. Инфразвук, как рупором, усиливается колоколом медузы и передается на слуховые колбочки. Шторм разыгрывается еще за сотни километров от берега, а медузы уже слышат его. Эти слабые инфразвуки, как правило, не воспринимаются человеком. Медузы прогнозируют начало шторма, приближение огромных водяных валов, готовых разбить их студенистое тело о камни, примерно за двадцать часов. Нужно отдать должное бионикам, которые создали электронный автоматический аппарат — предсказатель бурь, работа которого основана на принципе «инфрауха» медузы. Этот прибор за пятнадцать часов до шторма может предупредить капитана корабля о приближающейся буре и даже показать, откуда она надвигается (обычный морской барометр предупреждает о шторме всего лишь за два часа). Людям, ко-

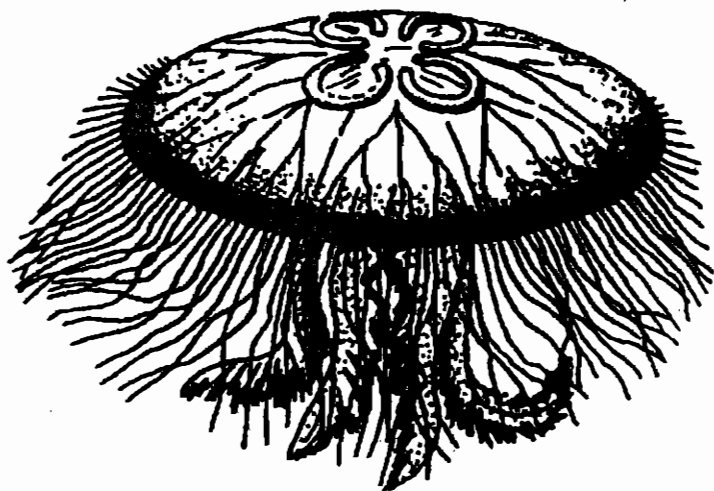


Рис. 4. Медуза — приемник инфразвуковых сигналов

нечно, не победить шторма, но, вовремя узнав о его приближении, можно обойти стороной либо переждать в ближайшем порту.

Кольчатые черви устроены сложнее, чем медузы, они также могут оказать неоценимую помощь как животные синоптики. Известно, что за несколько часов до бури морские черви в прибрежной зоне глубже закапываются в песок.

Лучше изучено поведение дождевых червей перед ненастьем. Если в сухой теплый вечер из земли выползают дождевые черви, то это сигнал к резкому изменению погоды, скорее всего, она будет дождливой, возможно, с грозами.

Пиявки, относящиеся к кольчатым червям, тоже могут служить чуткими барометрами. Понаблюдайте за медицинской пиявкой. Хорошая погода — она на дне стеклянной банки. Перед дождем пиявки присасываются к стеклу ближе к поверхности, а иногда даже немного высовываются из воды. Перед грозой или бурей пиявки беспокойны, много плавают, а уж если присасываются к стенкам, то стараются вылезти из воды. Ряд биологов высказывают предположение, что кольчатые черви очень чувствительны к изменению атмосферного электричества, поэтому они и способны дать прогноз погоды.

Везде, где бы мы ни находились: в лесу, в поле, у моря или на берегу озера — везде есть живые барометры, например членистоногие — ракообразные, пауки и насекомые.

В пресных водоемах перед дождем раки выползают на берег. Сходную картину можно увидеть и в море: перед штормом маленькие крабики или передвигающие по мелководью свои домики-раковины раки-отшельники, а также бокоплавывы выходят на берег.

Сухопутными раками можно назвать мокриц, относящихся к отряду равноногих. Мокрицы нуждаются во влажной окружающей среде, и поэтому они постоянно контролируют содержание в ней паров воды. Более ста датчиков влажности находится на их теле. Каждый датчик — это бугорок с тонкой хитиновой оболочкой, к которому подходят нервные окончания. Влага без труда проникает через хитиновую пленку и доходит до нервных окончаний, а дальше, как обычно, сигналы поступают в нервную систему, где они анализируются, и мокрица решает, передвигаться ли в сторону повышенной влажности или же оставаться на месте. Лучшего «гигрометра», чем мокрицы, не най-

дешь: там, где они держатся, влажность всегда близка к абсолютной.

Среди многочисленного мира насекомых можно найти также разнообразных чувствительных синоптиков. Мухи, бабочки, осы и пчелы могут предупредить нас о приближающемся ненастье и дожде. Мухи и осы перед дождем стремятся укрыться и залетают в закрытые помещения и в окна домов. Еще при ясном небе муравьи начинают закрывать все входы в муравейник. Пчелы перестают летать за нектаром, они сидят в улье и гудят. Стараются укрыться перед грозой и бабочки-крапивницы: если их не видно над цветами или на лугах, значит, возможно, через несколько часов начнется дождь.

Многое о состоянии природы может сказать полет стрекоз. Вот, например, высоко над кустами, плавно перелетая или оставаясь на месте, движется стрекоза. Можно быть спокойным — погода будет хорошая. Сравним показание на барометре: стрелка показывает «ясно». Если летают не одиночные стрекозы, а небольшие стайки, летают нервно, скачками и значительно ниже, то и стрелка прибора остановится у надписи «переменно». Если же небо почти чистое, а стайки стрекоз увеличились, при полете у них сильно шуршат крылья и летают они совсем низко, то даже смотреть на барометр не надо — скорее всего, через час-два будет дождь. Стрекозы могут предупредить и об урагане: они собираются большими стаями и, как перепуганные, мечутся во все стороны. Пастухи в некоторых странах Южной Америки знают эту примету и, увидев мечущуюся стаю стрекоз, стараются как можно быстрее угнать скот с пастбища.

О хорошей погоде на следующий день могут сообщить кузнечики: если они вечером сильно стрекочут, утро будет солнечное. О том, что ненастные дни сменятся хорошей погодой, можно узнать по поведению комаров-толкунцов: перед ясной погодой они выются в воздухе столбами, за это и прозваны толкунцами.

Но самые интересные ближайшие прогнозы, особенно относительно ливней и наводнений, могут дать насекомые — муравьи и термиты. Известный этнограф Хосе Мария Лима, изучающий жизнь индейских племен в джунглях Бразилии, обратил внимание на то, что перед наводнением индейцы бросают свои поселения. Каким же образом они узнают о будущем наводнении? Оказывается, индейцы внимательно наблюдают за поведением

черных муравьев. Перед наводнением муравьи приходят в сильное возбуждение, начинают бегать вверх и вниз по стволам деревьев, а затем все вместе снимаются с обжитого места и, захватив с собой запасы продовольствия и куколок, свое будущее потомство, движутся в то место, куда вода не дойдет. Местное население тоже передвигается за лесными синоптиками.

Прогнозировать наводнение могут и термиты, которые перед его началом покидают свои причудливые башни-дома и направляются к ближайшим деревьям, поднимаясь на высоту ожидаемого паводка, и пережидают, когда схлынут ревущие мутные потоки, несущиеся под ними с такой силой, что деревья падают под их напором. Но вот загадка из загадок — термиты никогда не располагаются на том дереве, которое будет снесено бурными потоками разлившейся реки.

Бионики могут моделировать принцип работы органов чувств простейших и животных, основанных на физических законах, например «инфраухо» медузы, но построить модель, прогнозирующую наводнение, как это делают муравьи и термиты, едва ли когда-либо удастся, ибо эта модель не должна отличаться от истинного организма. Да и нужно ли моделировать? Не проще ли для предсказания грозного явления природы использовать «живой прибор» — как он есть. Мы еще вернемся к загадочной и непонятной нам способности живых существ прогнозировать приближение того или иного явления.

Пауки также исключительно чувствуют приближение дождя или наступление сухой погоды. При сухой погоде или же перед ее наступлением они начинают плести паутину. Тонкое наблюдение сделал Л. Н. Толстой о прогнозирующем поведении пауков: «Паук делает паутину по погоде, какая есть и какая будет. Глядя на паутину, можно узнать, какая будет погода: если паук сидит, забившись в середину паутины, и не выходит — это к дождю. Если он выходит из гнезда и делает новые паутины, то это к погоде.

Как может паук знать вперед, какая будет погода?

Чувства у паука так тонки, что, когда в воздухе начинает собираться только сырость, и мы этой сырости не слышим, и для нас погода еще ясная, — для паука уже идет дождь». Сейчас мы знаем, что паук не только реагирует на повышение влажности перед дождем, но несколько ранее этого он ощущает изменение давления атмосферы и увеличение электростатического атмо-

сферного электричества перед грозой. А может быть, паутина принимает грозовые разряды и сеть паука заменяет антенну грозоотметчика?

Оставим царство беспозвоночных животных — оно безгранично, и синоптиков в нем более чем достаточно. Перейдем к рыбам, ведь эти «живые приборы» можно держать в аквариумах и наблюдать за ними даже в домашних условиях. И в природе их поведение может служить надежным предвестником изменения погоды. Плещется рыба в водоемах — к дождю. Причина, видимо, в том, что насекомые перед ненастьем летают ниже, ведь в воздухе повышается влажность и пар конденсируется на крыльях насекомых, они снижают высоту полета над водой, и рыбы начинают выпрыгивать за ними из воды и хватать их.

Перед дождем или непогодой сомы тоже поднимаются на поверхность воды. Известный знаток рыб средней полосы Л. П. Сабанеев писал: «Особенное беспокойство сом высказывает во время грозы и перед ее началом. В это время он уже не может лежать спокойно на дне, держится верхних слоев, совершенно бесцельно плавая взад и вперед по своей яме; в ночную грозу он плавает всю ночь, и в такую пору поднимаются со дна омута даже самые древние его обитатели, самые крупные великаны сомовьего царства, олицетворяющие водяных».

Действительно, они поднимают такую возню, что трудно приписать ее рыбе».

А в аквариуме голец выполнит службу не хуже любого барометра. При хорошей погоде он лежит спокойно на дне, не шелохнется. Но если он, лентообразно извиваясь, начал плавать вдоль стенок аквариума, через некоторое время облака затинут небо. Перед самым дождем он мечется вниз и вверх по аквариуму. Гонец редко ошибается, его прогноз может быть неверным только в трех процентах случаев. Вспомним, что «железные приборы» ошибаются значительно чаще — в двадцати—тридцати процентах случаев.

Безошибочно определяют наступление шторма несколько видов рыбок, обитающих у берегов Японии. Беспокойное поведение в аквариуме подобных рыбок лучше барометра и раньше его предскажет капитану большого лайнера надвигающуюся бурю, поэтому он чаще предпочитает смотреть не на барометр, а на аквариум с маленькими рыбками.

Очень чувствительны к перемене погоды лягушки. Кто не встречал их в лесу в сырое время! Это травяные лягушки — они

не только реагируют на сырую погоду, но и предсказывают ее. Из водоемов на сушу они выходят значительно раньше, чем пойдет дождь. А уж кваканьем своим могут сказать многое. Если вечером от небольшого болота или прудика несется громкое кваканье, самый настоящий лягушачий концерт, — на следующий день будет хорошая погода. К непогоде лягушки тоже квакают, но не заливистой трелью, а глухо. Если же лягушки сначала громко квакали, а потом вдруг замолчали, то надо ждать холодной погоды. Некоторые ученые отмечали, что у лягушек даже цвет кожи меняется согласно изменяющейся погодной ситуации: перед дождем они приобретают сероватый оттенок, а перед тем, как установиться ве́дру (хорошей погоде), они немного желтеют. Вполне объяснимая примета — лягушки заранее готовятся к непогоде или солнечным дням, и соответственно будущему световому спектру в клетках кожи появляются необходимые пигментные зерна. Как они узнают об изменении погоды за несколько часов вперед, тоже пока остается загадкой. Возможно, на теле лягушки есть электрочувствительные точки, которыми они улавливают изменения зарядов атмосферного электричества. В дальнейшем мы еще вернемся к этим интересным созданиям, обладающим загадочными и необъяснимыми чувствами.

Поведение многих птиц также часто резко меняется перед ухудшением погоды, становятся другими характер их пения, высота полета.

Увлечись животным миром, не стоит забывать о том, что в точности прогноза растения не уступают животным. Краткосрочные прогнозы, — можно сказать, «специальность» некоторых наших зеленых друзей. У знаменитого систематика живого мира К. Линнея были живые часы. Он хорошо знал свойство цветков некоторых видов растений раскрываться и складывать лепестки в строго определенное время. Создав клумбу-циферблат из раскрывающихся в определенный час цветов, он всегда мог сказать, который час. Но часы давали сбой — при ненастье они часто «не работали». Еще больше удивился исследователь, когда при чистом голубом небе часы вдруг «выключились», цветки сложили свои лепестки в неположенный им час. Через некоторое время на небе появились маленькие облака, затем возникли тучи и полил дождь. Вот и получился «живой прибор» — «барометр с часами».

Но барометром могут служить и просто посаженные перед домом ноготки и мальвы. Они плотно складывают свои лепестки перед дождем.

Сходным образом ведут себя различные сорные растения, например, чистотел, мокричник и луговой сердечник. Многие видели в затененных местах среди елей заячью капусту. Так вот, цветы заячьей капусты могут подсказать, какая погода ожидается завтра. Обычно на ночь красноватые цветы заячьей капусты закрываются. Но перед дождем и ночью они распускаются. Каждый может сделать себе «живой барометр». Для этого достаточно посадить заячью капусту в горшок и держать ее не на солнечных окнах. Если цветы заячьей капусты с наступлением ночи будут распушены, значит, утром будет дождь. Живой синоптик-цветок почти никогда не ошибается.

Все приведенные примеры относятся к краткосрочному прогнозу погоды. Тончайшие «приборы» животных и растений улавливают незначительные изменения давления, влажности, температуры, атмосферного электричества и даже звуковых волн, которые недоступны нашим органам чувств, и сигнализируют о предстоящем изменении погоды. Все это можно использовать наряду с приборным прогнозированием погоды. Но живые существа способны и к долгосрочному прогнозу, который так необходим народному хозяйству.

Прогноз на все лето

В основу долгосрочного прогноза положены многовековые наблюдения людей за живой природой, многократно проверенные на практике. Лес и луг издавна помогали людям составлять прогноз на все лето. Пробуждение живой природы после зимнего сна — первый указатель в долгосрочном прогнозе. Важно заметить, какое дерево раньше распустится — ольха или береза. Если первой распускается береза, то можно ждать хорошего теплого лета, с ясными солнечными днями и короткими бурными дождями. И наоборот, если ольха распустится раньше березы, то лето будет холодным и дождливым. Береза может подсказать также, каким будет лето, — обычно много сока береза дает перед дождливым летом. А осенью береза может рассказать

о наступлении следующей весны — ранней или поздней. Для этого достаточно пронаблюдать, как у нее начинают желтеть листья: желтеют с верхушки — весна будет ранней, а если снизу, то весну следует ждать позднюю.

Что касается зимы, то здесь подмечено — перед холодной зимой урожаи ягод, яблок и семян резко возрастают. Например, обильный урожай рябины сулит суровую зиму, а появление на дубе множества желудей предвещает особо сильные морозы.

В народных приметах подмечено, что по началу цветения некоторых растений можно определить, будут ли еще морозы или резкие похолодания. Так ведут себя рябина, луговые растения: примулы и мать-и-мачеха. Появились на этих растениях цветы, скорее всего, жди теплых дней. В старину время прекращения заморозков определяли с помощью обитающей в прудах или заводях рек белой лилии. Если на поверхности водоема появились ее большие округлые листья — заморозков можно не ждать.

Многовековой опыт научил людей пользоваться биологическими индикаторами. По ним люди узнавали, когда и какие сельскохозяйственные работы следует выполнять. Сев зерновых и посадку овощей издавна проводили не по числам, а по живому календарю природы. Состояние растений подсказывало, когда сеять рожь, а когда — пшеницу, когда сажать картофель, а когда — огурцы. Появились подснежники — пора начинать пахоту. Зацвела осина — веди ранний сев моркови. Душистые цветки белой черемухи говорят о наступлении времени посадки картофеля. Распускаются листья на березе — начало сева овса; зацвели яблони — самый поздний срок посева овса. Ну а если покраснела земляника, все сроки упущены, сеять овес поздно. Пшеницу не следует сеять до появления дубового листа. Рябина зацвела — пора сеять лен. Распустился дуб — сей горох. Гречиху надо сеять, когда трава уже хорошая.

Сходным «предвидением» метеорологических условий обладают и животные. Их долгосрочные прогнозы не уступают прогнозам растений. Обратите внимание на муравейники. Чем они выше, тем суровее будет зима. Опытному пасечнику самый лучший прогноз дают пчелы. Леток в улье они на зиму заделывают воском. Какое отверстие для проветривания оставят, такая и погода будет. Большое отверстие — теплая зима будет, ну а если в летке оставят только маленькую дырочку, не миновать

сильных морозов. Перед теплыми зимами они вообще могут не заделывать воском леток и оставляют его полностью открытым. Пасечники знают, что если пчелы рано вылетают из ульев, то можно надеяться на раннюю весну, да еще и теплую.

Есть насекомые, способные дать более детальный прогноз на зиму. В земле можно встретить личинки майского жука. Так вот, по их цвету раньше определяли прогноз на будущую зиму. Если личинка вся белая, следует ожидать трескучих морозов, а вот перед теплой зимой ее цвет отдает голубизной. Ну а если голубизной отдает только задний конец личинки, а передняя половина белая? Ответ напрашивается сам собой: первая половина зимы будет суровая, с морозами, а во второй половине жди оттепелей или самых легких морозцев. Подобные морфологические изменения биологи пока объяснить не могут.

Пока что не знают ученые и тех причин, которые заставляют птиц собираться в ранний отлет на юг, если осень будет холодной, или же, наоборот, в зависимости от того, какое будет лето, заранее делать гнезда на южной или северной стороне деревьев. Как птицы получают метеорологическую информацию на целый сезон?

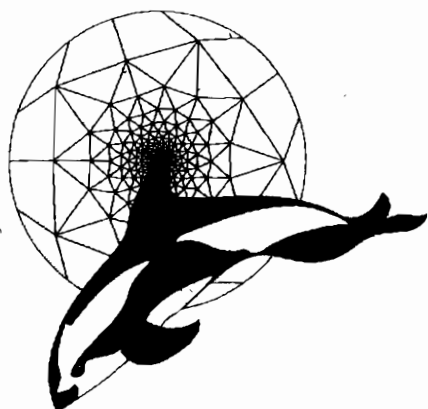
Интересно, что в районе Барнаула утки устраивают свои гнезда либо на обоих берегах Оби — тогда половодье будет слабым; либо только на высоком левом берегу — тогда половодье будет сильным и низкий правый берег будет затоплен.

Подобное поведение наблюдается и у млекопитающих. Кроты, например, предвидят, на какой уровень поднимется река во время половодья, и свои норы роют выше той отметки, до которой доберется вода. Мыши живут в самом низу копен только тогда, когда ожидается очень сухая осень.

Не раз наблюдали, как арктические дельфины — белухи буквально втискиваются в щели между льдами. Шестиметровые животные не боятся, что льды сойдутся и сплющат их, потому что заранее предчувствуют, что ветер переменится, погонит льды от берега, а щели превратятся в большую полынью. Приведенные примеры — это только незначительная часть известных и тем более неизвестных способностей живых организмов давать долгосрочный прогноз погоды и, по существу, предугадывать ее. Ведь никакие местные флуктуации метеорологических параметров не позволяют сказать, что ожидает нас через несколько месяцев. «Живые приборы» срабатывают задолго до

реальных событий, и люди могут использовать их для своих целей. Но как живые организмы это делают? Пока практически ничего не известно о тех каналах, по которым животные и растения способны принимать метеорологическую биоинформацию о будущем. Пожалуй, решение этой загадки принесет человеку не меньше пользы, чем сам прогноз погоды.

Глава четвертая



Звуковые локации

Можно ли видеть эхо?

Неужели эхо можно увидеть? Исследования ученых в области биолокации позволяют все более уверенно говорить о существовании звуковидения у некоторых животных. Один из претендентов, несущих прибор звукового видения, — дельфин. У собак и дельфинов, по-видимому, был общий предок. И хотя пути обоих видов разошлись, общее наследие все же чувствуется: и у тех и у других — слабое цветное зрение. Но по велению природы и те и другие мастерски вышли из трудного положения. Собака освоила мир запахов, о чем мы уже говорили, дельфин — мир звуков. Поразительные крики, свисты, скрипы, постоянно издаваемые этим морским млекопитающим, помогают ему в чудесной воспринимающей способности.

Не могу забыть своего удивления во время опытов с дельфинами, в которых мы пытались определить наименьшую разницу в расстоянии между двумя цилиндрами из пенопласта, которую мог бы различить дельфин-афалина. Оказалось, что с расстояния тридцати метров дельфин узнавал, что цилиндры сдвинули на один миллиметр. С такой же легкостью дельфин различал материалы, из которых были сделаны цилиндры. Мутная вода, отсутствие освещения не помеха: звуколокаторы одинаково хорошо действуют в любое время суток, в среде любой прозрачности.

Как же устроен звуковой локатор у дельфина? В литературе не раз рассказывалось об удивительном лоцирующем приборе игривых китообразных. Сначала дельфин посылает ультразвуковой пучок и затем, улавливая слабое отраженное эхо, по которому и определяет форму препятствия. Да, эхо передает данные о пространственных свойствах вещей, и практически каждый человек может путем тренировки развить у себя способность узнавать предметы по отраженному от них звуку.

Нужно только быстрое движение, скорость, как у дельфина. Поэтому такие тренировки лучше всего проводить при езде на автомобиле. Многие водители умеют различать придорожные изгороди, бетонные столбики и телеграфные столбы. Гудение мотора, шелест шин и гул проносающегося мимо воздуха по-

разному отражаются от придорожных предметов. Конечно, человек улавливает сотую долю того, что улавливает дельфин.

Об излучающей части дельфиньего локатора сложилось достаточно определенное представление. Генератором звуков служит своеобразный «орган» с четырьмя воздушными мешками или мешами. Перегоняя воздух из одного мешка в другой через систему труб, то сужая, то расширяя их, можно получить сложную гамму звуков — свистов, скрипов и щелчков. Пользуясь этим органом, дельфины издают звуки в таком широком диапазоне, что едва ли можно найти соперников среди других животных, способных на это. От хорошо слышимого нами звука частотой сто пятьдесят герц — до ультразвуковой области до ста девяносто шести килогерц — таков диапазон «речи» дельфинов, производимый их своеобразным генератором. Генератор звуков расположен в передней части черепа и соединен с единственной ноздрей дельфина. Правая, левая стороны «органа» к тому же могут работать независимо друг от друга, что дает животному еще одно преимущество: оно может «говорить» с двумя своими «собеседниками» одновременно.

Если бы генератор звуков посылал их во все стороны, то отраженные сигналы были бы слишком слабы, дельфин не получал бы полного представления об окружающей обстановке. Нужен механизм, направляющий излучение узким пучком, как прожектор. И такое устройство есть. Это лобная кость. Не выпуклая, как у других животных, а вогнутая. По существу, рефлектор направляет звуки вперед, на оригинальное фокусирующее устройство — головную линзу.

У дельфина за рылом расположен выступ. Это жировая ультразвуковая линза, она фокусирует звуки, идущие от лобной кости-рефлектора. Меняя толщину линзы, дельфин может расширять или сужать звуковой пучок, посланный для лоцирования интересующего его предмета.

Послав ориентированный сигнал и приняв его отражение, животное узнает об общем распределении объектов локации. Дельфин выбирает какой-то предмет и вторично, уже направленно шлет сигнал, принимает эхо, старается скопировать его, снова и снова облучает объект до тех пор, пока посланный сигнал не будет полностью соответствовать эху. Эхо в этом случае станет самым сильным и будет отражаться лучше всего.

Помимо тонкой способности лоцировать предмет и находить сигналы, которые почти без потерь отражаются от исследуемого объекта, у дельфинов развита звукоподражательная

способность. По звукоподражанию дельфины превосходят попугаев, так как могут «играть» запомнившейся им фразой, сжимая или растягивая ее во времени, так, как если бы пускать запись на магнитофоне то на малых оборотах, то на больших. В этом случае можно было бы слышать то голос Буратино, то длинный тянувшийся полусонный бас. Помимо того, копируемую фразу или мелодию дельфины могут повторять с теми же временными интервалами, но на ультразвуковых волнах. Копируя человеческую речь, морской говоруна издает звуки довольно-таки высокой частоты. В точности его интонирования легко убедиться, прокручивая в три-четыре раза медленнее обычного магнитофонную запись.

Можно предположить, что любое эхо дельфин способен скопировать и повторить сколько угодно раз. Он может послать его направленно, вернее, усилить копию эха и передать другому дельфину. Получается, что одним криком дельфин может передать другому всю информацию об окружающей обстановке или же, если его это интересует, он сразу может послать звуковой образ того или иного предмета.

Во время оживленной беседы со своими сородичами каждый оратор посылает не отвлеченные звуки, а воспроизводит эхо-сигналы, пойманные при отражении от предметов. Другими словами, дельфины разговаривают на языке объемных звуков. Опыты показывают, что дельфины могут понимать принятые сигналы, даже если разговор ведут особи, находящиеся на расстоянии нескольких тысяч километров и относящиеся к разным популяциям. Для сравнения можно напомнить, что типы из разных популяций часто не понимают друг друга, у них разный язык, и общаться они могут только через «переводчика» — есть и такие полиглоты среди дельфиньего племени. В этом отношении они стоят ближе к людям и другим животным, использующим звуковой язык, где звуки кодируют информацию. Дельфины же «говорят» на объемном звуковом языке, где звуки кодируют образ предмета. Это не исключает и абстрактных звуков, которыми передаются эмоциональные, тревожные и радостные сигналы, они, конечно, есть у дельфинов, но на первом месте, видимо, стоит объемный звуковой язык.

Поэтому-то в стаде могут жить и те особи, у которых работа звукогенератора почему-либо нарушена. Подобные случаи известны. Некоторые дельфины, отделенные от стада, начинают наткаться на стенки бассейна и другие препятствия. Но в

окружении своих соплеменников они избавляются от слепоты. Разгадка, скорее всего, в умении заболевших принимать предметные эхо-сигналы от других животных. Причем здоровые дельфины не просто копируют эхо-образы, но и усиливают их. И тем самым служат «слуховым аппаратом» для «тугоухих».

Но пока еще совершенно не ясно, как работает «живой прибор» по восприятию объемных звуков. Каким бы странным и необычным это ни показалось, все же можно предположить и даже проверить экспериментально, что ультразвук и эхо-образы воспринимают дельфины глазами.

Чешский ученый И. Поспешил нашел, что давление на палочки и колбочки сетчатки в некоторых случаях воспринимается в виде света. Упорядоченные ультразвуковые колебания воздействуют на пигментные зерна сетчатки, создавая области повышенного давления в возбужденных фоторецепторах. То, что нашим ухом воспринимается как свист дельфина, у самого дельфина может вызвать видимый образ. Следует напомнить, что ультразвук способен переходить из воды в глаз морского животного почти без потерь и искажения, ибо на его пути нет резких перепадов плотности.

Возможен и другой путь перевода ультразвукового сигнала в видимое изображение — с помощью эпифиза рудиментарного остатка третьего (теменного) глаза, который у большинства млекопитающих, несомненно, выполняет и эндокринную функцию. Когда во время нейрохирургических операций эпифиз раздражали электрическим током, у пациентов возникало ощущение света. Может быть, ультразвуковые колебания непосредственно воспринимаются эпифизом и позволяют дать дельфину не очень яркую, но все же объемную картину окружающего мира. Строя вышеизложенные гипотезы, никогда не следует забывать, что и сам слуховой аппарат этих животных, возможно, способен на прием объемных звуков. К сожалению, он еще плохо изучен физиологами.

Самые различные звуковые приборы

Человек слышит звуки частотой от тридцати до двадцати тысяч герц, а летучая мышь — до ста тысяч герц, хотя нижний предел примерно равен нашему. Так что этот крохотный летающий

комочек, покрытый шерстью, живет в настоящем мире звуков. Так же, как и дельфин, это существо находит нужную ему пищу с помощью эхо-локатора. Сонаром летучих мышей ученые занимались более длительное время, чем звуковым локатором дельфина. Еще в 1793 году выдающийся итальянский исследователь Ладзаро Спалланцани установил, что летучие мыши ориентируются и находят свою добычу с помощью слуха. Однако понадобилось около ста пятидесяти лет, чтобы понять, что делают они это с помощью ультразвуковой локализации. И здесь нельзя не оценить работ американских ученых Г. Пирса, Д. Гриффина и Р. Галамбоса, внесших неоценимый вклад в расшифровку работы ультразвукового локатора у летучих мышей.

Как и у дельфинов, у летучих мышей есть генератор ультразвука и приемники отраженного эха. И тот и другой прибор в процессе эволюции достигли совершенства. Гортань у летучих мышей очень широкая. Она, как резонатор, позволяет усиливать ультразвуки, создаваемые свистом. Но мыши издают не просто свист, не слышимый для нашего уха, а серию ультразвуковых щелчков. Перед взлетом мышь посылает пять—десять сигналов в секунду, начался поиск — частота возрастает до двадцати—тридцати щелчков, а насекомое мышь настигает при двухсотпятидесяти сигналах в секунду. Как мышь производит непрерывную серию сигналов-писков, пока неизвестно.

У разных видов летучих мышей генераторы отличаются по строению. У одних, гладконосых, звуки, как уже отмечалось, издаются гортанью, поэтому такая летучая мышь летает с открытым ртом. Большая часть гладконосых мышей живет на Североамериканском континенте, но и у нас есть их представители. Самые маленькие из них — нетопыри — встречаются в Подмосковье и почти по всей средней полосе России. В сумерках без труда можно увидеть, как они охотятся за насекомыми на фоне еще непомеркшего неба. Создавая серию сигналов, нетопырь, как и все гладконосые летучие мыши, посылает ультразвук по всем направлениям, а затем улавливает отраженный сигнал. Другая группа летучих мышей — подковоносые, которых можно встретить, например, на Кавказе, генерирует ультразвуковые сигналы не ртом, а носом. Вокруг их носа находится мясистый вырост, напоминающий подкову, который позволяет отражать ультразвук и собирать его в узкий пучок. Летает подковонос с закрытым ртом, импульсы длятся тысячную долю секунды, а у гладконосых это щелчок всего в одну миллисекунду.

(рис. 5). Поэтому, если подковонос переходит на низкую частоту, его сигналы напоминают тиканье наручных часов.

Приемник отраженных сигналов у летучих мышей — тоже совершенное устройство: ведь он способен услышать эхо, которое в две тысячи раз слабее посланного генератором сигнала. Вполне понятно, что для улавливания таких слабых сигналов нужны большие ушные раковины, и у некоторых видов они достигают почти половины общей длины головы и туловища. Так, у ушанов, размером восемь сантиметров, уши в длину равны четырем сантиметрам. Внутреннее ухо тоже имеет особое строение. Вспомним, что из среднего уха колебания передаются во внутреннее стремечко и часть уха летучих мышей, расположенная рядом со стремечком, сильно расширена.

Ну а теперь рассказ о самом интересном — устройстве звукового приемника летучих мышей, позволяющем предохранять его от крика-импульса, посылаемого собственным локатором. Ведь посылаемый импульс, как мы сказали, в две тысячи раз сильнее принимаемых отраженных звуков. Таким звуком мышь может себя оглушить и после этого ничего не слышать. Чтобы этого не случилось, перед импульсом ультразвука стремечко специальной мышцей оттягивается от окна улитки внутреннего уха. Колебания механически прерываются и не попадают во внутреннее ухо. По существу, стремечко тоже делает щелчок, но не звуковой, а антизвуковой, оно сразу же возвращается на место после крика-сигнала, и ухо готово принять отраженный сигнал.

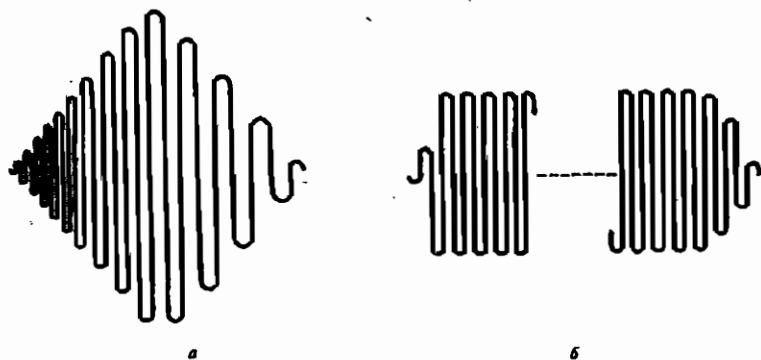


Рис. 5. Ультразвуковые импульсы летучих мышей:
а — гладконосы; б — подковоносы

Просто диву даешься, с какой скоростью может сокращаться и расслабляться мышца, выключающая на время посылаемого крика-импульса слух мыши! При высоком полете это всего пять импульсов за секунду. При меньшей высоте полета — десять—двенадцать импульсов, а при преследовании добычи — двести—двести пятьдесят импульсов за секунду. Конечно, при самой высокой частоте мышца не успевает выключать ухо каждый раз, но это так сильно, что и при отведенном стремечке летучая мышь, скорее всего, слышит сигналы, отраженные от насекомого, находящегося в нескольких сантиметрах от ее мордочки.

Ничего не скажешь! Эхолокационная система летучей мыши — совершенная радарная установка, работающая в ультразвуковом диапазоне. Ее масса не более восьми граммов, а в ней помещаются и передатчик, и приемник, и вычислительное устройство — мозг. Напомним, что созданная человеком радарная установка весит десятки килограммов и для ее перевозки нужен грузовой автомобиль или автомобиль, специально оборудованный для радарной установки. Конечно, радар работает на радиоволнах, а не на ультразвуке, дальность действия его значительно превосходит ультразвуковой локатор летучих мышей. Принцип локации у них одинаковый, но живая система значительно эффективнее, если учесть ее мизерную массу.

Можно только удивляться изобретательности природы и тем эволюционным механизмам, которые формировали ультразвуковые приборы у живых существ. Летучие мыши слышат ультразвуковые колебания частотой до ста тысяч герц, а ночные бабочки и златоглазки, за которыми они охотятся, воспринимают ультразвуковые сигналы с частотой до двухсот сорока тысяч герц. Их «уши» напоминают слуховые органы кузнечиков, о которых шла речь ранее. Как только насекомые услышат, что их лоцирует летучая мышь, они начинают выделять фигуры высшего пилотажа, спирали и мертвые петли — лишь бы летучая мышь промахнулась и не схватила их. А так как насекомые проворнее летучих мышей, то им часто удается увернуться от преследователя. Но на этом не заканчиваются взаимоотношения между бабочками и летучими мышами. Недавно удалось установить, что некоторые бабочки сами способны производить ультразвуковые импульсы. Как только насекомое обнаружит, что летучая мышь прослеживает его путь лоцирующими сигналами, оно само начинает издавать ультразвуковые импульсы. Причем эти импульсы так действуют на преследователя, что он улетает прочь, как бы пугается.

Что же заставляет летучих мышей прекратить преследование насекомого, издающего ультразвуковые сигналы?

На этот счет пока есть только предположения. По одним из них ультразвуковые щелчки — это приспособительные сигналы насекомых, сходные с теми, которые посылает сама летучая мышь, только в тысячу раз сильнее. Ожидая услышать слабый отраженный звук от своего сигнала, преследователь слышит оглушающий грохот, как будто сверхзвуковой самолет пробивает звуковой барьер. По другим представлениям, которых придерживается известный исследователь чувств животных Р. Бертон, ночные бабочки испускают предупреждающие ультразвуковые сигналы для летучих мышей. Если хотите, это можно назвать тоже мимикрией, только не зрительной, а ультразвуковой. Множество насекомых стремятся слиться с окружающей средой и приобретают соответствующую защитную окраску. Ряд же ядовитых насекомых, наоборот, одеты в самые яркие красочные «костюмчики». Это — окраска-предупреждение. Но для летучих мышей, которые охотятся в ночное время, яркая окраска не имеет значения. Ядовитые насекомые используют предупреждающие ультразвуковые сигналы. Возможно, защитную роль этих сигналов постигли и безобидные бабочки и пугают ими летучих мышей. Вот и получилась своеобразная мимикрия.

Каким же образом в длительном эволюционном процессе у насекомых появилась способность воспринимать ультразвуковые сигналы и мгновенно понимать опасность, которую несут в себе «сигналы» летучей мыши? С ультразвуковыми сигналами летучих мышей еще сложнее — никакие крики-сигналы соплеменников (а их иногда в одном месте, как в Бракенской пещере на юге США, собирается свыше двадцати миллионов), никакие искусственные ультразвуковые сигналы, создаваемые человеком с помощью аппаратуры, не мешают охотиться рукокрылым. Они узнают свое эхо среди миллионов голосов и других звуков, а воспроизведение сигналов, создаваемых бабочкой, заставляет мышь улетать прочь. Эти сигналы предельно подобраны к локатору летающего зверька, и, возможно, их щелчки раздаются точно в то время, когда летучая мышь включает ухо, чтобы услышать эхо. Если это так, то ночная бабочка успевает принять частоту лоцирующего ее импульса и послать ответный сигнал с учетом приближения охотника точно в унисон с ним. Такой прибор не может образоваться постепенно, в процессе отбора и совершенствования. Насекомое получает его сразу в готовом виде — только тогда он спасет ему

жизнь. Вот так сложно устроенный звуковой локатор ставит новую загадку в эволюции живого, которую пока не решили ученые.

Ультразвуки летучие мыши издают не с помощью голосовых связок, а за счет свиста. Непонятно только, как можно свистеть щелчками. Зато возможности ультразвуковой локации выше, чем локации на частоте слышимых звуков. Во-первых, ультразвук распространяется направленным пучком, а во-вторых, локация при уменьшении длины волны улучшается — отраженное эхо от мелких предметов при этом меньше искажается. Высокочастотные звуки, испускаемые в лаборатории щелчками, как у дельфинов или у летучих мышей, позволяли слепым людям с хорошо развитым слухом узнавать предметы и материал, из которого сделаны исследуемые объекты, хотя им, конечно, было далеко до тех возможностей, на которые способны «живые локаторы».

Кошки тоже слышат ультразвуки. В нашем «кис-кис» целый аккорд ультразвуков, и, возможно, в нем кошки слышат ряд свистов в большом диапазоне. Собаки не уступают кошкам, их даже можно приучить прибегать к хозяину на сигнал ультразвукового свистка. Верхняя граница слуха различна и у людей. Дети могут слышать более высокие звуки по сравнению со взрослыми. Описан случай, когда четырехлетний мальчик проснулся ночью, разбудил родителей и начал настаивать, что «оно» кричит и пищит. Родители ничего не слышали. Сначала они думали, что ребенок видел что-то во сне, и начали его успокаивать. Через некоторое время ребенок опять закричал, что «оно» запищало и что в комнате кто-то есть. Родители, чтобы успокоить ребенка, начали обыскивать комнату и нашли летучую мышь, прицепившуюся к одной из занавесок. Справедливости ради можно заметить, что ребенок все равно бы не услышал ультразвуков, на которых лоцирует насекомых летучая мышь, скорее всего, это были сигналы, посылаемые другим рукокрылым на частотах низкочастотного ультразвука, примерно в области двадцати пяти тысяч герц.

Не у всех животных есть такой сложный и совершенный аппарат эхолокации, как у летучих мышей и дельфинов. Некоторые животные используют свой сонар только для ориентации в темных пещерах. Так, в Юго-Восточной Азии в пещерах живут стрижи-саланганы. Они знамениты своими гнездами из густой застывшей слюны — в восточной кухне их используют для приготовления супа и называют «ласточины гнезда». В пещерах саланганы издают щелкающие звуки до пяти—десяти раз в секунду и по эху опреде-

ляют, где стены, а где гнезда. Другая птица — гуахаро из Южной Америки — тоже проводит весь день в темных пещерах и только ночью вылетает, чтобы полакомиться плодами деревьев. В темной пещере она ориентируется с помощью сонара, издавая пронзительные отрывистые крики частотой около семи тысяч герц.

Однажды вечером на даче я услышал тонкие и резкие пiski. Что бы это могло быть? Я взял фонарик и направился к источнику непонятных звуков. В луче фонарика стоял мой кот, а перед ним, как мне сначала показалось, крошечная мышь. Через некоторое время удалось рассмотреть, что это была землеройка — самое мелкое насекомоядное млекопитающее нашей фауны. При любой попытке кота продвинуться вперед и схватить землеройку она издавала такие пронзительные пiski, что удивленный кот отскакивал. Свисты, конечно, производились в ультразвуковом диапазоне, что еще больше пугало кота.

Известно, что землеройки — большие специалисты по воспроизведению ультразвуков. Но не только для отпугивания своих врагов используют землеройки ультразвуки, они ими пользуются и для эхолокации. Биологам пришлось много поработать, прежде чем они открыли эхолокационную систему у этих млекопитающих. Опыты пришлось проводить в полной темноте, а наблюдать за зверьками с помощью приборов ночного видения.

Ученые взяли две платформы, тщательно промыли их, чтобы исключить обонятельные ориентационные эффекты, и раздвинули платформы на разные расстояния. При удачном перепрыгивании землеройки получали их любимую пищу. Как обычно, животное подбегало к краю одной платформы, обследовало его, а затем точным прыжком перебиралось на другую платформу, с которой дорожка вела к пище. Если расстояние между платформами было семнадцать сантиметров, то землеройки без труда обнаруживали вторую платформу и перепрыгивали на нее. Стоило расстояние увеличить до двадцати пяти сантиметров, прыжки прекратились, зверек метался по краю первой платформы, ощущал, где находится вторая, но преодолеть огромнейшую для него «пропасть» не решался. Вот эти опыты и помогли ученым установить, что для своей локации землеройки используют ультразвук.

Эта часть книги познакомила читателя с обитателями воздушных просторов, пещер, наземными существами и обитателями морских глубин, которые имеют ультразвуковые эхо-локаторы, поражающие своим совершенством и показывающие пути создания новых лоцирующих приборов.

Глава пятая



Анализаторы физических полей

Компас в языке

Многие беспозвоночные животные наделены «магнитным компасом». Очень четко такой компас работает у плоских червей планарий. Направление на магнитные полюса Земли люди умели определять давно. Еще до изобретения компаса древние викинги пользовались куском магнитной руды во время путешествий по северным морям. Сейчас каждый человек знает, что Земля — это огромный вращающийся постоянный магнит. Однако не только из постоянного магнитного поля складывается магнитное поле Земли. В нем есть переменный компонент, составляющий всего два процента от постоянного магнитного поля. Но его биологическое действие значительно.

Люди не ощущают магнитного поля Земли и для определения нужного направления по магнитному полю используют компас. А есть ли у животных какие-либо «приборы», которые помогают им ориентироваться в магнитном поле и тем более в геомагнитном поле, которое довольно слабое — всего до 0,7 эрстеда? Напомню, что в лабораториях физики создают магнитные поля в несколько тысяч эрстед. Так вот, в организм живых существ «встроен» довольно чувствительный «магнитный компас». Некоторые экспериментаторы, желая проверить, ощущают ли животные магнитное поле, использовали в своих опытах магниты, поле которых во много раз сильнее, чем магнитное поле Земли. Реакция животных была неадекватной — либо они совсем не реагировали на искусственные магнитные поля, либо у части организмов реакция была бурная и не вписывалась ни в какие рамки. Сейчас стало ясно, что в этих исследованиях недооценивалось эволюционное развитие животных. Вся жизнь организмов на Земле развивалась в условиях воздействия геомагнитного поля, и, конечно, живые существа научились ориентироваться в нем. Поэтому сильные магнитные поля животные воспринимают как непривычный временный фактор. Сильные магнитные поля могут оказать биологическое действие на кроветворение, клеточное деление и физиологические пара-

метры некоторых органов, но восприятие информации у животных связано только со слабыми магнитными полями, близкими к напряженности магнитного поля Земли.

Прямым доказательством действия геомагнитного поля на жизнь организмов можно считать реакцию живых объектов на экранирование их от действия магнитных силовых линий. Живые организмы помещают в камеры из сплавов пермаллоя (железо с никелем) или же мюметалла (никель, железо, медь и хром в определенных соотношениях), которые значительно уменьшают действие магнитного поля Земли. На многих организмах экранирование от магнитного поля никак не сказалось, однако на высших растениях при длительном экранировании удалось показать, что происходит задерживание закладки боковых корешков, а первичная кора становится толще и покрывается своеобразными наростами. Бактерии тоже реагировали на сильное понижение естественного магнитного фона. Золотистый стафилококк стал в пятнадцать раз медленнее размножаться, а размеры клеток азотобактера увеличились в восемь раз, и даже появились нитчатые формы, чего обычно не происходит. Очень важно было проверить, как реагируют на экранирование от магнитного поля высшие животные — млекопитающие. Эксперименты, проведенные на мышах, показали, что к четвертому поколению у них прекращается воспроизводство, во втором поколении наблюдаются частые выкидыши зародышей. Родившиеся мышата с раннего возраста малоактивны и длительное время лежат на спине. У взрослой популяции (примерно четырнадцать процентов) наблюдается прогрессирующее облысение. Сначала лысеет голова, а затем спина. К шести месяцам животные погибают. Гистологический анализ показывает, что экранирование сильнее всего влияет на почки мышей (в них развивается киста и многокамерность), страдает и печень.

Действие искусственных слабых магнитных полей, близких к естественным полям, также влияет на живые организмы. Например, бактерии в переменном магнитном поле с частотой 0,6 герца снижают скорость размножения. В то же время электромагнитное поле с частотой 0,1; 0,5 и 1 герц стимулирует размножение бактерий.

Наиболее высокочувствительными к слабым магнитным полям оказались рыбы, которые используют их в основном для ориентации, но об этом рассказ пойдет несколько позже. Орга-

низм млекопитающих тоже реагирует на короткое и длительное пребывание в искусственных магнитных полях. У кроликов, например, низкочастотное магнитное поле (восемь герц) влияло на активность ферментов в лейкоцитах крови. Особенно резкое уменьшение активности щелочной фосфатазы в клетках белой крови наблюдалось при создании магнитных полей, близких по своим параметрам к тем, которые наблюдаются при магнитных бурях. Действие переменных и постоянных магнитных полей не ограничивается только изменениями в периферической крови у млекопитающих. Эксперименты показали, что эти поля действуют на электрическую активность мозга. Под действием слабых магнитных полей с частотой 0,01—5 герц у человека увеличивается частота пульса, появляются слабость, головная боль, чувство тревоги — признаки нарушения электрической активности мозга.

При действии сильных магнитных полей (в экспериментальных условиях) реакции могут быть более отчетливые, чем при влиянии слабых полей. При этом страдают ткани тех органов, где постоянно происходят клеточные деления: костный мозг, селезенка, печень, половые железы. Нарушается биологический ритм клеточных делений, у некоторых животных меняется поведение.

Насекомые, например, тараканы, очень устойчивы к действию сильных магнитных полей. В то же время у «домового усаца» под влиянием такого поля активность заметно подавляется. Мухи, попавшие в магнитное поле, сначала очень активны, а затем их поведение резко меняется, и они выглядят сонливыми и вялыми.

А теперь посмотрим, какие «магнитные приборы» позволяют животным ориентироваться в пространстве, передавать друг другу информацию и даже изменять ориентацию планарий. Американский зоолог Ф. Браун провел такой опыт: поместил планарий в воронкообразный проход, на выходе которого менялось направление магнитных силовых линий. Если выход располагался параллельно силовым линиям, то есть смотрел на север или юг, планарии поворачивали направо. Если выход располагали по направлению восток — запад, то они поворачивали налево. И так было всегда, пока у выходов не ставили слабый магнит, в результате чего ориентация планарии нарушалась.

Способностью ориентироваться по магнитным полям обладают и те существа, «компас» у которых находится в языке. Речь идет об улитках. Правда, это не совсем тот язык, что у позвоночных животных. Он похож на терку, которую улитка высовывает из рта и соскабливает ею водорослевые налеты на камнях и сваях. Но в этой терке, или радуле, как ее еще называют, содержится большой процент железа — почему она и может выполнять функции компаса. Трудно объяснить, как микроскопические усилия, создаваемые в радуле улиток, передаются в мозг и анализируются, помогая ориентироваться по сторонам света, однако она так же, как и планарии, реагирует на небольшие кусочки магнита и меняет ориентацию при выходе из прохода.

Магнитное поле ощущают не только крупные организмы, но и простейшие, обитающие в водоемах. Туфелька хвостатая при наложении искусственного магнитного поля, близкого по своему значению к геомагнитному, меняет свою активность, а иногда и траекторию движения. Возможно, в ее цитоплазме заложены пара- и диамагнитные молекулы, чутко реагирующие на изменение магнитного поля. Одноклеточным не уступают в магнитной ориентации и колониальные простейшие. В чистой воде, богатой соединениями железа, развиваются вольвоксы, колониальные жгутиконосцы. Они способны не только различать направление магнитных силовых линий, но и менять свою ориентацию при увеличении общей напряженности поля. Низшие рачки — дафнии, тысячами развивающиеся в теплые дни в прудах, тоже способны к ориентации в магнитном поле. Они приспособлены точно ощущать изменение силы и частоты магнитных колебаний. Можно проделать простой опыт. На дно небольшого аквариума, где плавают дафнии, насыпать магнитные опилки. Рачки соберутся только в определенных местах аквариума, как бы повторяя своими скоплениями конфигурацию участков дна, заполненных опилками.

О насекомых следует поговорить отдельно. Магнитное поле Земли для них — важнейший ориентир. Первыми, на кого обратили ученые свои взоры, были термиты. Еще бы — они все свои подземные галереи и входы в термитники устраивают в направлении магнитного меридиана. И самку, непрерывно производящую яйца и имеющую брюшко величиной с небольшой огурец, они укладывают вдоль магнитного меридиана.

А мухи! Обратите внимание, как они ориентируются при посадке. Ученые занялись этим вопросом, и оказалось, что даже домовые мухи в помещении без окон и при искусственном освещении предпочитают садиться по осям север — юг и восток — запад. Конечно, наблюдаются колебания в расположении тела при посадке, но они никогда не превышают двадцати градусов в ту или другую сторону от оси.

Пчелы безошибочно разыскивают корм и свой улей. Известно, что важнейшим ориентиром для сборщиц меда служит Солнце. Даже когда небо покрыто тучами, пчелы знают, где оно находится, — для этого им достаточно маленького кусочка неба. Они видят поляризованные лучи и по их направлению определяют местоположение Солнца. Прилетев в улей, они передают своим соплеменникам информацию о том, где можно взять большие сборы нектара и пыльцы. Эту информацию пчелы передают друг другу довольно своеобразно: танцами, движением хвостового отдела. Этим они показывают, как далеко надо лететь и в каком направлении. Однако танцующая пчела может передать неверное направление месторасположения корма, иногда ошибаясь на пять-десять градусов. После экранирования магнитного поля ошибки уменьшались до трех градусов. Это говорит о том, что пчелы используют магнитное поле Земли для ориентации, а ошибки связаны с изменением геомагнитного поля.

Рыбы живут в мире электрических полей. Однако и магнитное поле в их ориентации, локации, как сейчас выяснилось, играет важную роль. Несколько тысяч километров могут преодолеть рыбы во время ежегодных миграций к дому. Ранее была описана их необычная способность находить родную реку и то место, где они впервые появились на свет. Но какими ориентирами пользуются рыбы в открытом море, когда их химические анализаторы не могут ощутить запаха родного водоема? Вероятно, они также обладают способностью ориентироваться по магнитным линиям Земли. Тщательные эксперименты в природных и в лабораторных условиях подтвердили этот вывод. В лаборатории работали с молодью стеклянного уря. Ее запускали в специальные лабиринты, в которых было до двухсот пятидесяти разветвлений. Рыбки должны были решать задачу выбора, взять правое или левое направление на каждом очередном раз-

ветвлении. И они всегда избирали то направление, как если бы они двигались от Саргассова моря. Вспомним, ведь там они выклюнулись из икры и прошли личиночный период. Одиннадцать тысяч наблюдений провели на широте Ленинграда, Одессы и Калининграда, и всякий раз молодь угря в каждом географическом пункте выбирала определенное направление движения по линии от Саргассова моря к месту испытаний. Такую ориентацию можно осуществить только при наличии рецепторов, улавливающих геомагнитные силовые линии и определенный угол движения по отношению к магнитному меридиану. Но как доказать, что именно магнитное поле помогает угрям ориентироваться в лабиринтах? Очень просто — экранировать от магнитных полей или же компенсировать магнитное поле искусственными магнитами. В результате рыбы теряют способность ориентации в лабиринтах и движутся по всем направлениям.

Рыбы не только используют магнитное поле для ориентации во время миграций, но и могут лоцировать им свои жертвы. Так, у щуки вокруг головы, примерно в области глаз, создается переменное магнитное поле с частотой восемь-девять герц. Это привилегия не только рыб. Магнитное поле создается вокруг головы большинства позвоночных животных, и обусловлено оно электрическим действием мозга и его альфа-ритмами. Однако хищные рыбы, в нашем случае щука, используют переменное магнитное поле для обнаружения рыбок, спрятавшихся в траве. Своим переменным магнитным полем щука как бы наводит электрический потенциал, который они могут воспринимать с помощью электрорецепторов. Зубастый хищник действует точно по закону Фарадея. Он пересекает магнитными линиями тело рыбы, индуцирует в нем электрические потенциалы между хвостом и головой и таким образом определяет, где рыба и в какую сторону направлены ее хвост и голова.

Среди птиц тоже можно найти виды, совершающие упорядоченные сезонные миграции на тысячи километров. Пожалуй, дальше всех мигрируют кроншнепы, гнездящиеся на Аляске и на зиму улетающие в теплые края к Таити и Гавайским островам. Примерно десять тысяч километров занимает их путь, из которых три тысячи километров они летят над морем. Даже представить себе трудно — три тысячи километров над водными просторами! Ведь это небольшая птица! И не сбивается с пути! Навигационная способность, как и у всех птиц, отличная.

Механизм биологической навигации у птиц еще не раскрыт. Есть несколько теорий, из которых следует, что-либо птица пользуется «биокомпасом», улавливающим неизвестные пока поля, либо ориентируется по физическим параметрам: по силам Кориолиса, положению Солнца над горизонтом, звездам и геомагнитному полю. Не исключено, что для ориентации и навигации птицы используют и «биокомпас» и физические параметры. Во всяком случае, магнитное поле Земли для ориентации птиц играет большую роль.

Примерно пятнадцать лет назад советский исследователь В. И. Данилов и американский зоолог Л. Талкингтон предположили, что роль магнитометра у птиц может играть «гребешок» — специальное образование в глазу. Совместное действие на гребешок света и геомагнитного поля приводит к фотомагнитному эффекту. В результате в гребешке возникают токи, которые раздражают волокна зрительного нерва.

Есть предположения, что птицы могут связывать одновременно гравитацию и геомагнитное поле. Ведь сила земного притяжения, хотя и незначительно, меняется при перемещении с севера на юг и обратно, но птицы способны различить эту разницу. Магнитные поля в разных точках Земли имеют разный наклон. Существует четыре точки с постоянным наклоном магнитного поля и соответствующей гравитацией — две в Северном полушарии и две в Южном. Пользуясь этими точками, птицы без труда определяют соотношение земного притяжения и наклонение геомагнитного поля.

Нельзя не упомянуть об энергетической упорядоченной сетке. По мнению ряда исследователей, Землю покрывает особая энергетическая сеть, то есть все поля, несущие энергию: гравитационное, магнитное, электромагнитное, электрическое, они не гомогенно распределены по поверхности Земли, а образуют определенные структуры в виде сети с шестиугольными, треугольными или квадратными ячейками. Причем сеть соподчиненная: крупные ячейки огромны, их размеры составляют сотни километров, ячейки меньших размеров — в десятки километров — расположены внутри крупных, в них — ячейки километровые и так далее, пока размер ячеек не доходит до нескольких сантиметров и даже миллиметров. В крупных энергетических узлах наблюдаются аномалии полей. Но на этих разломах и энергетических точках — повышенная биопродуктивность. Однако до настояще-

го времени вопрос остается спорным и для окончательного выявления «энергетической» сети требуется провести тщательные эксперименты. Есть данные, что вертикальная составляющая магнитного поля в энергетических точках меняется, а раз так, то это тоже прекрасный ориентир для перелетных птиц.

А может быть, и у самих живых существ есть свое магнитное поле? О некоторых таких полях мы уже говорили — «компас» в радуле моллюсков. В некоторых же случаях само тело живых существ может представлять собой магнитный диполь. Ученые размещали высушенных насекомых на поплавке либо подвешивали мух на тонкие нити, и они «работали» как магнитная стрелка. Правда, достаточно было их смочить, как это свойство исчезало — уж очень невелико их собственное магнитное поле.

У семян пшеницы, ячменя, ржи тоже есть собственное магнитное поле, слабое, всего несколько гаммов. Однако определено, что южный магнитный полюс у них находится на зародышевом конце, а на противоположном — северный. Но есть среди семян и перевертыши, когда зародыш оказывается на северном полюсе. Вполне может оказаться, что собственная «магнитная стрелка» в теле живого и есть тот первый датчик, который позволяет животному или растению ориентироваться в магнитном поле. Видимо, в этой области ученых еще ждут новые открытия.

В мире электрочувства

Известно, что многие животные и растения способны улавливать электрические поля и электрические токи в воде и чутко реагировать на них. Наиболее совершенно электрочувство развито у рыб. Они, как сказал известный американский зоолог Т. Буллок, «видят мир посредством нового чувства», и не только «видят», а осуществляют электрическую локацию, обмениваются информацией между собой и, наконец, генерируют ток напряжением до шестисот вольт, которым могут сбить с ног человека и полностью парализовать свою добычу. Рыбаки, живущие на побережье Аргентины, знают, что в их заливах водятся электрические угри, способные накапливать в своих живых батареях до трехсот вольт. Никто из рыбаков не хочет получить такой удар от

электрического угря. Понимая, что для накопления энергии нужно время, рыбаки сначала загоняют в воду стадо коров, которые, получив электрические разряды от угрей, с ревом выбегают из воды. Теперь «живые батареи» разряжены, и рыбаки входят с сетями в залив, не опасаясь сильных электрических ударов.

Нужно сказать, что генерировать мощные электрические заряды могут только некоторые виды рыб, а способностью чувствовать электрические поля и токи наделены многие представители животного мира. Так, простейшие, например инфузории, свое движение в электрическом поле ориентируют по направлению к электродам. Исследователи назвали это свойство гальванотаксисом. Если напряжение между электродами невелико, инфузории движутся от анода к катоду. Но достаточно повысить напряжение до нескольких вольт, как реснички инфузорий, с помощью которых они передвигаются, непроизвольно начинают работать в обратную сторону, и хвостовым концом, сама того не желая, инфузория движется к аноду, где начинает раздуваться и затем гибнет. Очень интересно наблюдать в микроскоп за инфузориями в электрическом поле. Можно увидеть, как только что снующие во все стороны одноклеточные существа после включения тока, будто по команде сотнями движутся в одну сторону.

А вот колоوراتки — микроскопические черви величиной почти с инфузорию — не подчиняются властному зову электрического поля, хотя, возможно, и чувствуют его не хуже простейших. Был предан такой опыт: большой кристалл фтористого лития раскололи на две половинки. На поверхностях расколото-го кристалла возникает электростатическое поле, причем не однородное, а сложное по конфигурации, повторяющее структуру кристаллической решетки. Расколотый кристалл положили в культуру с колоوراتками филодинами и через некоторое время просмотрели под микроскопом, куда колоوراتка отложила свои яйца. На поверхности кристалла яйца были отложены по узлам кристаллической решетки. Следовательно, можно сделать вывод, что колоوراتка ощущает даже слабые точечные электрические поля на поверхности кристалла.

Можно предположить, что большинство существ, ощущающих электрические поля и их изменение в природе, способны воспринимать информацию посредством взаимодействия природных полей с собственным электрическим полем организма. В 1967 году ленинградскому физиологу П. И. Гуляеву с помо-

шью специальных зондирующих усилителей удалось зарегистрировать электрические поля вокруг нервов мышц, сердца лягушки, а также вокруг человека на расстоянии десяти—двадцати пяти сантиметров. Электрические поля зарегистрированы также вокруг летящего комара и шмеля. В дальнейшем будет рассказано о специальных рецепторах электрического чувства у рыб, у них эта система наиболее совершенна.

Водная среда, в которой обитают рыбы, обладает высокой электропроводностью. По этой причине токовые поля, вырабатываемые живыми генераторами, достигают электрорецепторов других рыб почти без потерь. Появляется возможность электролокации и передачи электрических сигналов на несколько метров в реках и морях, где зрение часто не играет главной роли, если вода мутная.

Всех электрических рыб можно разделить на сильноэлектрических и слабоэлектрических. Эта классификация связана с работой у них «генераторов электрических импульсов». Если за основу взять способность рыб к восприятию электрических импульсов, то можно увидеть, что одни рыбы очень чувствительны к электричеству, у них есть специальные электрические рецепторы, другие рыбы менее чувствительны к токовым полям — обычно у этих видов рыб отсутствуют специальные

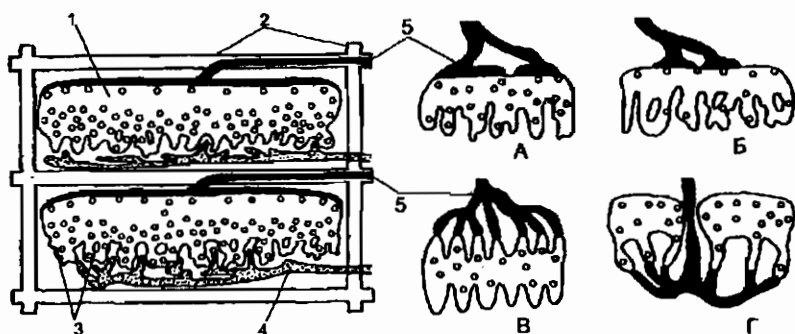


Рис. 6. Строение электропластинок:

А — скат; Б — звездочет; В — электрический угорь; Г — нильский слоник;
1 — электрическая пластина; 2 — соединительная ткань; 3 — сосочек;
4 — кровеносный сосуд; 5) нервы

электрорецепторы. Рыбы с электрорецепторами улавливают импульсы до сотых долей милливольт на сантиметр, рыбы же без электрорецепторов менее чувствительны.

Что же собой представляют электрические органы у рыб и каково их гистологическое строение? Как правило, это видоизмененная мышечная ткань. Электрические клетки очень сильно уплощены, поэтому их и называют электрическими пластинками. Например, у электрического угря толщина таких пластинок всего десять микрон. Их можно увидеть только сбоку в световой микроскоп, а сверху они напоминают шестиугольник площадью примерно один сантиметр. Такое устройство увеличивает площадь мембраны клетки, ведь именно на ней вырабатываются во всех живых клетках электрические потенциалы. И если обычная живая клетка может создать на своей мембране потенциал, равный тридцати милливольтам, то электрическая пластинка создает потенциал до ста пятидесяти милливольт. Следовательно, основным элемент «электрической батареи» — видоизмененная мышечная клетка. Эти электрические пластины собраны в столбики, уложены одна на другую и соединены последовательно, как элементы любой электрической батареи. Ряды столбиков, контактируя друг с другом, образуют тип параллельного электрического соединения. У разных видов электрические пластинки могут отличаться (рис. 6), но принцип строения электрических органов сходен. Правда, полярность во многом зависит от ориентации электрических столбиков. Если столбики ориентированы лицевой стороной к голове рыбы, то голова становится носителем отрицательного заряда относительно хвоста. У других видов столбики ориентированы в сторону хвоста, следовательно, у головы положительный заряд (рис. 7).

Познакомимся с одной из таких рыб, с африканским слоником (нильским длиннорылом) из семейства мормирид. Рыбаки очень удивлялись, что в их сети никогда не попадали длиннорылы. Думали, что он уходит из сетей. Однако все дело в «электрическом видении», которое позволяет ему следить за окружающей обстановкой, даже если он зарылся в ил и своим длинным рылом разыскивает червей. Электрический орган у нильского слоника небольшой по размерам, находится в стебле хвоста и состоит из пластинок, перпендикулярных оси тела. Такая структура позволяет генерировать электрические импульсы — диполи с разностью потенциала от семи до семнадцати вольт. Рыба

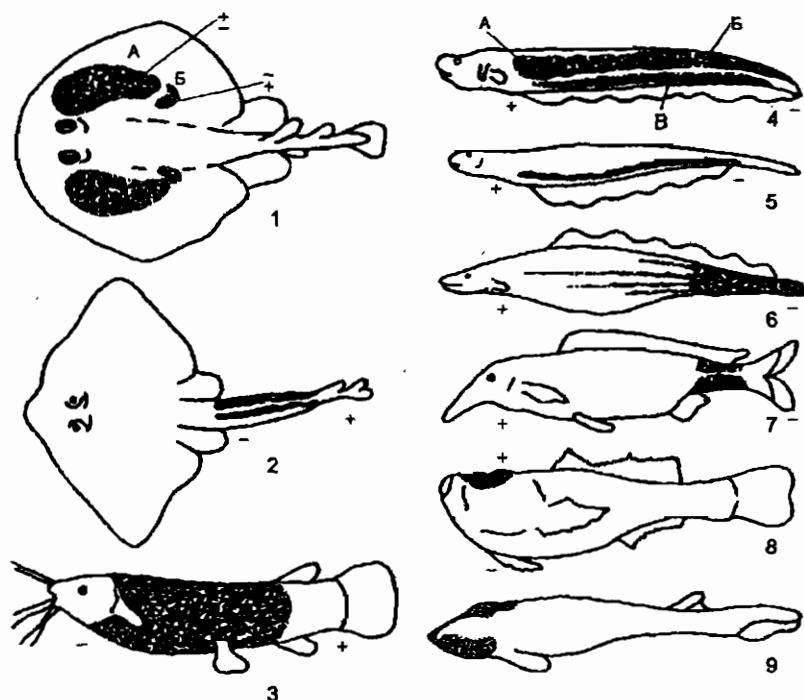


Рис. 7. Полярность электрических зарядов у различных видов рыб (закрашенные места — расположение электрических органов):

- 1) электрический скат с главным (А) и вспомогательным (Б) электрическими органами; 2) обыкновенный скат; 3) электрический сом; 4) электрический угорь: главный орган спереди, сверху (А); орган Сакса сзади (Б); орган Хантера снизу (В); 5) рыба-нож; 6) гимнарх; 7) гнатонемус; 8) звездочет; 9) ископаемая рыба, верхний силуэт

не просто разряжается, а как бы «стреляет» отдельными двухфазными синусоидальными импульсами. Когда нильский слоник лежит спокойно в своем убежище в полной темноте, он посылает пять—семь импульсов в секунду и создает вокруг своего тела электрическое поле, мерцающее с такой же частотой, как идут его импульсы. Поле это асимметрично: более плотно у хвостового конца тела и более разрежено к голове. Но стоит только изменить соленость, температуру воды, дать свет или же внести в поле электропроводящий объект, как длиннорыл начинает испускать сорок—пятьдесят импульсов в секунду. Все чаще и чаще лоцируя исследуемый объект, он решает, как ему посту-

пать — убегать или поглубже зарыться в ил. Электрические импульсы нильского слоника очень короткие и длятся всего от трехсот микросекунд до одной миллисекунды. Лоцирующий прибор нильского длиннорыла, видимо, не только определяет размеры объекта, искажающего его поле, но и узнает его форму. Об искажении формы своего собственного электрополя нильский слоник узнает с помощью электрорецепторов, которыми усеяны его голова, спина и брюшко.

У других рыб с электролокаторами — таких, как нильская щука и гимнопус, электрорецепторы расположены в тех же местах, а у ската в основном на брюшной стороне. Самое интересное, что электрорецепторы были открыты задолго до того, как у людей возникло какое-либо представление об электрической деятельности рыб. В 1678 году их подробно исследовал и описал итальянец Лоренцини. На поверхности тела ската он увидел поры, а при детальном исследовании оказалось, что поры — это вход в длинный канал, который заканчивается расширением или ампулой. Эти образования так и называли — «ампулы Лоренцини». Только совсем недавно удалось доказать, что они очень чувствительны к электрическим полям, для срабатывания ампул достаточно тока величиной всего 0,005 микроампера. Такие ампулы обнаружены в теле акулы, скатов и морского тропического сома. А нильский слоник и нильская щука вооружены бугорчатыми рецепторами. В таком рецепторе тоже есть расширение с электрочувствительными клетками, как и в ампуле Лоренцини. Наиболее чувствительный рецептор электрических полей у нильской щуки в десять раз чувствительнее, чем у скатов.

Своими электрорецепторами, используя импульсное электрическое поле, рыбы не только улавливают мелкие по размерам предметы, но и различают ничтожную разницу в их электропроводности. Каким же образом они достигают такой точности? Делать это им помогает все то же пульсирующее поле. Клетки — детекторы рецептора — воспринимают не само электрическое поле, а его изменения и деформацию из-за посторонних предметов. Чувствительный орган сам генерирует электрические импульсы тоже с высокой частотой, но он их так подбирает по фазе, что вспышки его импульсов возникают в промежутках между импульсами, создаваемыми электрогенератором. Стоит только постороннему предмету появиться в поле рыбы и сдвинуть время прихода электрического импульса к рецептору,

как промежутки между пульсацией электрогенератора и рецептора сократятся, а мозжечок, анализирующий промежутки между нервными импульсами, сразу отметит эти изменения — ведь у электрических рыб он очень хорошо развит. Если бы электрическое поле у рыбы было постоянным, то о локации с его помощью не могло быть и речи, она была бы невозможна. Пульсирующее электрическое поле — главная особенность прибора рыб, необычного для нас «видения».

Некоторые ихтиологи отмечали, что, когда они на рыбозаводах переводили рыбу из одного бассейна в другой или же пытались перегородить путь большой рыбе, например осетрам, то рыба делала рывок, и они ощущали его на расстоянии. И им передавался не удар волны, создаваемой рывками и бросками, а от рыб исходил какой-то непонятный импульс. Много лет посвятивший исследованию электрического чувства у рыб ихтиолог В. Р. Протасов считает, что во время испуга рыбы воспроизводят низкочастотные колебания. Другим ученым удалось показать, что при испуге во время скачков, рывков и бросков рыбы испускают наиболее сильные электрические разряды. Это могут быть не только электрические рыбы. Сейчас установлено, что большинство из известных нам рыб может генерировать слабые электрические разряды с частотой от пятидесяти до восьмисот герц. Если с помощью приборов перевести эти колебания в звуковые, то можно было бы услышать, как рыбы «щелкают», убегая от хищника, и как «взвизгивает» щука, бросаясь на свою жертву. А в морской воде «щелчки» испугавшихся преследования рыб привлекают к себе акул.

Ученые проделали такой опыт. Поместили камбалу и ее заклятого врага ската — морскую лисицу — в разные аквариумы. Связь между аквариумами осуществлялась только проводами. В грунт того и другого аквариума были вделаны электроды, прикрепленные к проводам. Как только камбала приближалась на расстояние десяти—пятнадцати сантиметров от электродов в своем аквариуме, в другом аквариуме скат приходил в возбуждение, он чувствовал электрическое поле камбалы. Вероятно, акулы и скаты используют биоэлектрические потенциалы для отыскания пищи, и не исключено, что такой же способностью обладают осетровые и хищные рыбы пресных вод.

Электрические рыбы могут использовать сигналы своих разрядов и для общения особей одного вида. Так, угри могут

общаться примерно на расстоянии семи метров и привлекать других особей определенной серией электрических разрядов. Каким-то образом «переговариваются» электрическими сигналами и нильские слоники. Двух рыб поместили в один аквариум с перегородкой из марли, чтобы рыбы не могли видеть друг друга. В дневное время рыбы неподвижно лежали на дне, но посредством электродов, опущенных в воду, и переведения электрических колебаний на регистрирующие приборы удалось установить, что мормирусы посылают друг другу какие-то сигналы. Если одну из рыб трогали палочкой, она увеличивала импульсацию своих разрядов, а «слушающий» ее длиннорыл не оставался безучастным — он тоже увеличивал пульсацию своего электрического поля. Эти опыты проводил профессор Кембриджского университета Г. Лиссманн. Причем его дневные опыты подтверждались ночью. Рыбы всплывали, плавали вместе вдоль перегородки и «скрипели» электрическими полями.

Нильская щука (гимнарх) — ночной хищник, достигающий в длину 1,6 метра, строит гнездо, куда откладывает крупные икринки диаметром до одного сантиметра. Гимнарх охраняет территорию, где находится гнездо, от других особей своего вида и по электрическим импульсам на достаточном расстоянии почти всегда узнает об их приближении. Перед нападением он производит особенно сильные разряды, чтобы предупредить пришельца, что территория занята. Так же ведут себя и нильские слоники. Если их помещают на одну территорию, они нападают друг на друга и пытаются откусить у противника хвостовой стебель, где сосредоточены электрические органы. В природе же «бой» идет только электрическими разрядами. Две мормириды становятся друг против друга и разряжают свои живые батареи, если силы их примерно равны. Если же одна рыба значительно сильнее другой, то она подавляет разряды противника, попросту говоря, не дает «сказать ему своего слова», и он, поняв это, отступает.

Очень своеобразно электрические дуэли проходят у южноамериканских рыб гимнотусов, обитающих в реках и достигающих в длину шестидесяти сантиметров. Каждая такая рыба охраняет территорию, на которой питается. Площадь охраняемого участка примерно 0,4 квадратного метра, но участки не смыкаются друг с другом, а находятся на расстоянии трех метров. Если сосед гимнотус приближается к участку ближе двух метров, обла-

датель участка начинает посылать электрические сигналы, подкрепляя их оборонительными позами. Если соперник не реагирует на предупредительный сигнал, гимнотус издает боевой клич — короткий разряд — менее чем за полторы секунды. Поняв силу сигнала, приближающийся гимнотус не принимает сражения. От него поступает сигнал: разряд длительностью более чем полторы секунды. Вся эта проверка сил проходит беззвучно, в слабых электрических полях.

«Неэлектрические» рыбы — такие, как щуки, окуни, угри, тоже выясняют свои отношения с помощью различных агрессивных поз и электрических разрядов, так как способны генерировать слабые электрические разряды. Однако расшифровать значение их электрических разрядов еще не удалось.

Кратко рассмотрев роль магнитных и электрических полей в ориентации, локации и передаче информации среди простейших и рыб и уточнив устройство биоприборов на их основе, перейдем к «живым приборам», улавливающим электромагнитные поля.

Как пахнет электромагнитное поле?

Все живые существа окружены электромагнитным полем. Электромагнитные волны как бы пронизывают нас. Многие из них не оказывают никакого действия, без других мы не можем жить, третьи могут принести смертельный вред. Все зависит от длины электромагнитной волны.

Электромагнитный спектр охватывает широкий диапазон длин волн, простираясь от X-лучей с длиной волны меньше чем 10^{-13} метра до радиоволн, длина волны которых измеряется километрами. Однако живые существа для фотобиологических процессов используют только незначительную часть электромагнитного спектра — от трехсот до девяти сот нанометров. Три четверти энергии Солнце в основном испускает именно на этой длине волны. А земная атмосфера как бы фильтрует опасные для жизни электромагнитные излучения нашего светила. Лучи короче двухсот девяноста нанометров (жесткий ультрафиолет) задерживаются озоном в верхних слоях атмосферы, а длинноволновое испепеляющее излучение поглощается углекислым газом, парами воды и озоном. В процессе эволюции у многих жи-

вотных и даже у растений выработались приспособления, улавливающие лучи от трехсот до девятисот нанометров, — это глаза. Пчелы видят ультрафиолетовый свет длиной волны до трехсот нанометров, а люди фиолетовый цвет воспринимают только при длине волны выше четырехсот нанометров и перестают видеть красный, когда длина волны больше семисот пятидесяти нанометров, то есть свет станет инфракрасным. В этих лучах видят некоторые ночные зверьки и маленькие странные существа на тонких ножках ай-ай, относящиеся к полуобезьянам.

Какие же «живые приборы» приобрели существа в процессе эволюции, чтобы воспринимать самые распространенные в природе электромагнитные волны?

Сколько бы ни рассматривали мельчайшие организмы, как бы тщательно ни изучали более крупных животных и человека, специальных рецепторов, воспринимающих радиочастотные электромагнитные волны, нам не найти. Человек не ощущает пронизывающих его радиоволн, хотя они и влияют на общее его состояние. Видимо, сами живые клетки становятся приемниками волн различной длины. Чем меньше длина волны, тем отчетливее реагирует на них организм. Например, метровые радиоволны вызывают возбуждение у обезьян. Они поворачивают голову в сторону их источника, начинают волноваться. Не исключено, что радиоволны взаимодействуют с электрическими токами в нейронах мозга и нервной периферической системе. Некоторые одноклеточные принимают определенную ориентацию в радиочастотном диапазоне. Особенно хорошо это прослеживается у зеленых жгутиконосцев эвглен, которые поворачиваются передним концом тела к антенне радиопередатчика и плавают в таком направлении. Все это возможно в тонких слоях воды, вполне проницаемых для радиоволн.

Низкочастотные электромагнитные колебания (три герца) после тридцатиминутного воздействия вызывают у подопытных кроликов учащение коркового ритма до восьми—десяти герц и увеличение амплитуды колебаний нейронов мозга примерно в два раза, то есть до семидесяти микровольт. Такое нарушение электрической активности мозга под влиянием электромагнитного поля и нарушение параметров колебаний могут сохраняться до двух суток после воздействия.

Люди тоже небезразличны к воздействию искусственных электромагнитных полей с частотой около десяти герц. Внешне

они не ощущают этого воздействия. Но достаточно было поставить эксперимент в подземном помещении и проследить за активностью людей и за ритмикой их жизни без воздействия электромагнитного поля и при его воздействии, как разница четко обозначилась. Эксперимент длился месяц. Люди, участвовавшие в эксперименте, не знали о воздействии слабых электромагнитных волн. Если обычно даже в темном помещении период активности человека сохраняется около двадцати пяти-двадцати шести часов, то облучаемые электромагнитным полем были активны тридцать и даже сорок часов. Под влиянием электромагнитного поля изменились электролитный состав мочи и выделительная функция почек. И опять можно предположить, что действие радиоволн на человека регистрируется на клеточном уровне, это и приводит к вышеописанным сдвигам.

Можно уменьшить длину радиоволн до области инфракрасных волн, занимающую в электромагнитном спектре интервал от семисот до одной тысячи шестисот нанометров. Это тепловые лучи, и человек их ощущает терморесепторами кожи на достаточно большом расстоянии, если они идут от таких мощных источников, как Солнце, раскаленная печь, электролампочка или костер. Но у людей нет «живых приборов», способных воспринимать инфракрасные лучи, идущие от всего живого, даже от растений. Для этих целей человек создал приборы ночного видения, которые по своей чувствительности все же уступают «живым» термолокаторам.

Кровососущим в любое время дня и ночи нужно находить жертвы. Для них важнее инфракрасные лучи, позволяющие дистанционно находить свою жертву и днем и ночью. Самый обычный постельный клоп на расстоянии пятнадцати сантиметров обнаруживает объекты, имеющие температуру. Человека он обнаруживает на расстоянии нескольких метров. По мере приближения к теплому объекту клоп во все стороны водит антеннами. Когда он выбрал место присасывания, его антенны устремлены точно на это место. После этого клоп поворачивает все тело в сторону, указываемую антеннами, и направляется к месту свершения «пиратских акций». Другой кровосос — клещ — вооружен лучшим, чем у клопа, термолокатором. Забравшись на кончик листа дерева или куста, он поднимает передние ножки и начинает ими водить в разные стороны. На ножках можно различить округлые образования — это и есть термолокаторы. Они

принимают лучи на расстоянии нескольких метров. Клещ только и ждет, когда теплокровное животное или человек приблизится к нему, чтобы упасть на него и впиться в кожу. Как и клоп, клещ может находить человека на значительном расстоянии, улавливая комплекс полей, испускаемых головой человека. Исследователь паукообразных П. И. Мариковский проделал очень простой опыт. Достаточно было высунуть голову из автомобиля, как клещ на расстоянии нескольких метров обнаруживал человека и начинал двигаться в его сторону. Металлический корпус автомобиля выступал как экран. Поэтому, если убрать голову, клещ терял человека и начинал беспорядочно бегать во все стороны. Появление головы из кабины опять позволяло ему найти верное направление.

В глубинах океана обитает много животных, пользующихся «приборами ночного видения». Последние отблески света в воде гаснут на глубине трехсот метров, а жизнь продолжается и на глубине до десяти тысяч метров. Животные наделены там биолюминесцентными фонариками, другие научились видеть инфракрасный свет, идущий от всех живых существ. Глубоководные кальмары, помимо глаз, по своему строению похожих на человеческие, имеют еще термоскопические глаза, улавливающие инфракрасные лучи. Строение термоскопического глаза сходно с обычным глазом, воспринимающим видимый для нас свет. В нем можно найти и хрусталик, и роговицу, и сетчатку. Только в сетчатке рецепторы приспособлены воспринимать инфракрасные волны, а чтобы обычные световые лучи не мешали рассматривать идущее от живых объектов тепловое излучение, каждый термоскопический глаз снабжен специальным светофильтром, задерживающим все лучи, кроме инфракрасных. Интересно, что термоскопические глаза у кальмара расположены на хвосте. Вращая хвостом, как головой, кальмар рассматривает животных, которыми можно полакомиться, а если вдруг сверху пикирует огромное светящееся бревно — приближается кашалот — надо удирать. Полезно иногда на хвосте иметь глаза, тем более ночного видения.

В своей книге «20 лет в батискафе» (Л., Гидрометеиздат, 1976) известный исследователь подводных глубин Жорж Уо отмечает, что на глубине пяти-шести километров, в океанской пучине, где властвует вечный мрак, он встречал рыб с хорошо развитыми глазами. Они подплывали к иллюминатору батиска-

фа, но никак не реагировали на яркий луч прожектора. Зачем тогда им глаза? А может, и в этом случае глаза видели только инфракрасный свет и всех тех, кто его испускал?

В Америке водятся гремучие змеи, а у нас в Средней Азии щитомордники. Это очень ядовитые змеи. С каждой стороны головы у них видны ямки — большая и маленькая. Одна из них ноздря, а между глазом и ноздрей расположен живой термоллокатор — «лицевая ямка». По этому признаку их и относят к семейству ямкоголовых. Каждая ямка представляет собой полость глубиной шесть миллиметров, открывающуюся наружу отверстием диаметром около трех миллиметров. На дне полости натянута тонкая мембрана (рис. 8). На квадратном миллиметре мембраны можно насчитать до одной тысячи пятисот терморецепторов. По существу, это своеобразный простой глаз — инфракрасная камера обскура. А поскольку поля ямок перекрываются и поступающие в мозг нервные импульсы анализируются как одно целое, то возникает своеобразный эквивалент стереоскопического зрения, позволяющий змее точно определить местонахождение источника тепла. У змеи слабое зрение и обоня-

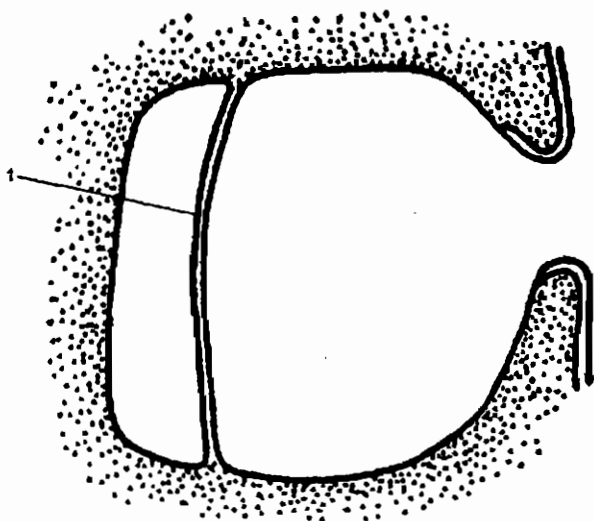


Рис. 8. Увеличенная схема строения термоллокатора — «лицевой ямки» у змеи:
1 — мембрана с рецепторами

ние, а «слышит» она только колебания, передающиеся через почву, поэтому в охоте за мелкими теплокровными зверьками и птицами термолотирующий орган играет важную роль. Зверек может не иметь запаха и не издавать ни одного звука, но он не может не излучать тепло. Поэтому его местонахождение будет точно установлено живым термолотатором змеи. А чувствительность термолотатора змеи очень высока: он реагирует на изменение температуры в $0,002^{\circ}\text{C}$.

Может показаться, что термолотаторы, созданные человеком, лучше и чувствительнее, чем те, что создала природа, — ведь чувствительность их достигает $0,0005^{\circ}\text{C}$. Однако достаточно сравнить размеры творения природы и творения рук человеческих, как становится понятным, насколько искусственный прибор несовершенен. В «железном» термолотаторе зеркало, собирающее тепловые лучи на специальную зачерненную пленку, меняющую сопротивление в зависимости от температуры, достигает в диаметре более метра. В природе этому великану противопоставлены, например, две лицевые ямки на голове змеи, диаметр которых исчисляется миллиметрами. Получается, что «живой прибор» на единицу термолотирующей площади в несколько тысяч раз более чувствителен, чем созданный человеком.

Наконец, среди инфракрасных лотаторов есть «приборы», способные переводить невидимые лучи в видимое изображение с помощью флуоресценции. Такой механизм найден в глазах ночных бабочек. Инфракрасные лучи проходят через сложную оптическую систему и фокусируются на пигменте, который под действием теплового излучения флуоресцирует и переводит инфракрасное изображение в видимый свет. Однако эти видимые образы строятся непосредственно в глазу ночной бабочки. Благодаря способности воспринимать инфракрасное излучение бабочки без труда находят цветы, которые в темные ночи испускают излучение именно в этой области спектра.

Рассмотрим еще один способ регистрации животными невидимых электромагнитных волн — в области рентгеновских лучей. Рентгеновские лучи могут обнаруживать очень немногие животные. Крысы, например, на это способны. Американский исследователь Б. Федер сообщил, что ряд проведенных им экспериментов позволил установить, что крысы обнаруживают в воздухе рентгеновское излучение в двадцать миллирентген,

которое практически безвредно для них. Каким образом? Они «нюхают» высокочастотное электромагнитное поле и по запаху определяют мощность облучения. Вернее, они с помощью обоняния улавливают даже незначительное количество ионов, образовавшихся после воздействия рентгеновских лучей на молекулы воздуха. Видимо, только крысы знают, как пахнет электромагнитное поле.

Самые необычные глаза

Все ли живые существа одинаково воспринимают окружающий мир с помощью зрения? Конечно, нет!

Так, например, плащеносная ящерица, живущая в Австралии, умеющая ходить на задних ногах, раскрывающая свой плащ-капюшон для устрашения и сама до смерти боящаяся людей, несмотря на внушительные размеры (может достигать 1,6 метра), видит мир оранжевым.

Ученые исследовали глаза ящериц и нашли, что они снабжены оранжевыми «очками». В их сетчатке много жировых капель, окрашенных в оранжевый цвет. Следовательно, светофильтры находятся прямо в сетчатке этих живых организмов. Значит, ящерицы видят мир не так, как мы. И не только ящерицы. Многим птицам кажется зеленым то, что мы видим в красном цвете. Рыбы тоже несут различные светофильтры в глазах. Например, терпуг может менять цвет роговицы глаза.

Анализаторы видимых электромагнитных волн у животных могут быть разные по цвету и форме — большие, как блюдца, и маленькие, как бусинки, с круглыми, щелевидными и дугообразными зрачками.

У козы зрачок квадратный, а у некоторых копытных похож на сердце. Зато у летучих рыб зрачок принимает вид щели — в виде полукольца. Все эти приспособления помогают животным наблюдать за окружающей обстановкой. Когда, например, летучая рыба стремительно вырывается из воды, она попадает в мир солнца, зрачок за это время не успел бы сократиться, а щель уже сокращена и через нее удобно наблюдать за состоянием водной поверхности.

В природе встречается рыбка, у которой в каждом глазу по два зрачка: один вверх, другой вниз. Эту рыбу, обитающую в южноамериканских реках, так и называют четырехглазкой. Выставит она половину своего выпученного глаза наружу и смотрит, что над поверхностью воды, а нижняя в это время наблюдает, что делается под водой. Но самое интересное, что и сетчатка каждого глаза разделена на две части. Одна улавливает подводное, другая — надводное изображение. Однако рыбы, как установили ученые, не различают эти два отдельных изображения, а видят общую картину.

Как бы ни был замысловато устроен зрачок, острота зрения зависит от сетчатки, от того, сколько зрительных элементов приходится на единицу ее площади, сколько в ней палочек или колбочек. У человека и некоторых животных в сетчатке есть и палочки и колбочки. Такой глаз способен воспринимать свет и днем и ночью. Те же животные, которые ведут ночной образ жизни, вооружены только палочками. Их глаз не обладает острым зрением, зато при самом слабом свете он может улавливать малейшие движения предметов.

У тех, кто видит только днем, в сетчатке глаза одни колбочки. Таким глазом многое различишь, но при хорошем освещении. Так, некоторые суслики выходят из норы, лишь когда солнце заглянет в их жилище. Среди дневных животных можно найти очень остроглазых. Человек давно заметил, что птицы, особенно хищные, различают самые мельчайшие детали на земле с высоты в триста метров.

Загадка свечения глаз у животных в темноте не так уж сложна. Вообще-то, свечения здесь никакого нет, а дело все в отражении света, попавшего в глаз. У ночных животных на дне глаза есть своеобразное зеркальце. Ученые называют его тапетум. Только зеркальце-тапетум не сплошное, а составлено из мелких серебристых кристаллов. Отраженный от них свет различен и по цвету, и по силе. Все зависит от формы, величины и угла поворота кристаллов. Кошка, например, в спокойном состоянии «гасит» свои глаза, но достаточно поскрести по стене пальцами, привлечь ее внимание — глаза так и вспыхивают. Это на определенный угол повернулись кристаллики зеркальца. Форма кристаллов зеркальца определяется генетически, поэтому цвет свечения глазовой признак. Глаза медведя в сумерках отливают оранжевым цветом, у енота — ярко-желтым,

а глаза тропических лягушек светятся зеленым цветом. Если в быстро надвигающейся южной ночи вспыхнут два рубиново-красных огня у прибрежной воды — это значит, что на вас смотрит аллигатор.

«Зеркальце» встречается и у паукообразных. В пустыне в свете фар автомобиля водители могут увидеть искорки, как бы рассыпанные по барханам, — это светятся глаза фаланг.

А вот у пауков восемь глаз и светятся они разным цветом: крайние глаза — голубым, а средние — желтым. Однажды маленький паучок забежал в поле зрения моего бинокулярного микроскопа. Я надеялся увидеть разноцветное свечение его глаз. Но вместо этого только восемь маленьких фонариков брызнули на меня своим желтоватым цветом, и пришелец тут же скрылся. Если бы это был паук-скакунчик, то в его глазах можно было бы различить голубой и желтый цвета.

В теплый день паук-скакунчик любит охотиться на деревянном заборе. Его глаза обладают удивительным свойством. Крайние глаза, с голубым отблеском, видят не только впереди себя и сбоку, но и сзади. А два средних — настоящие телескопические трубы. Ими скакунчик рассматривает удаленные от него небольшие области, к которым он проявляет особый интерес. Только сам корпус трубы остается на месте, а сетчатка, принимающая изображение, перемещается в ту или иную сторону. Так что, исследуя окружающее, он даже не вращает глазами.

Очень много существует разновидностей глаз, устроенных по типу фотокамеры, но такой тип глаза занимает только шесть процентов у всех видов животных. Большинство же обладает сложными фасеточными глазами — такими, как у насекомых и ракообразных.

Принцип работы сложного глаза следующий: каждый глазок видит свое изображение, но в мозгу животного создается общая объемная картина окружающего мира. Глазки сложного глаза напоминают трубочки, у которых есть своя фокусирующая система, построенная из двух линз, выпуклой роговицы и хрусталика. У стрекозы, отличного охотника, каждый сложный глаз, занимающий почти половину головы, состоит из двадцати восьми тысяч глазков. А у муравья их так мало, что своими глазами он способен лишь отличить свет от тьмы. Однако волноваться за муравья не стоит, другие «живые приборы», которыми

он наделен, помогают ему определять форму предметов в полной темноте, но об этом позже.

Ученые не раз пытались узнать, как видит сложный глаз насекомого или ракообразного. Немецкий физиолог Экснер сфотографировал окно сквозь фасетчатый глаз светляка. На фотографии видны и расплывчатый оконный переплет, и неясные очертания собора, находящегося за окном. Это позволило предположить, насколько неопределенно видят окружающий мир насекомые. Когда же появилась возможность регистрировать с помощью микроэлектродов биотоки, идущие от отдельных клеток, то оказалось, что зрение насекомых куда лучше, чем предполагали ученые. Каждый отдельный глазок различает изображение той или иной части рассматриваемой картины. Правда, пока еще остается загадкой, каким образом эти фрагменты изображения, часто повторяющиеся в нервных клетках насекомого, превращаются в стройную картину окружающего мира. То, что сначала казалось простым, требует еще немало усилий для изучения. Сложные глаза насекомых и ракообразных могут видеть то, что недоступно нашему взору. Во-первых, ультрафиолетовые лучи, а во-вторых, поляризованный свет.

Если выйти на цветущий луг, взору предстает пестрый, разноцветный ковер. Вот стоят красные маки, а для пчел они «ультрафиолетовые». К сожалению, мы никогда не видели и не увидим этих лучей, а поэтому и не можем представить, какие они. Белые цветы пчелы воспринимают как голубовато-зеленые. Зато синие и фиолетовые расцветки для насекомых несут множество оттенков и красок. Ибо как раз синий и фиолетовый тона цветов отражают самое разнообразное количество лучей самой различной длины видимого спектра.

Сложный глаз пчел, раков также видит поляризованный свет. Представьте себе хотя бы на минуту, что мы смогли увидеть поляризованный свет. Тогда небо, вода рек и озер покрылись бы сложным узором. И даже Солнце, закрытое облаками или тучами, можно было бы «видеть», вернее, точно узнавать его местоположение, используя рисунок поляризованных лучей. Словом, Солнце можно было бы использовать для ориентирования при любой погоде.

Мир существ с фасеточными глазами велик и разнообразен. Здесь можно встретить и огромного рака-мечехвоста, достигающего в длину девяноста сантиметров. Древнейший вид рака,

который существует на Земле четыреста двадцать пять миллионов лет, оказывается, может своими сложными глазами увеличивать контрастность видимой им картины. Чтобы изменить контрастность изображения на телевизионном экране, нужна сложная электроника, а у мечехвоста вся его «электроника» скрыта в небольшом фасеточном глазу.

Могло бы насекомое, обладающее сложными глазами, воспринимать телевизионную передачу или смотреть кино? Если человеку показывать десять изображений в секунду, то он еще различит отдельные зрительные образы, а если шестнадцать, то все сольется в непрерывное действие. Больше шестнадцати раз в секунду меняются кадры на телеэкране или экране кинотеатра, и мы наблюдаем непрерывное действие людей и движение предметов. Мухе или пчеле надо двести смен кадров в секунду, чтобы они воспринимали непрерывное движение. Поэтому на наших телеэкранах и киноэкранах насекомые могли бы видеть отдельно меняющиеся картинки. А свет ламп дневного света, зажигающихся и гаснущих пятьдесят раз в секунду, который мы воспринимаем как непрерывный, для насекомых был бы мигающим.

В ходе эволюции животных постепенно отработались «живые приборы» необычайного зрения. Наверное, мало кто слышал о сканирующем глазе, который работает по тому же принципу, что и телевизионная трубка. Сканирующим глазом обладает маленький членистоногий рачок — копия. Большим хрусталиком смотрит на мир этот глаз, а фокусируется изображение с этой линзы не на сетчатку, а в пустое пространство глазной камеры. Изображение улавливается всего-навсего одним светочувствительным рецептором, прикрепленным к тонкому мышечному пучку, который перемещает его в глаз, словно электронный луч в светочувствительной трубке телекамеры.

Другие животные обходятся без хрусталика, и глаз у них напоминает камеру с точечным отверстием. Головоногий моллюск наутилус, родственник осьминога и кальмара, со странными большими глазами и очень маленьким зрачком, как раз использует для своего зрения настоящую камеру-обскуру. У такой камеры-глаза есть большое преимущество: на каком бы расстоянии ни рассматривался предмет, его изображение всегда будет сфокусировано на сетчатке. Жаль только, что через узкое отвер-

ствие зрачка проходит мало световых лучей, поэтому при плохом освещении наutilus многого не различает.

Животные используют почти все известные оптические приспособления. Единственное, чего еще не удалось обнаружить, так это глаза, работающие по принципу вогнутого зеркала. И то у ночных бабочек, о которых уже говорилось, на флуоресцирующий пигмент инфракрасные лучи фокусируются вогнутым тапетумом — кристалликами, составляющими зеркало.

Не менее совершенны глаза человека. Они способны видеть днем и ночью, различать цвета и определять объемность изображения за счет бинокулярного зрения. Каждое из этих свойств может быть сильно развито в необыкновенных глазах животных, зато такие глаза теряют свою универсальность по сравнению с нашими.

Человеческий глаз, приняв на себя многие функции, свойственные глазам отдельных животных, конечно же, не лишен недостатков. Зато какими способностями он обладает! И часто то, что нам кажется обычным, на самом деле должно вызывать восхищение.

Возьмем хотя бы цветное зрение. Только у обезьян оно такое же полное, как у нас. А кошки и собаки воспринимают мир как бы частично подкрашенным. Правда, осьминоги, пчелы, некоторые пауки обладают цветным зрением и достаточно совершенным, но оно сильно отличается от нашего. Совсем другие спектры принимают фоторецепторы их сетчатки, и другие картины предстают перед их глазами.

А диапазон освещенности, который улавливает человеческий глаз? Разве может с ним сравниться самый совершенный фотоаппарат и пусть даже сотни пленок самой различной чувствительности? Нашему глазу и в сумерках, и при ярком солнечном свете помогает справиться с этим сетчатка и вся оптическая система.

Сначала ученые считали, что чувствительность глаза зависит от количества необесцветившегося фотопигмента. Однако все оказалось значительно сложнее.

Американскому исследователю У. Раштону удалось показать, что сетчатка работает как сложная электронная машина с обратной связью. Исследовав глаз человека, ученые установили, что рецептор, освещенный ярким светом и истративший весь зрительный пигмент, не бездействует, а, наоборот, начина-

ет посылать в управляющий центр (зрительную часть мозга) сигналы, которые усиливаются в мозгу и в виде нервных импульсов идут обратно к фоторецепторам, заставляя их посылать новые сигналы. Происходит нервно-световое «замыкание». И несмотря на то что эти несколько минут зрительный пигмент не восстанавливается, человек не прекращает видеть на сильном свете.

Глаза ящериц, как известно, имеют оранжевый светофильтр. Оказывается, в глазу человека хрусталик выполняет не только роль линзы, но и светофильтра. Хрусталик нашего глаза отсекает от видимой части спектра ультрафиолетовые лучи. Не будь у нас его, мы тоже могли бы частично воспринимать мир в ультрафиолетовых лучах. В самом деле, люди, у которых удален хрусталик по поводу катаракты и заменен стеклянными линзами-очками, видят предметы в ультрафиолетовом свете. Они даже читают таблицу для проверки зрения при ультрафиолетовом освещении. Обычно люди при таком свете ничего не видят.

Сейчас многие исследователи считают, что цветное зрение человека включает три типа реакций, каждая из которых отвечает за видение либо желтого, либо синего, либо же красного цвета. Есть даже мнение, что люди не всегда на протяжении своей истории одинаково видели цвета, и аппарат цветного зрения эволюционирует вместе с развитием человека. Древние документы вроде бы подтверждают, что люди на заре своего развития не могли различать коротковолновую часть видимого спектра. Конечно, может оказаться, что Гомер, назвав море в своих произведениях «виноцветным», применил метафору, но если внимательно проследить за всеми лингвистическими примерами, то они убедительно доказывают, что в далеком прошлом люди слабо различали зеленый, синий и голубой цвета. Исследования американского ученого Ж. Молдона показали, что синечувствительные колбочки значительно отличаются от системы желтых и красных колбочек. Это указывает на их независимое и, скорее всего, более позднее развитие.

Существует раздел науки, который занимается психофизикой цветного видения. Испытуемым предлагают выбирать наиболее предпочтительные окраски изображений. Чаще всего называют сине-фиолетовую, чисто-зеленую и оранжево-красную. Желтые, голубые, коричневые, бордовые и другие оттенки

цветов упоминаются очень редко. Если сине-фиолетовая область спектра воспринималась древним человеком слабо, то ему оставалось создавать свои художественные наскальные произведения в зеленом либо оранжево-красном тоне. А поскольку человек хотел выделить свои изображения из окружающей (зеленой) природы, то он предпочитал оранжево-красный цвет.

Ученые выдвигают ряд гипотез, стараясь объяснить феномен сдвига цветного зрения у человека в сторону коротковолновой части спектра. Одна из гипотез, на наш взгляд, очень интересна. Сдвиг в синюю часть спектра связан с изменением силы тяжести на Земле или с переходом в процессе эволюции из одной среды обитания в другую. Может быть, эту гипотезу можно проверить на историческом развитии животных, ведь их эволюция длилась примерно в 1600 раз дольше, чем миллионный период развития человечества. При этом за такой промежуток времени могла меняться сила тяжести на Земле, а животные в процессе эволюции то выходили из водной среды на сушу, то обратно возвращались в водную среду. Каждый такой переход — природный эксперимент по изменению силы тяжести.

Достижения современной науки позволяют ответить на вопрос: как животные видят цвета? У животных на тот или иной цвет можно выработать условный рефлекс. Можно снять электроретинограммы (ЭРГ) с сетчатки. Глаз освещается светом с определенной длиной волны, а с сетчатки микроэлектродами снимаются биотоки. Используя два указанных способа, ученые не только установили, как видят цвета звери, птицы, ящерицы и земноводные, но и исследовали цветное зрение у моллюсков, раков и даже некоторых червей. Особенно усиленно исследуется цветное зрение у насекомых.

Анализируя большое количество фактического материала и учитывая среду обитания животных, можно установить взаимосвязь между силой тяжести и спектром цветоощущения.

Оказалось, что рыбы наиболее активно реагируют на оранжево-красный цвет. Дафнии, тело которых насыщено водой, лучше всего различают красные участки спектра. Сходная картина отмечается у пелагических моллюсков и у других планктонных рачков.

Земноводные, которые первыми переселились на сушу, в процессе эволюции ощутили всю силу земного притяжения.

Проверка цветного зрения у лягушек показала, что они предпочитают всем цветам спектра голубой. Тому же цвету отдают свои пристрастия и вышедшие на сушу виноградные улитки, в то время как их родственники, оставшиеся в воде, лучше видят длинноволновую часть спектра. Голубые и синие цвета для улиток, живущих далеко от водоема, не имеют предохранительного значения, как для лягушек, сидящих около воды. Создается впечатление, что увеличение силы тяжести приводит к сдвигу в сторону коротковолновой части спектра. Но нужно помнить, что это свойство развивается в процессе эволюции и закрепляется генетически, а не появляется при изменении силы тяжести в данный момент.

Как только наземные животные преодолели силу тяжести и появились летающие существа, снова произошел сдвиг в сторону оранжево-красного видения. Птицы, например, используют аэродинамические токи воздуха для создания невесомости. У парящих птиц, морских чаек, крачек, поморников зрение приспособлено к восприятию красного цвета. Опять та же закономерность: с уменьшением силы тяжести цветное восприятие сдвигается в сторону длинноволновой части спектра.

Однако сделанные выводы нельзя считать окончательными, потому что многие факты можно истолковать и по-другому, ведь из всех чувств цветное зрение труднее всего поддается изучению, а выдвинутые предположения иногда не укладываются в схему, связанную с воздействием гравитации на развитие цветного зрения.

Многое еще предстоит изучить в сложнейшем механизме зрения животных и человека и в строении «живых приборов», улавливающих электромагнитные, магнитные и электрические поля, а также звуковые волны.

Загадки биолокации

Биолокация — один из самых интересных и в то же время спорных феноменов. Одна за другой вспыхивают дискуссии вокруг вопроса о возможности человека и животных находить интересующие их объекты на большом расстоянии либо скрытые под водой или землей. В основе биолокации у человека и

различных видов животных могут быть совершенно отличные друг от друга механизмы достижения цели. Общее то, что человек имеет дело со слабыми, но высокоинформативными энергетическими взаимодействиями. Неизвестны человеку пока и живые приборы, принимающие информацию о местонахождении искомого объекта. Однако эксперименты многократно подтверждают, что биолокацией пользуются живые организмы. Самцы бабочки павлиний глаз отыскивают самку на расстоянии более десяти километров. Лососи точно находят родную реку. Термиты знают, где находятся муравьи, враждующие с ними. Во всех этих примерах ученые либо близко подошли к разгадке природы такой биолокации, либо примерно знают, где располагаются живые приборы, принимающие сигналы от передающего объекта. Но есть случаи биолокации, объяснить которые гораздо труднее, например, способность термитов ощущать напряжение древесных волокон в сооружении. Ведь только располагая информацией о всей постройке, можно выдать части, не несущие основной нагрузки. Это самая настоящая биолокация, правда, действующая на не очень большом расстоянии.

Не менее удивительно свойство термитов ориентироваться в пространстве и возводить сооружения без использования зрения. Экспериментальным путем было доказано, что термиты ощущают магнитное поле Земли и электростатическое поле. Они даже могут чувствовать живой организм на расстоянии. Как бы тихо ни приближался человек или животное к термитнику, часовые все равно поднимут тревогу. Видимо, вокруг каждого живого существа находится комплекс различных полей, который ранее называли биологическим полем. Именно эти поля и воспринимаются термитами. Только так мы пока можем предположить, как осуществляется «видение» термитов в темноте и через стены своего жилища.

Многие виды термитов делают свои гнезда из картона. Они скрепляют частицы древесины и земли своими выделениями, словно цементом. Получаются прочные гигиенические стены. Внутри термитника возводятся колонны, своды и арки. При этом опять работает непонятное «подземное видение», которое в этом случае направлено не на живые объекты, а на строительные конструкции. Чем иначе объяснить точную стыковку концов свода арки, произведенную насекомыми в полной темноте? Можно предположить, что термиты, находящиеся на концах ар-

ки, обмениваются информацией с помощью все тех же полей неизвестной природы.

В сырую погоду в лесу много лягушек. Каким образом они добираются до родного водоема? На их пути столько препятствий! Может быть, лягушки ориентируются по Солнцу? Но в дождливую погоду его нет. По запаху в лесу тоже трудно определить дорогу — здесь столько всевозможных запахов. И все-таки лягушки находят свой дом. Весной жабы и лягушки всегда верно выбирают направление к родному водоему, когда приходит время метать икру. Ученые проводили различные эксперименты. Увозили лягушек за несколько километров, закрывали им глаза, нос, но во всех случаях они возвращались в свой водоем.

Объяснить природу локации, которая позволяет лягушкам находить водоем, даже если он осушен и распахан, ученые пока не могут. Однако можно предположить, что эти животные тонко чувствуют «энергетическую» сетку, покрывающую земную поверхность. Наличие на земной поверхности упорядоченных магнитных дорожек в виде спирали уже найдено английским ученым. Интересно отметить, что об этих магнитных аномалиях, улавливаемых только самыми современными магнитометрами, знали древние люди неолитической эпохи. Из камней они выкладывали изображения спиралей в семь витков.

Зимой тюлени, обитающие в полярных морях, не отходят от своих лунок, следят, чтобы не замерзли полыньи, в которых кормятся и скрываются в случае опасности. Ученые решили выяснить, какими же рыбами питаются животные. Провели с вертолетов выборочный отстрел и нашли у каждого тюленя в желудке по несколько больших рыб, которые встречаются только на глубине восемьсот—девятьсот метров.

Получается, что тюлень охотится не за любой рыбой, он «знает», что там, почти на километровой глубине, появилась крупная добыча, которая движется в его сторону. Нужно нырнуть и встретиться с ней под водой. Сделать это надо с опережением, чтобы приблизиться к рыбе именно в тот момент, когда она проплывает мимо лунки,— это типичная биолокация. Как это делает тюлень, откуда он черпает «знания», ученые пока только решают.

У собак описаны не менее удивительные случаи биолокации, когда они находят своего хозяина в другом городе, где сами никогда не были.



Красноглазая квакша-древесница со зрачками, как у кошки, хорошо видит днем и ночью. Без этого она была бы не способна прыгать точно с одного листа дерева на другой и моментально использовать присоски на пальцах. Программу присасывания квакша готовит перед прыжком, определив на глаз форму листа



Эти мохнатые гусеницы из тропического леса с помощью своих щетинок ощущают листья и узнают, какие из них ядовитые или несъедобные



Разнообразие квакш-древолазов в лесах Южной Америки. Их глаза как электронная машина рассчитывают траектории полета насекомых и дают точные топографические характеристики мест присасывания лапками на листьях растительности





Клюв серой цапли — это рыболовный инструмент, даже скользкую рыбу не выпустит. Цапля охотится, используя зрение и рецепторы на клюве, определяющие размеры и направление движения схваченной добычи



Жук-плавунец быстр, силен и способен с помощью обоняния находить добычу, в четыре раза превышающую его размеры (пятисантиметровый жук поймал двадцатисантиметровую рыбу)



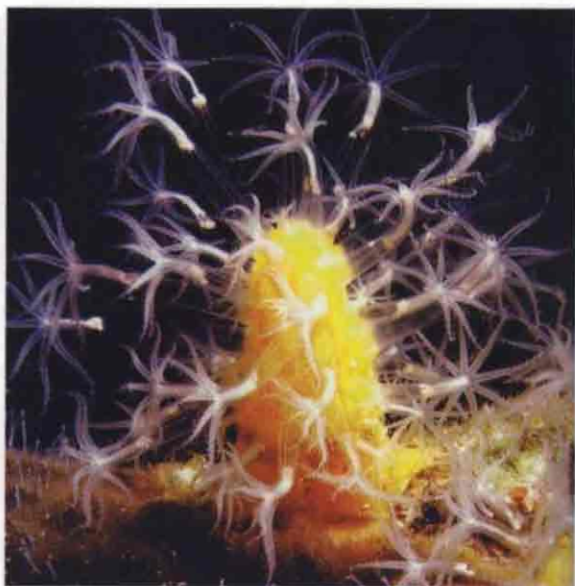
На снимке хорошо видны «защитные устройства живых приборов», — когда бегемот ныряет, он закрывает глаза, уши и ноздри



Истребитель комаров стрекоза вооружена глазами, напоминающими приборы, установленные на самолетах для стрельбы по цели. Наводка действует точно, и насекомое будет схвачено на лету. А сейчас посадка на «аэродроме», дождь — нелетная погода



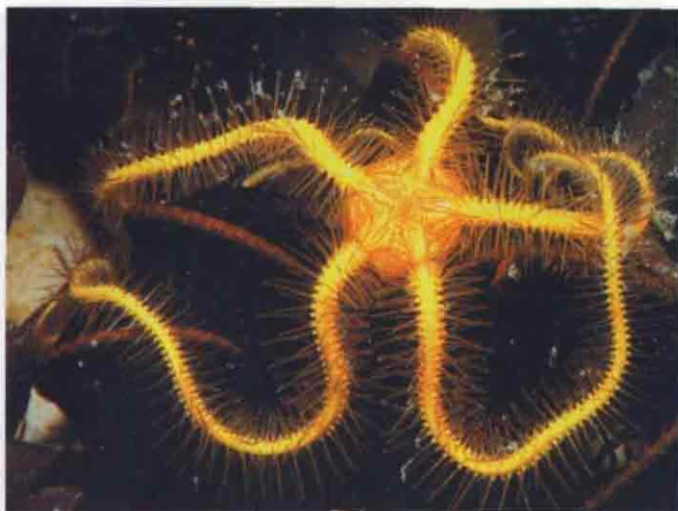
Огненная саламандра рождает детей, способных сразу плавать, и не мечет икру, как ее родственники тритоны. Но главное не в этом, ее органы способны к регенерации, в них записана программа восстановления недостающей части



Сейчас гидроида коралла в спокойном состоянии, но они мгновенно закроются при приближении рыбы, питающейся ими. А «узнают» гидроида врага по частоте колебания воды

Отдельные особи мягкого коралла могут мгновенно передать импульс «опасности» всей колонии и моментально исчезнуть в домике-комочке





Родственница морской звезды офиура или змеезвезда ломкая. Если ее внезапно схватить или испугать, то она отбрасывает лучи, которые тоже ломаются на мелкие кусочки. Ничего страшного, каждый кусочек несет всю программу, как восстановить офиуру, и через пять недель из каждой части возникает змеезвезда прежнего вида



Трубчатые черви с перьевыми жабрами. При строительстве трубки используют кусочки раковин и песчинки, которые склеивают секретом, выделяемым из кожных желез. Они наделены необычным прибором, способным в точности определять форму «кирпичика» дома и укладывать его в нужное место стены футляра



Открытые жабры трубчатых червей. На конце каждого лепестка, в виде светящейся точки, виден анализатор солевого обмена



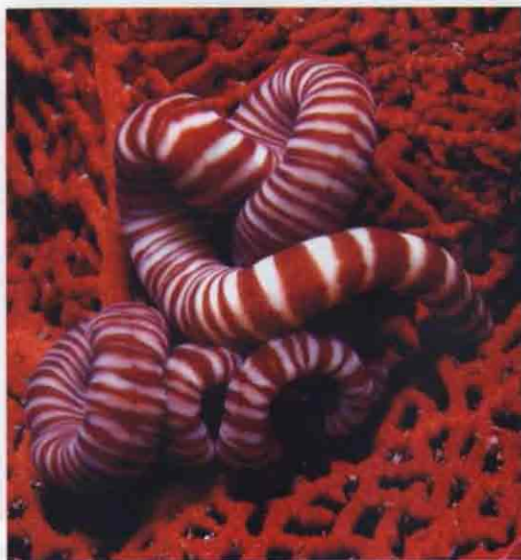
Креветка на рифе. Она способна улавливать электрические потенциалы мышц рыб, которые охотятся на нее



Очень редкий вид оболочников. Его личинки анализируют состав грунта и прикрепляются к тому месту, где ранее жили соплеменники



Коренастый омар, далекий родственник рака-отшельника, может определить самые незначительные колебания магнитных полей



Такие черви, раскрашенные под зебру, имеют индикаторы, позволяющие им повторять расцветку рифа, на котором они находятся



Голожаберный моллюск вооружен магнитным языком, работающим как компас



Хроматофоры у кальмара полностью подчиняются его приказам и позволяют раскрашивать тело так, как это угодно хозяину



Уникальные анализаторы находятся на языке самки африканского крокодила. Самка время от времени выкапывает яйца из своего гнезда, кладет их себе на язык, и сразу узнает, жив ли в них зародыш. Яйца с погибшими эмбрионами отбрасываются в сторону, а живые опять закапываются в песок

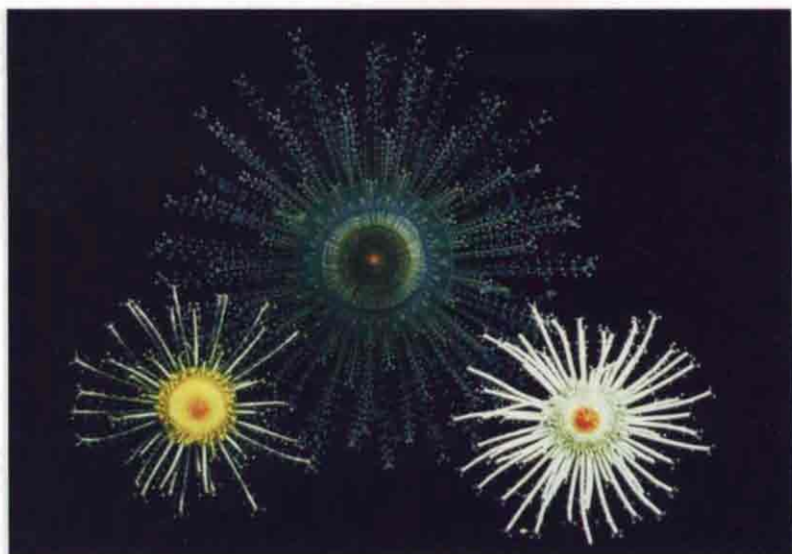




Вот он — наutilus — с глазами, устроенными как камера Обскура, в таких глазах нет хрусталика, и в построении изображения принимает участие только радужная оболочка, регулирующая диаметр зрачка



Так развивается зародыш угря в Саргассовом море. Идет реализация генетической программы под строгим контролем организационного центра



Что это — салют? — Нет, это обмен информацией у светящихся организмов планктона



Морской сигнальщик — голожаберный планктонный моллюск, способный зажигать фонарики на жабрах

С ярко-рыжим псом Мишкой писатель В. Немоляев познакомился в подмосковном Доме творчества. Собака ходила вместе с ним ловить рыбу, следила за поплавками и предупреждала ласом, что начался клев. Непонятно, каким образом Мишка узнавал, что Немоляевы должны быть в Доме творчества, но собака появлялась всегда за два дня до их приезда, хотя месяцами шаталась неизвестно где. Вершиной этих связей, пока еще совсем необъяснимых, было то, что собака отправилась в Москву и через несколько месяцев нашла там полюбившихся ей людей. Пришла к подъезду дома, дождалась, когда жена Немоляева выйдет из дому, и бросилась к ней, чуть не сбив с ног. Радости не было конца. Подобных историй, описанных в газетах и журналах, не счесть.

Лоза, или «волшебная палочка», — простейший из индикаторов, которым люди пользуются уже тысячелетия, отыскивая воду и руду. По мнению некоторых исследователей, этим методом владели древние шумеры, халдеи и вавилоняне. Лоза, конечно, не была волшебной. Она и не поисковый прибор, пусть даже самый примитивный. Это скорее стрелка прибора, сам же прибор — человек.

Время шло, но лозоходцы не забывали о своих способностях. Их практическая помощь была просто необходима при выборе места, где рыть колодец или прокладывать шахту.

Водоискатели с незапамятных времен известны в России. В начале XX века в Москве устроили даже проверку лозоходцам. Одного из них возили по городу и сверяли его показания с планом городской водопроводной сети. Водоискатель, ранее совершенно не знакомый с расположением труб, точно указывал, где они находятся под землей.

В настоящее время границы биолокации значительно расширены. Современные «лозоходцы» не только помогают вести разведку полезных ископаемых, но и работают в архитектурно-исторической, реставрационной и культурно-исторической областях. Они находят скрытые под землей остатки строений, фундаментов, подземные ходы.

В Москве создана межведомственная комиссия при Центральном правлении научно-технического общества радиотехники, электроники и связи имени А. С. Попова, занимающаяся проблемами биолокации.

Мне много раз приходилось наблюдать за работой операторов, проводящих биолокационную съемку. Всегда вызывает удив-

ление то, что два совершенно незнакомых человека, в разное время исследующие одну и ту же местность, часто указывают на одинаковые точки. Это уже в какой-то мере может рассеять недоверие к биолокации. Всюду вопрос до настоящего времени остается спорным, механизм биолокации окончательно не объяснен. Пока мы строим гипотезы, проводим различные эксперименты, чтобы раскрыть тайну биолокации, этот метод уже достаточно широко используется на практике.

Операторы с успехом отыскивают не только воду, но и нерудные месторождения полезных ископаемых, например гипс. Важную помощь они оказывают градостроителям, указывая с помощью биолокации, где находятся подземные карстовые пустоты. Если на таком месте будет построено здание, оно может рухнуть. Поиск карстовых пустот обычным методом — очень дорогостоящее мероприятие.

Возникнет вопрос: а где взять столько операторов-биолокаторщиков? Оказывается, значительная часть людей может освоить методы биолокации. Примерно у восьмидесяти человек из ста, впервые взявших рамку в руки, проявляется эффект ее вращения в местах с искомым объектом. Но это только проявление эффекта. Чтобы стать хорошим оператором, нужно много тренироваться, развивать свою чувствительность.

Натренированный человек с рамкой может найти многое: наметить границы места залегания руды, найти развалины древнего города, обнаружить водную жилу, отыскать захоронения золотых, серебряных и медных монет и, наконец, просто отметить, где находится пустота, а по активности реакции рамки можно определить глубину залегания. Предельная глубина определения «объектов» может превышать семьсот метров.

Сейчас установлено, что можно и под водой искать объекты с помощью биолокации. Именно такие опыты проведены А. И. Плужниковым. Опыты заключались в том, что оператора поместили на небольшое суденышко, которое восемь суток двигалось по определенным направлениям на ограниченном участке моря. В результате такой работы была составлена «биолокационная» карта, которую сверили с геофизической. Они оказались идентичными. Но Плужникову принадлежит и другой не менее интересный эксперимент по биолокации плавающих объектов.

Можно ли рассмотреть судно, находящееся, предположим, в сорока километрах от наблюдателя? Нет. А проводя с помо-

шью рамок биолокацию горизонта, можно указать направление, где находится это судно. Результаты опыта были подтверждены показаниями радиолокатора, и А. И. Плужников считает, что биолокация надводных объектов может иметь большое практическое значение. Во-первых, это позволит разыскивать потерявшиеся буи, пустые цистерны, промысловое оборудование. Во-вторых, биолокацию можно применить для промысловой разведки, выявлять скопления рыб и морских животных. Наконец, этот метод даст возможность устанавливать местонахождение потерпевших кораблекрушение.

Почему же все-таки рамка или лоза вращаются в руках у оператора? Сейчас можно с уверенностью сказать, что рамку движет человек. Это идиомоторная реакция человека. Мышцы руки произвольно, даже незаметно для самого оператора сокращаются в ответ на бессознательный анализ окружающих человека полей и их изменение при движении в пространстве. Лучше даже сказать: улавливается не само поле, а его изменения и аномалии.

В этом феномене нет ничего мистического, он вполне материален. Экспериментаторы подключали к мышцам оператора, идущего с рамкой, миограф и отмечали, что сначала сокращаются мышцы, а вслед за этим изменяет свое положение рамка. С другой стороны, проверка чувствительными приборами показывает, что над водоемом — наземным или подземным, около деревьев, а также над различными залеганиями под землей и пустотами напряженность электрического поля падает. Видимо, сам того не осознавая, человек улавливает эти отклонения полей.

Профессор Парижского университета Ж. Рокар считает, что в основе эффекта биолокации лежит способность человека подсознательно реагировать на отдельные нарушения магнитного поля, которые производят электромагнитную индукцию, и появление электрического напряжения, непосредственно действующего на нервные клетки и дающего чувствительную информацию.

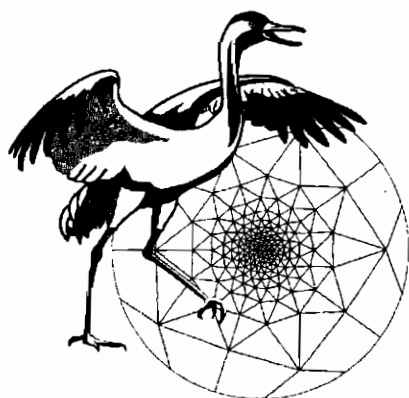
Но какие бы гипотезы ни строились, для научных доказательств нужны экспериментальные проверки влияния магнитных, электрических, гравитационных и других полей на биолокационный эффект. Необходимо также изучить психологические и психические реакции оператора во время проведе-

ния биолокации. Пока ясно только одно: рамка или лоза выступает как стрелка биоприбора — человека, позволяющая сосредоточить на ней подсознательный анализ полей.

Мне приходилось наблюдать операторов, которые для биолокации не используют никаких рамок. А у некоторых моряков с врожденной повышенной чувствительностью развиваются способности поиска потерпевших кораблекрушение без использования биоиндикаторов.

Будем надеяться, что ученые скоро основательно разберутся в загадочном механизме биолокации — одном из самых интересных эффектов, присущих как человеку, так и животным.

Глава шестая



«Живые приборы» времени

Часы внутри нас

Большинство живых существ — люди, животные, растения — обладают «приборами времени», позволяющими им измерять прошедшие промежутки их жизни. Однако с «живыми часами» связаны также и физиологические функции, которыми во многих случаях биологические часы «руководят» без нашего ведома. Только некоторые отдаленные ощущения говорят о неустанной работе приборов времени в нашем организме.

Что-то непонятное, странное происходило с подопытными насекомыми и животными в одной из экспериментальных лабораторий, занимающейся изучением биологических часов.

Все тараканы ползли за едой, а подопытный засыпал. Все засыпали, а наш подопытный бежал есть. Вернее, таракан делал все то же, что и другие, только с отставанием на полсуток.

Подопытные куры и петухи вели себя тоже странно. Спали днем, а когда их собратья садились на насесты, просыпались и бежали клевать зерно. А петухи еще петь к вечеру начинали так, как на заре.

Что же произошло? В данном случае ученые просто «подвели стрелки» живых часов у животных. Это наиболее простой способ воздействия на время, текущее в клетках организма. «Часы» на некоторое время останавливают, а затем включают. Как экспериментаторы это делают — разберем несколько позднее.

Для значительной части животных и растений биологические ритмы задаются циклическими изменениями факторов окружающей среды. К таким очевидным факторам можно отнести суточные, лунно-приливные, лунные и годовые циклы. По этим вехам живые организмы проверяют свои собственные ритмы или внутренние колеблющиеся системы. Поэтому для многих обитателей суши и воды циферблатом служит огромное небо, а стрелками — солнечный луч.

Заглянем в маленький мирок, кишаший жизнью, — небольшой пруд. Сколько здесь низших рачков — дафний! Сначала может показаться, что каждая крошка беспорядочно сует в воде.

На самом деле все предопределено, и каждый организм в пруду ориентируется как у себя дома. Все дафнии собраны в одно облачко-стадо, а поляризованные солнечные лучи четко расчерчивают толщу воды. Человеческий глаз не может отличить поляризованный свет от неполяризованного, поэтому ему кажется, что лучи света просто освещают толщу воды. Но ведь помимо порядка, вносимого в подводный мир лучом, поляризованный свет, который видят дафнии, выступает как часовые стрелки. Свет поляризуется в воде и сложным глазом дафнии. Если даже Солнце закрыто облаками, дафнии все равно определяют время по плоскостям поляризации света.

Пчелы также способны видеть поляризованные лучи. Им только надо увидеть кусочек неба в щель или леток улья, чтобы определить, где находится на небе Солнце и который час. Безошибочно чувствуют время козы, собаки, кошки и другие животные. Кому неизвестно, что собаки встречают точно в определенный час хозяина, возвращающегося с работы?

У меня была кошка Зорька, с точностью до минуты знающая приход с работы каждого члена семьи. Ежедневно в пять, без четверти шесть и в половине седьмого вечера садилась она в ожидании у двери, а встретив одного из нас, успокаивалась до прихода следующего члена семьи.

Человеку почти не приходится пользоваться собственными биологическими часами. Но бывают ситуации, когда никаких часов, кроме биологических, у человека нет, а что-то нужно сделать в определенное время. Например, проснуться в заданный час, когда нет будильника и разбудить некому. И он просыпается вовремя.

Растения определяют время не хуже животных. Одноклеточные водоросли, например, светятся только перед заходом Солнца. А высшие растения в строго определенный час закрывают или открывают лепестки своих цветков. Начинается утро, и заработали цветочные часы. В четыре-пять часов утра распускаются цветки цикория, мака и шиповника, в семь часов распускается салат, в девять-десять часов — цветки мать-и-мачехи, а вечером начинают распускаться цветки ночных растений: в двадцать часов — душистого табака, в двадцать один час — ночной фиалки, а ряд растений только ночью раскрывает лепестки своих цветков. Другие виды растений выделяют запах или нектар в строго определенные часы, и пчелы об этом очень хорошо знают.

Теперь самый интересный вопрос: как же устроены живые часы и в каком органе они расположены?

Ученые не установили еще в организме структур, которые ответственны за жизненные ритмы, и тем более молекулярных изначальных структур, задающих первичные колебания в биологических часах. Есть только ряд гипотез, объясняющих устройство датчика времени. Суть одной из них сводится к следующему.

Механизм биологических часов невозможно рассмотреть ни в какой микроскоп, потому что «маятником» их может служить молекула белка. Такой маятник колеблется очень часто. Если бы удалось увеличить его через микроскоп до такой степени, чтобы молекула белка была видна, то, кроме ее расплывчатого контура, мы ничего бы не увидели. Молекула похожа на звучащую струну. В каждой клетке колеблется не один, а миллионы мельчайших маятников-молекул.

Однако колебания белковых молекул-маятников не надо путать с тепловым колебанием. Колебания, дающие ритм времени, связаны в основном с движением скручивания и раскручивания белковых молекул. Огромные белковые молекулы в живых клетках по своему строению напоминают сложные пружины, которые раскручиваются и скручиваются в определенном ритме. Каждая цепочка, из которой состоит белковая пружина, несет на себе электрические заряды. Достаточно растянуть пружины, как эти заряды начнут вращаться, создавая магнитное поле с определенным расположением полюсов. А отпустишь ее — она сожмется, заряды и полюсы магнитного поля вернутся в исходное положение. Таким образом, уже при сжатии и растяжении белковой молекулы возникает переменное магнитное поле. Значит, если бы около такой пружины был постоянный магнит, он способствовал бы ее ритмическим колебаниям. Но ведь такие магниты в живой клетке есть! Это — атомы металлов, включенные в состав самой белковой молекулы, вернее, в особый центр. У них сильное постоянное магнитное поле. Вполне возможно, что комплекс белковых молекул, а может быть, специальные молекулы — хронодатчики переводят беспорядочные тепловые колебания в резонансные. Ведь такую белковую молекулу можно рассматривать как своеобразный колебательный контур, настроенный на определенную частоту.

Существует и другая точка зрения на молекулярный механизм биологических часов. Ее придерживается, например,

Чарлз Эрет, окончивший Парижский университет, но долгое время работающий после этого в Аргонской лаборатории при Комиссии по атомной энергии США. Эрет разработал концепцию «хронона», соответственно которой первичным маятником биологических часов служат ДНК, информационная РНК и связанные с ними реакции белкового синтеза. Последовательность этих реакций играет роль датчика ритмов в точном механизме отсчета времени, который в очень большом диапазоне не зависит от температуры.

Ни одной из высказанных точек зрения нельзя отдать предпочтения, пока экспериментально не будет выявлен источник первичных временных импульсов. Где он находится — в ядре или в цитоплазме клетки?

Группа американских ученых — Суини, Хэкео и Рихтер — решили проверить это на крупной водоросли ацетобулярии величиной до двух—четырех сантиметров, похожей на маленький зонтик. Всего одна клетка и ядро в ризоиде, которым водоросль прикреплена к субстрату; отрезал микроскальпелем ризоид — и клетка оказывается без ядра. Когда ядро у ацетобулярии удалили, то оказалось, что одна протоплазма способна поддерживать циркадный (околосуточный) ритм фотосинтеза в течение тридцати циклов. Так где же работают биологические часы — в протоплазме или в ядре? Ученые попробовали создать «синтетическую клетку», у которой ритм ядра и цитоплазмы расходился бы по фазе на двенадцать часов. Из живой клетки удалили собственное ядро, а посадили другое, работающее по своим часам. Прошло немного времени, и клетка начала жить по ритму ядра, следовательно, оно определяет ход биологических часов. Другое дело, какие молекулы задают первичный ритм — белки или нуклеиновые кислоты? Ответа на этот вопрос пока нет.

Нет пока еще единого мнения среди ученых относительно механизма, управляющего ходом биологических часов. Большинство ученых считают, что ходом биологических часов управляют механизмы, заложенные в самих живых клетках, а вот, по мнению американского профессора Ф. Брауна, наоборот, регуляторами биологического времени служат космическое излучение, магнитное поле Земли и само движение в космическом пространстве Солнца, Земли и Луны. Опыты свои он проводил в полной темноте на кусочках картофеля, вырезанных с глазком, и показал, что дыхание этих кусочков зависит и меняется

главным образом от вышеперечисленных внешних факторов. Однако вернемся к нашим внутренним часам, ведь мы разобрали только, как работает их «маятник».

Как и у настоящих часов, где стрелки медленно ползут по циферблату, в часах, заключенных внутри нас, есть механизмы, выполняющие роль стрелок. Только в живых часах не три стрелки (если принимать во внимание и секундную), а значительно больше. Они показывают часовые, суточные, месячные, годовые ритмы, возможно, даже жизненные. А на уровне отдельных клеток минимальные временные ритмы, возможно, укорачиваются до тысячных долей секунды.

Как же эти короткие временные ритмы передаются дальше? Где же в биологических часах второе «колесико»? Его уже можно рассмотреть в микроскоп, оно не так мало, как «маятник» живых часов. Роль этого колесика, по-видимому, выполняет ядро клетки. Но у науки пока еще нет ответа, каким образом высокочастотные ритмы молекул-«маятников» переводятся ядром в циркадные, то есть околосуточные ритмы.

Часовым механизмом в ядре служит не генетический материал, а скорее всего ядерная оболочка. Когда исследователи хотели посмотреть, как работают часы у бактерий, они ничего не обнаружили. Никаких циркадных ритмов у бактерий не найдено. Вот тут-то биологи задумались: чем же отличаются бактерии от других организмов? Ответ как бы напрашивался сам собой — у бактерий нет оформленного ядра. Ядерный материал есть, но он не заключен в оболочку. Это, по существу, часы без стрелок.

Много еще в организме есть непонятных колеблющихся систем, о которых почти ничего не известно. Например, нейроны головного мозга окружены звездчатыми клетками, их называют астроглия. Так вот, эти клетки совершают одно колебание в четыре минуты. Зачем такой ритм, что он отмеряет, может быть, это маятник месячных, сезонных или годовых часов? Пока неизвестно.

О сезонных часах мы тоже почти ничего не знаем, кроме того, что они могут включать и выключать на определенный сезон работу отдельных генов. Так, всем хорошо известно, что многие животные впадают в зимнюю спячку. Когда биологи посмотрели, что же происходит в организме спящих животных, то оказалось, что многие функции у них, вплоть до клеточных,

выключены. Спит организм, и спят его клетки. Причем как спят! Ничем не разбудить. Вот возьмем, например, лягушку. Каждую зиму она, зарывшись в ил какого-нибудь пруда, переживает тяжелые студеные времена. В это время ее клетки не делятся — они отключены. Проследим это на клетках хрусталика глаза. Переднюю часть линзы глаза покрывает тонкая пленочка, на которой расположен только один слой клеток. Если этот монослой снять, то можно, как в кожице лука, наблюдать за клетками и их делением.

Перейдем к эксперименту. Попробуем разбудить лягушку зимой. Лягушка хочет спать, постоянно опускается в воду. Но мы ее освещаем, переводим в теплое помещение, не даем ей спать. Через некоторое время лягушка просыпается. Сидит, смотрит, даже может тихо квакать, но что происходит с ее клетками? При рассматривании клеток под микроскопом обнаруживаем, что они спят. И будут спать до весны, пока их не включат сезонные часы и они не начнут делиться.

Да что там говорить о животных! Люди, создавшие вокруг себя искусственный микроклимат в зимнее время, не утратили полностью ни сезонные, ни суточные ритмы. Можно даже сказать — человек находится во власти суточных ритмов. Более сорока физиологических процессов зависит у нас от биологических часов.

На протяжении суток у человека меняется температура. Самым «горячим» он бывает в восемнадцать часов, а самым «холодным» — между четырьмя и пятью часами. Колебания температуры составляют у разных людей от 0,6 до 1,3 °C. Примерно в том же ритме меняется у человека частота сердечных сокращений и кровяное давление, но в тринадцать часов и в двадцать один час оно наиболее низкое.

Известно, что анализ крови делают утром. И это потому, что именно в эти часы кровоток наполняется молодыми эритроцитами, в крови максимум гемоглобина и сахара.

Даже физические нагрузки человек по-разному переносит в течение суток. Самым «сильным» человек бывает с восьми часов. И сохраняет физическую активность до двенадцати дня, затем следует перерыв, когда человек как бы слабеет, — с двенадцати до четырнадцати часов, а затем с четырнадцати до семнадцати часов к нему приходит новый прилив сил. Ночью — от двух до пяти часов — человек наиболее «слаб».

Ученым еще много предстоит работать, чтобы познать биологические ритмы у человека и животных, но некоторые уже задумываются над тем, как их изменить.

Человек учится концентрировать и удлинять биологическое время

У некоторых индийских фокусников есть удивительный номер. Они берут зернышко лимонного дерева, сажают его в землю, и на глазах у изумленной публики вырастает дерево. Затем на дереве появляется зеленый плод, он желтеет. В естественных условиях для этого необходимо несколько лет, на сцене происходит за считанные минуты.

Интересно, а нашли ли биологи концентраторы и ингибиторы времени для живых организмов? Ведь пока мы знаем одно — биологические часы очень трудно разладить колебаниями температуры, только сильное охлаждение может их остановить. Успехи управления живыми часами пока невелики. У некоторых животных можно «подвести» стрелки биологических часов. Вспомним таракана, который делает все не так, как его сородичи, таракана охладили на двенадцать часов, а затем содержали при нормальной температуре. Его живые часы опять пошли, но стали отставать на полсутки, поэтому он ведет себя необычно в тараканьей семье — все делает с опозданием на двенадцать часов. Можно у того же таракана совсем разладить биологические часы. Достаточно его поместить в условия непрерывного освещения, и он забудет о суточной ритмике, хотя внутренние маятники его часов будут работать.

А вот еще интересный опыт. На этот раз с мелкими лабораторными мушками дрозофилами, вернее, с их развитием. Эти мушки из куколок выходят в предутренние часы, так сказать, с появлением первого солнечного луча. Часы своего развития дрозофилы сверяют с солнечными часами. Попробуем теперь поместить дрозофил в полную темноту. Часы, следящие за развитием, разлаживаются. Мухи начинают выходить из куколок в любое время суток. Однако достаточно секундной вспышки света, чтобы развитие синхронизировать. Вспышку света можно уменьшить даже до 0,005 секунды, и все равно синхронизи-

рующее действие проявится. После этого развитие идет синхронно, и выклев мушек из куколок происходит одновременно.

Только резкое охлаждение — до 0°C и ниже — влечет за собой остановку живых часов. Но это только остановка, стоит отогреть организм, как часы снова пойдут и будут отставать ровно на столько часов, на сколько их остановили. У птиц и млекопитающих, имеющих постоянную температуру тела, часы в норме идут почти в одинаковом темпе. А как быть рыбам, лягушкам и ящерицам — ведь у них не постоянная температура тела, а такая, как во внешней среде? Оказывается, и у этих существ, несмотря на резкие колебания температуры тела, часы идут с одинаковой скоростью.

Неужели только резкие охлаждения и вспышки света могут изменить ход биологических часов? Совсем нет. Существует целый ряд химических веществ, способных влиять на ход живых часов. Ученые установили, что вещества, задерживающие образование информационной РНК, например антибиотик актиномицин-Д, влияют на ритмику фотосинтеза у водорослей. Спирт явно замедляет биологические часы, иногда суточные ритмы под его влиянием сдвигаются на пять часов. Сходно действуют папаверин и наркотин, правда, замедление ритмов от этих веществ не столь велико, как от спирта.

До этого разбирались только возможности остановки биологических часов либо замедление их работы химическими веществами. А делали ли биологи обратный эксперимент — ускоряли биологическое время или концентрировали его? Может быть, сама природа уже поставила такой эксперимент, и существуют организмы, у которых сконцентрировано время?

Вот коловратка, микроскопическое, но многоклеточное существо. Некоторые виды коловраток живут всего одну неделю. За эту неделю у них проходит вся жизнь. Коловратка выводится из яйца, растет и старится, к старости у нее ухудшается зрение, на теле появляются морщины, откладывается жир, а быстрое плавание сменяется неторопливым ползанием. Все признаки старения, а ведь вся жизнь прошла за несколько дней. Коловратки микроскопически малы, размером в десятки микронов, но зато у них есть почти все органы, характерные для многоклеточных животных. Правда, каждый орган состоит всего из нескольких клеток. Глаз, например, из двух клеток: одна клетка — хрусталик, другая — сетчатка.

С какой же скоростью протекают жизненные процессы у коловратки — как у человека или в три тысячи раз быстрее? Именно на эту величину и отличается продолжительность жизни. Не исключено, что время у коловратки сконцентрировано по отношению к нам, людям.

Так как же можно сконцентрировать биологическое время, переместиться в микроскопический мир коловратки с его быстротечностью или же во много раз усилить биоритмику, заставить клетки делиться быстрее обычного, но соблюдать при этом общую организацию организма?

Экспериментатору, какой бы прибор в его руках ни был, надо стремиться как можно меньше вмешиваться в живую систему и вводить в нее те или другие датчики. Если ввести в клетку электрод или просто приложить его к поверхности, то сигналы о биоритмах будут поступать не от нормальной, а от поврежденной клетки. Прав был Мефистофель у Гёте, высказавший мысль о заколдованном круге в изучении живого:

«Чтобы живое изучить, его сначала убивают, потом на части разрезают, но связь жизненной, увы, там не открыть».

Сама природа дала исследователю прибор, который позволяет следить за временем, протекающим в живой клетке, не внедряясь внутрь ее и сильно не нарушая взаимосвязи с другими структурами. Прибор этот — процесс деления самой клетки, или митоз. Он позволяет следить за жизненным циклом клетки, касаясь ее только световым лучом. Воздействие, конечно, есть, но оно минимально по сравнению с другими методами. Давайте посмотрим, как идет деление клетки у млекопитающих с самого начала развития.

На первый взгляд кажется несколько странным, что слон, человек, мышь и другие млекопитающие, так сильно различающиеся по размерам и по продолжительности жизни, первые шаги на жизненном пути проделывают с одинаковой скоростью.

У всех развитие начинается с одной клетки. Вот и сравним, как оно идет у слона и мыши. Слон живет около шестидесяти лет, а мышь — два-три года. Эмбриональное развитие у мыши составляет двадцать один день, а у слона жизнь до рождения длится шестьсот шестьдесят дней, почти два года. Первые стадии развития у них начинаются с одинаковой скоростью, а как по-разному заканчиваются: слоненок только рождается, а мышь к этому времени прожила почти всю свою жизнь. Может пока-

заться, что биологическое время у мыши бежит быстрее, чем у слона, быстрее начинается деление клеток и развитие заканчивается раньше. Оказывается, это не так. И мышенок, и слоненок, если их на этой стадии можно так назвать, первые семь дней развиваются без связи с материнским организмом через плаценту, и скорость клеточных делений при этом у них одинаковая. Но для слона семь дней развития из шестисот шестидесяти дней почти ничего не значат, а для мыши — это треть всего развития в организме матери. Как надо сконцентрировать время, чтобы за оставшиеся две недели сформировался мышенок, способный жить самостоятельно, вне организма матери? Почему же в первую неделю развития биологическое время у зародышей мыши и слона идет с одинаковой скоростью?

Ученые выяснили этот вопрос. Оказалось, что в этот период у всех зародышей млекопитающих, за некоторым исключением, куда, возможно, попадает человек, биологические часы работают без генной регуляции. Настрой ритмам задают механизмы, полученные еще во время созревания яйцеклетки, а новая программа, сложившаяся после оплодотворения, молчит. Чтобы убедиться в этом, генетики и эмбриологи ставили различные опыты: ядро, где сосредоточен генетический аппарат, выжигали лазерным лучом, облучали смертельными дозами рентгеновских лучей или просто удаляли микрохирургическими инструментами. Однако деление оплодотворенной яйцеклетки не прекращалось и продолжалось до тех пор, пока «завод», полученный еще до слияния со сперматозоидом, не кончался. Но такой зародыш без ядер мог дать только массу клеток. Нужно было набрать эту массу клеток, из которых придется строить органы, а на эту операцию отводилось как бы сконцентрированное время. Операция проста — дробление или деление клеток, и на нее расходуется весь «завод» пружины биологических часов.

Как только начинается органогенез (строительство органов), то снова заводится пружина биологических часов. Но теперь каждый «завод» делается с осторожностью и не до конца. Вся работа живых часов идет под контролем генетического аппарата. Чем сложнее становится организм по мере развития, тем с большей четкостью гены выдают информацию, следуя строгой временной программе развития. Организм начинает доводить над клеточным временем и регулировать его. Для этой

цели используются и нервная система, и гормоны. Биологическое время при такой сложнейшей регуляции все более и более замедляется и становится минимальным к моменту рождения.

Такое же замедление биологического времени по мере развития можно отметить и у других классов животных. Мне не раз приходилось делать микрохирургические операции на эмбрионах амфибий, и всякий раз в поле зрения возникает картина, поражающая воображение. Получается картина, сходная с тем, что была у факира, выращивающего лимонное дерево. У эмбриона, биологические часы которого еще слабо сдерживаются генетическим аппаратом и гормональными влияниями, раны зарастают прямо на глазах, поврежденная кожа тут же принимает прежний вид. Биологическое время на ранних стадиях развития по отношению к взрослому состоянию сконцентрировано.

А можно ли снять тормоз времени у взрослого организма и заставить его жить быстрее? Может быть, есть такие вещества, которые концентрируют биологическое время?

Вся опасность в этом случае заключается в нарушении биологических часов. Ускорение обмена веществ и деление клеток должны быть гармоничными по отношению ко всему организму, нельзя, чтобы какая-то часть или орган обгоняли по ритмике остальные части организма. Что получается при разлаживании живых часов — обсудим позже.

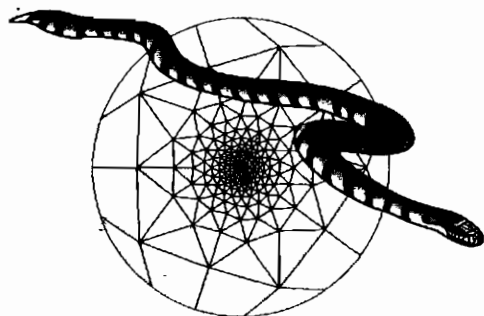
Существуют способы, позволяющие ускорить обмен веществ и ритмику внутриклеточных систем за счет использования резервов, которые клетки сохраняют на случай опасности. Значит, если дать сигнал опасности, то клетки частично снимут временной тормоз и колебательные процессы в организме пойдут с большей скоростью. Для этого необходимо воздействовать на те гены, которые регулируют скорость химических взаимодействий огромных биомолекул внутри клетки.

Как же можно подать клетке сигнал опасности? В процессе эволюции в клетках выработался механизм, воспринимающий продукты распада, которые получают от страдающих по соседству клеток как сигнал опасности. Обычно молекулы, сигнализирующие об опасности, однотипны у разных организмов. Они образуются из биомолекул, в первую очередь распадающихся при вредном для организма воздействии. Получив сигнал опасности, биологические часы частично освобождают

клетки от генной и гормональной опеки, и клеточные деления увеличиваются как у растений, так и у животных. Вот почему листья алоэ, находящиеся в холодильнике при 4°C, содержат вещества, способные ускорить клеточные деления и обмен веществ у других организмов. Такие вещества, вырабатываемые в тканях животных и растений, подвергнутых неблагоприятному воздействию, называли биогенными стимуляторами.

Возможно, что в скором времени управление биологическими часами в живых клетках приобретет важное практическое значение. Английская исследовательница Жаннет Харкер провела интересные опыты. Охлаждением она разлаживала биологические часы у тараканов: держала их в холодильнике двенадцать часов. Биологические часы таких тараканов отличались от биологических часов контрольных тараканов тоже на двенадцать часов. Далее Жаннет Харкер сделала сложнейшую микрохирургическую операцию — пересадила подглоточный ганглий (часть мозга таракана), ведающий скоростью живых часов, контрольному таракану. У этого таракана стало два центра, управляющих биологическим временем, но их работа различалась на двенадцать часов. Таракан совсем был сбит с толку, он не мог определить ночь и день, принимался есть, тут же засыпал, но через некоторое время другой ганглий будил его. В результате в кишечнике таракана развилась опухоль, от которой он погиб. Повторные опыты приводили к тем же результатам — разлаживание биологических часов приводило к развитию злокачественных опухолей. Можно ли распространить сделанный вывод на высших животных и человека? Конечно, нет. Нужны тщательные исследования этого вопроса.

Глава седьмая



Живая клетка как прибор

Микроскопические приемники и передатчики информации

В микромире действуют свои законы. До этого разговор шел о живых организмах, которые вооружены многоклеточными живыми приборами и мозгом, контролирующим и принимающим информацию от этих приборов. А теперь заглянем в межклеточные взаимоотношения, о которых наш мозг часто ничего и не знает или же не вмешивается в отношения между микроскопическими одноклеточными существами, у которых все живые приборы — это части клеток.

Живые клетки очень подвижны, они делятся, перемещаются, а самое главное — узнают друг друга; причем узнают не только при непосредственном контакте, но и на расстоянии. И это не все. Иногда живым клеткам приходится поддерживать контакт через толстые клеточные пласты — речь идет о дистанционной связи. Трудно даже вообразить, насколько обособленной должна быть такая связь: ведь все клетки, находящиеся между приемником и передатчиком, сами «разговаривают» между собой. Поскольку природа их связи очень близка, здесь между приемником и передатчиком слышатся уже не отдельные «радиопомехи», а сплошной гул сливающихся голосов. И все же и приемник, и передатчик выделяют из этого гула необходимые им сигналы, информация передается, несмотря ни на какие помехи. Ни один созданный человеком приемник не мог бы работать в таких условиях.

А как доказать, что клетки связываются друг с другом и что связь на расстоянии очень надежна? Поместить внутрь клеток какие-то приборы, как уже отмечалось, не представляется возможным. Однако ученые нашли способы раскрытия сокровенных тайн межклеточных связей. Помогли таксисы — сложные процессы ориентации живых клеток под влиянием химических веществ и полей различной природы. Таксис можно сравнить с наведением ракеты на цель, но только самоуправляемой,

сходной с той, которая имеет аппаратуру наведения на инфракрасные лучи. Клетка принимает сигнал и движется навстречу передатчику и стыкуется с ним. Бывает наоборот: клетка движется от передатчика и старается избежать его. Если таксис положительный, то приемник должен найти передатчик, и куда бы ни отклонялся в определенных пределах передатчик, он будет найден клеткой, стремящейся к нему. При перемещении передатчика происходит корректировка траектории, принимающей сигналы клетки, как и в случае с самонаводящейся ракетой.

Существует много различных видов связи, один из них — хемотаксис — химическая ориентация живых клеток в пространстве. Он осуществляется с помощью хеморецепторов, расположенных прямо на самой клетке. Лучше всего хемотаксис наблюдать на одноклеточных организмах — инфузориях и амебах. Очень интересно, как они убегают от одних химических веществ и движутся к другим, переходят из низкой концентрации в высокую или наоборот. Подобные «крупные» клетки помогают нам представить себе, как и в нашем организме движутся, используя хемотаксис, различные макрофаги, нейтрофилы, базофилы, моноциты и лимфоциты, то есть клетки, относящиеся к белой крови, призванные защищать организм от непрошенных вселенцев.

Исследования показывают, что хеморецепторы очень чувствительны к изменению химического состава вещества вокруг клетки. Часто они ощущают буквально считанные ионы, присутствующие в водной среде или в крови.

Кто бывал на море ночью, тот мог видеть слабый мерцающий свет. Это светятся одноклеточные организмы — ночесветки. Стоит только стукнуть веслом по воде, как свечение становится значительно интенсивнее, вода в этом месте вспыхивает голубоватым светом. Это ночесветки в ответ на механическое раздражение как бы зажигают свои клетки — фонарики. Таким же свечением они отвечают на самое незначительное повышение ионов натрия или сахара в воде. Их хеморецепторы — тончайшие анализаторы химических соединений. Они редко ошибаются. Правда, бывают и ошибки, но в основном тоже по вине действия химических веществ. Как-то один ученый хотел добавить раствор сахара в пробирку с ночесветками, но ошибся и капнул этиловый спирт. Концентрация получилась невы-

сокая, и ночесветки даже внешне не изменили своего поведения. Но зато потом ни соль, ни сахар уже не вызывали у них вспышек.

Опыты говорят об очень тонком механизме хеморецепции, да к тому же еще с передачей информации другим клеткам. Ведь вспышка ночесветок при введении в воду химических веществ — это перевод химического языка на электромагнитный — световой. Загоревшийся фонарик — сигнал соплеменникам об изменении состава химических соединений в водной среде, предупреждение о возможной опасности.

Насколько тонко настроены клетки на дистанционную химическую связь, насколько ничтожные количества вещества-сигнала воспринимаются отдельными клетками на значительном расстоянии, показывает пример с миксомицетами: Миксомицеты — это слизистые грибки. Их можно встретить на старых пнях. Пройдет мимо пня человек, наступит сапогом и даже его не заметит. А вот биологи его давно заметили. Очень уж поразительно его свойство как бы рассыпаться на отдельные клетки и снова собираться в многоклеточный организм. В систематике животного мира некоторые ученые его так и относят к колониальным амебам. Сначала клетки миксомицета, как самые обыкновенные амёбы, ползают по земле. Но есть среди ползающих амёб миксомицета — диктиостелиума, та, которая по неизвестным пока причинам подает химический сигнал, приказывающий всем клеткам собраться вместе, построить ножку грибка и похожий на лимон спорангий. Совсем недавно сигнальное вещество диктиостелиума было загадочным, и его называли просто акразин. Теперь ученые знают, что привлекающее вещество представляет циклический аденозинмонофосфат, секретлируемый самими клетками-амебами. Из сложного букета ароматов прелой почвы и запаха множества цветов амёбы выбирают посланный им сигнал и движутся точно по направлению клеток, призывающих к сбору остальных соплеменников. Для нахождения верного пути нужны самые незначительные количества циклических аденозинмонофосфатов. Если амёбам поставить на пути перегородку, они будут форсировать ее, взбираясь одна на другую, и дойдут до сборного пункта. Даже «пропасть» не остановит их. Экспериментаторы поместили клетки, образующие центр агрегации, на одном стекле, а значительную часть амёб, движущихся к месту сбора, — на другом и оставили меж-

ду стеклами промежутков не больше миллиметра. Для амёб миксомицета это, конечно, была бездонная пропасть. Пойдут ли они к клеткам, основательницам колонии? Пошли. Сцепившись, они смогли перекрыть разрыв между стеклами. Образовали «живой мост», а по этому мосту двигались все остальные. Затем и мост сам, разбираясь поклеточно, переполз через пропасть, и клетки зашепили за перебравшимися ранее амёбами, чтобы слиться и образовать многоклеточный организм — маленький грибок на тонкой ножке.

Не менее интересно поведение клеток и их ориентация в электрическом поле — гальванотаксис. Если посмотреть в микроскоп на каплю воды с инфузориями, то можно увидеть, как они движутся во всех направлениях с помощью покрывающих их тело ресничек. Стоит опустить в каплю воды два микроэлектрода — катод и анод — и приложить к ним напряжение, как что-то непонятное происходит с инфузориями. Во-первых, они все направляются к положительному электроду — аноду. Во-вторых, их движение будет очень странным — задом наперед. Оказывается, электрическое поле приводит к тому, что биение ресничек инфузорий меняется на противоположное. Инфузории стремятся убежать от губительного для них положительного электрода, а в действительности приближаются к нему. Если же электрическое поле слабое, то инфузории предпочитают двигаться к отрицательному электроду.

Другие живые клетки тоже стремятся двигаться к катоду. Поэтому амёбоидные клетки, которые передвигаются путем переливания частей своего тела в ложноножки, уже не пойдут к положительному полюсу. Но ведь амёбоидным движением пользуются не только свободно живущие амёбы, а большинство клеток в развивающемся зародыше, когда нужно перегруппировать «кирпичики», составляющие основу строящихся органов. Растущие структуры, как оказалось, заряжены отрицательным электричеством. Поэтому к ним устремляется поток клеток, заряженных положительно, и они принимают участие в развитии того или иного органа. В некоторых случаях клеткам нужно связаться через клеточные пласты других органов. Как это они делают — узнаем несколько позднее. Ведь живые клетки пользуются не только статическим электричеством, их живые приборы способны улавливать и электромагнитные поля.

Биоконтакт

Живые клетки вооружены приборами не только дистанционного восприятия информации, но и для непосредственного контакта между собой.

Достаточно зародышей морских ежей поместить в морскую воду, лишенную кальция, после легкого встряхивания эмбрионы распадутся на отдельные клетки. Но стоит добавить в воду недостающий кальций, опять встряхнуть ее, и все клетки зародышей, как по мановению волшебной палочки, снова займут свои места. Каким же образом одинаковые атомы кальция «склеивают» клетки зародыша в строго определенном порядке, в соответствии с генетической программой?

Английским ученым Вейсу и Мейхью удалось показать, что ионы кальция способны связываться с периферическими участками рибонуклеиновых кислот. Раньше считалось, что РНК считывает информацию с ДНК, а затем использует ее при синтезе белка, потом нашли, что РНК и ДНК принимают участие в клеточной памяти и в памяти всего организма. Теперь выясняется еще одно назначение РНК: она вполне может оказаться ответственной за пространственную память, то есть за пространственное расположение клеток и программирование их стыковки. Иначе говоря, она хранит память о том, как клетки должны контактировать друг с другом, и является главным компонентом в приборах межклеточного контакта.

Попытаемся представить весь механизм контакта клеток, сделав, правда, некоторые допущения ради связи еще разрозненных данных в стройную единую систему.

Складываясь в ткань, формируя орган, клетки организма контактируют друг с другом с помощью петель РНК, как бы выпущенных через оболочку, и эти петли несут как раз те участки нуклеиновых кислот, которые либо сами обладают сродством к кальцию, либо синтезируют в межклеточном пространстве белки, способные соединяться через кальциевые мостики. Именно межклеточному веществу сейчас придается большое значение в клеточных контактах, а в нем как раз находят и нуклеиновые кислоты, и белки, и мукополисахариды. Кальций же во всех этих процессах играет важную роль. Можно предположить, что поверхности всех клеток как бы покрыты рисунками

из РНК, и стыковка клеток в таком случае будет происходить только тогда, когда поверхностные рисунки совпадают и соединяются через кальциевые мосты. Существование таких рисунков из РНК на поверхности развивающихся зародышей уже открыто, и об этом будет сказано позже. Точное совпадение возможно лишь при одинаковых наследственных программах, полученных непосредственно от ядра клетки. И как бы ни был представлен механизм контакта клеток, все это пока только гипотезы, которые станут стройной теорией после выяснения многих загадочных сторон клеточного контакта.

Следует отметить, что связь через кальциевые мостики — это первичная и непрочная связь. Но в молодом, развивающемся организме клетки, испытывающие постоянные перестройки, соединяются именно этой первичной связью. Затем клетки «применяют» приборы для закрепления развившихся структур. В тканях организма начинается как бы «закручивание гаек», клетки занимают определенное положение и цементируются в определенных местах контакта. О том, как они определяют нужное им и всему организму местоположение, мы расскажем ниже — ведь это одна из самых сокровенных тайн, которую стремятся познать биологи. А пока будем довольствоваться тем, что ученые установили: в нужных местах клетки «цементируются» да еще на каждом таком участке для придания большей прочности образуются специальные волокна, называемые десмосомами.

Совсем недавно было отмечено, что клетки должны как бы узнавать друг друга и знать, к какому органу они принадлежат. А что будет, если приборы взаимного опознавания испортятся? Как показывают последние исследования, якобы именно это и происходит с клетками злокачественных опухолей. Нельзя пока еще сказать — причина ли это возникновения злокачественных опухолей или следствие, ясно одно: раковые клетки отличаются от нормальных еще и тем, что теряют пространственную память расположения в организме и чувство контакта с другими клетками. Видимо, под влиянием каких-то канцерогенных факторов происходят генетические изменения, отражающиеся на программировании порядка работы генов и на искажении конфигурации главных молекул, ответственных за хранение и передачу генетической пространственной информации. Вполне понятно, что искажение рисунка РНК в межклеточном веществе

может привести и к поломке кальциевых мостиков, и к изменению электрического заряда поверхности клетки. Контакт выходит из строя, десмосомы разрываются, и каждая клетка приобретает самостоятельность, что очень не нужно организму в целом. Клетки отрываются друг от друга, округляются и начинают делиться как им заблагорассудится. Выходит из строя еще один «живой прибор», регулирующий и обеспечивающий клеточные деления.

До сих пор рассматривался близкий контакт, но в организме, построенном из миллионов клеток, есть и дистанционные контакты. О некоторых проблемах и сложностях при изучении дистанционного контакта мы уже говорили. Но в многоклеточном организме приборы, руководящие дистанционным контактом клеток, достигают своего совершенства, и особенно в мозгу высших животных и человека.

Мозг — самый сложный агрегат, где собрано неисчислимое количество контактирующих элементов. Все нейроны (а в мозгу человека их десятки миллиардов) связаны с соседними тончайшими отростками, к тому же каждый отросток при росте приходит в точно намеченное для него место контакта на соседней клетке. Сходно ведут себя и нейроны спинного мозга, контактирующие своими отростками. Каким же образом отростки нервного волокна находят строго заданное им место на соседних нейронах? Во всяком случае, не хватит никакой генетической информации, заключенной в ДНК хромосом, чтобы закодировать пространственное распределение нервных отростков в мозгу и их точные контакты с нейронами. Тогда где же заложена схема монтажа пространственного расположения контактов между нейронами? Пока на этот вопрос ответа нет. Может быть, такая схема-голограмма существует в самом пространстве?

Правда, проведен ряд сложно поставленных опытов, показывающих, что нервное волокно как бы притягивается к месту контакта, но это далеко от того, что происходит в мозгу на самом деле. За притягиванием нервных волокон можно проследить на развивающихся системах-эмбрионах. Если зачаток конечности эмбриона тритона, к которому тянутся из спинного мозга строго определенные нервные волокна, пересадить из обычного места дальше, к хвосту, он быстро приживется на новом месте, и в точно намеченное время в него начнут вращать

нервы, как они врастали бы в зачаток нормальной конечности. В пересаженный зачаток будут врастать именно те нервные волокна, которые для него предназначены. Они изменяют свой обычный путь и, отойдя от нервных спинальных узлов, отклонятся ровно настолько, насколько был перенесен назад зачаток конечности.

О силах, которые на расстоянии притягивают нервное волокно к развивающемуся зачатку, пока можно только догадываться и строить различные предположения. Одни исследователи, например, считают, что здесь оказывает влияние электрическое поле, другие отдают предпочтение магнитному полю, третьи видят причину в химическом взаимодействии контактирующих на расстоянии клеток. Все это предстоит еще решить в будущем.

Приборы клеточных делений

Жизнь отдельных клеток измеряется днями, неделями, месяцами и самое большое — десятилетиями, а организм может жить десятки лет. Как же большинству многоклеточных существ удалось вырваться из плена всесокрушающего времени? Благодаря клеточным делениям. Мало того: клеточные деления приносят еще одну незаменимую пользу — позволяют размножить клетки, увеличить живую биомассу.

Как же происходят клеточные деления? Еще до того как клетка начнет делиться, в ней удваивается генетический материал и весь аппарат клеточного деления. Все подготовлено к тому, чтобы после деления получилась копия живой клетки с тем же числом хромосом и с той же морфологией. При делении становятся видимы нити хромосом, а *mitos* по-гречески — это нить, отсюда и название этого вида деления. Клетка может делиться и прямым делением без образования нитей хромосом, просто поперечной перетяжкой. Однако недолго живет такая клетка и, как правило, делится прямым делением именно перед гибелью.

Теперь давайте посмотрим, как же идут фазы митоза и что происходит внутри клетки на каждой фазе деления.

Период между делениями называется интерфазой. В это время живая клетка выполняет свои прямые функции, предназ-

наченные ей в организме: движется, выделяет различные секреты, борется с микроорганизмами. На этой же стадии клетки, как уже отмечалось ранее, удваивают количество хромосом и все подготавливают для деления. Когда же начинается митоз, клетка только им и занимается. У человека основная часть митозов проходит ночью, когда он спит и большинство органов отключено от повседневной работы.

Первая стадия митоза называется профазой. В это время начинается упаковка хромосом. Ведь если бы пришлось их растаскивать к двум полюсам в неупакованном виде, понадобилось бы устройство, напоминающее лебедку с барабаном, на который накручивались бы длинные нити. В клетке проходит все проще: хромосомы спирализуются, отчего становятся толще, но короче. Потом спираль еще раз закручивается в спираль, теперь хромосомы становятся совсем короткими, плотными и хорошо видны в микроскоп. А как можно растаскивать хромосомы в разные стороны, если они, как в мешке, находятся внутри оболочки ядра? Поэтому в профазе и ядерная оболочка распадается. К полюсам клетки в это время движутся центриоли — органоиды клетки, которые закрепляются нитями у полюсов и становятся центром, притягивающим к себе хромосомы. Но хромосомы к центриолям притягиваются не физическими или биологическими полями, а устройством, которое можно увидеть в микроскоп, — нитями веретена деления. Каждая такая нить одним концом прикрепляется к центриоли, а вторым — к хромосоме. Место прикрепления нити на хромосоме называется центромерой. Все, казалось бы, налажено для митоза. На следующих фазах деления все приходит в движение, и за час митоз заканчивается.

За профазой следует вторая стадия — метафаза. В это время хромосомы из беспорядочного клубка, как по приказу, выстраиваются по экватору. Образуют метафазную пластинку. Теперь видно, что к каждой паре хромосом, подготовленной для расхождения; тянутся две нити веретена деления. Одна нить — к одной центриоли, а другая — к противоположной. По экватору стоят удвоенные хромосомы, как две капли воды похожие друг на друга, называемые сестринскими хроматидами. Начни сейчас сокращаться нити веретена — и поползут хромосомы к разным полюсам.

Это и происходит на следующей стадии деления — анафазе. Нити веретена сокращаются. Сестринские хроматиды расщепляются и движутся к противоположным полюсам.

Наконец, наступает последняя стадия — телофаза. Опять раскручиваются хромосомы, строятся ядерные оболочки, удваиваются центриоли. И оболочка самой клетки как бы перешнуровывается. Все уже и уже становится талия клетки и, наконец, их получается две. А в каждой дочерней клетке есть уже свое ядро и удвоившиеся центриоли для будущего деления.

Вот так на наших глазах произошел процесс деления клетки. Все в нем стройно и отлажено. Какая-то «невидимая рука» скручивала хромосомы, разводила к разным полюсам центриоли, крепила нити веретена деления к хромосомам. Наконец, с помощью каких-то приборов хромосомы выстраивались по экватору, а после их расхождения к разным полюсам какая-то сила перешнуровывала клетку пополам, а это сравнимо с тем, как если бы человек попытался перетянуть шпагатом на две части туго накачанную футбольную камеру. Только современные методы исследования позволили приоткрыть завесу над процессом деления клетки и посмотреть на все другими глазами.

Первое, на что обратили внимание исследователи, были нити веретена, разводящие хромосомы к разным полюсам. Они видны даже в световой микроскоп. Ученые сразу начали думать о механизме их сокращения и пришли к выводу, что они сокращаются, подобно волокнам наших мышц. Но как тогда быть с остальными организованными движениями органоидов клетки во время митоза?

С помощью электронной микроскопии внутри клеток были найдены микротрубочки и микрофиламенты. Микротрубочки — это действительно длинные полые цилиндры с наружным диаметром около двадцати четырех нанометров и толщиной стенок пять нанометров. В световой микроскоп они не видны. Микрофиламенты — это уже нити в три раза тоньше, чем микротрубочки, находящиеся в цитоплазме. В интерфазе микротрубочки держат форму клетки. Они идут от ядра во все стороны и во все отростки клетки. Это внутренний каркас клетки. Стоит только разрушить их высокой температурой, давлением или ядом колхицином, как клетка теряет свою форму и становится округлой. Если вредное действие прекратится, структура микротрубочек может восстановиться и клетка приобретет свою преж-

ную форму. А вот микрофиламенты непосредственно участвуют в генерации движения поверхности клетки. Они могут скользить относительно друг друга, прикрепляться к мембране клетки, втягивать и выпячивать ее различные части или же надстраиваться и разрушаться под мембраной. Так что в ускоренной киносъемке поверхность клетки напоминает (благодаря действию микрофиламентов) беспокойный океан.

Однако, как только начинается деление клетки, все микротрубочки и микрофиламенты уходят на построение пространственной организации митоза. Форма клетки становится округлой. На всех стадиях митоза, кроме телофазы, микротрубочки и микрофиламенты строят сходные пространственные фигуры, соответствующие веретену деления. На стадии телофазы микротрубочки во время перетяжки клетки остаются только в соединительном мостике, а микрофиламенты в это время, как кольцом из тонких нитей, перетягивают клетку надвое (рис. 9).

Кажется, что микроскопический гном намотал нити микрофиламентов на клетку и с каждым витком все туже и туже делает свой моток. И опять рушатся все наши представления о живых приборах, управляющих митозом. Микрофиламентами ведь

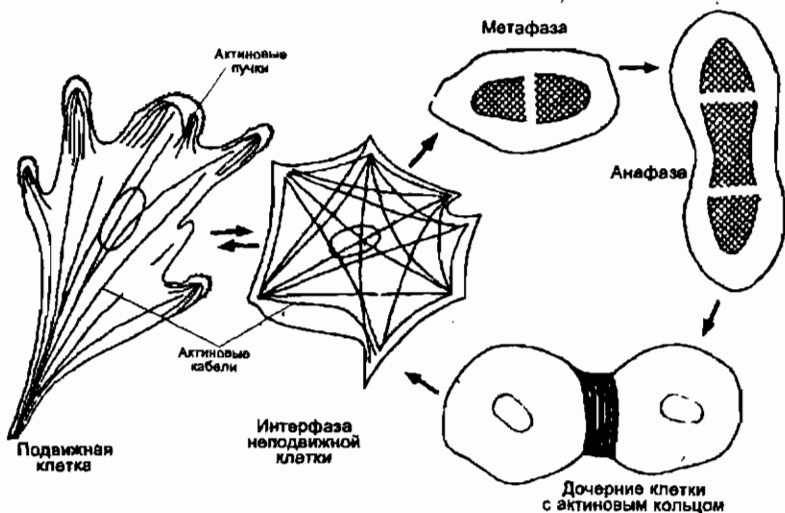


Рис. 9. Перераспределение микрофиламентов в клетке на различных фазах митоза

тоже надо управлять. Так почему же эти тончайшие нити, состоящие из белка актина, знают, где им надо перетянуть клетку, в какую сторону передвинуть центриоли или хромосомы и как выполнить другие пространственные команды?

Пока непонятно, как работают устройства, принимающие непосредственное участие в митозе внутри клетки, но не лучше обстоит дело и с изучением внешних регуляторов клеточного деления. В самом деле, какой из тысячи сигналов, принимаемых живой клеткой, выступает как команда приступить к митозу? И как подается эта команда — непосредственно ли химические соединения призывают клетку к делению или же опять в этом повинны поля: электрическое, магнитное, электромагнитное излучение или комплекс полей, генерируемый самим организмом?

Вот и попробуем хотя бы кратко рассмотреть, что известно сейчас биологам о регуляции клеточного деления и что они надеются узнать в ближайшем будущем.

Прежде всего обратим наш взор на химическую регуляцию митотической активности клеток. Ученые достигли наибольших успехов в исследовании этого запутанного вопроса и разработали ряд интересных теорий.

Давно известно, что существует целый ряд химических веществ, способных подавлять клеточные деления. Об одном таком веществе уже говорилось. Это яд колхицин, который при небольших дозах разрушает митотический аппарат в клетке и приостанавливает деление клеток. В настоящее время широко применяются в онкологии ингибирующие митозы вещества, называемые цитостатиками. Эти лекарственные препараты подавляют аэробное окисление углеводов, слегка стимулируют тканевое дыхание, подавляют синтез ДНК и уменьшают проницаемость клеточных мембран. Среди этих веществ известны алкилирующие соединения: азотистые иприты, метасульфонаты, этиленимины и эпоксидные соединения, а также различные метаболиты, то есть вещества, подавляющие обменные процессы; аналоги пуринов и пиримидинов, витамин В, антагонисты аминокислот. Целый ряд соединений растительного происхождения действует на образование митотического веретена, колхицин, подофилин и алкалоиды барвинка. Наконец, в химиотерапии опухолей применяются антибиотики: актиномицин D, митомицин C. Эти вещества подавляют синтез нуклеиновых кислот.

Цель применения цитостатиков в химиотерапии опухолей понятна: нужно любыми способами остановить безудержные митозы в опухолях, задержать их рост и помочь организму справиться с постигшим его недугом. Теоретическим обоснованием к применению цитостатиков является тезис, утверждающий, что малодифференцированные опухолевые клетки более чувствительны к низким концентрациям этих веществ, чем нормальные клетки.

У цитостатиков есть одно преимущество — клиницисты и экспериментаторы могут их получать в чистом виде, знают их химический состав. Знают, на какую фазу митоза они могут воздействовать. Удалось даже получить цитостатики с высокой избирательностью по отношению к типу клеток. Например, ТЭФА — триэтилен-фосфамид подавляет митозы в лимфоидных тканях, а миелобромол — в миелоидных тканях, которых много в нервных узлах, в мозге. Казалось бы, уже можно бороться со злокачественными опухолями, но на пути этой борьбы встают отрицательные свойства цитостатиков.

Во-первых, к этим же цитостатикам чувствительны нормальные делящиеся клетки, и применение эффективных доз ограничивается из-за их побочного действия. А во-вторых, введение цитостатиков, особенно повторное, может привести к отбору. Среди злокачественных клеток появляются клетки, способные не реагировать на эти лекарственные вещества, и опухоли из таких клеток быстро разрастаются, окончательно поражая организм.

По этой причине ученые, занимающиеся проблемой регуляции клеточных делений, ищут химические вещества, действующие на клетки выборочно и мягко. Но ведь такие вещества есть в самом здоровом организме, где постоянно происходит регуляция как ингибирования, так и стимуляции митозов. Может быть, их можно выделить из тканей и применить для исправления работы поломанной машины, ведающей командами для делящихся и неделящихся клеток?

Ученых всегда интересовали такие факты в клеточном делении, на которые трудно найти ответ. В самом деле, почему клетки после нанесения травмы начинают усиленно делиться и закрывают полученный дефект? И была создана теория раневых гормонов. Смысл ее сводится к тому, что из разрушенных клеток в окружающую ткань разливается вещество, которое иг-

рает роль сигнала, побуждающего клетки вокруг травмы к делению. Возникает и второй вопрос: почему после закрытия травмы клеточные деления прекращаются, а в злокачественной опухоли они бушуют безостановочно, пока живет сам организм?

Здесь мы вплотную подошли к теории кейлонов, разработанной известным биологом В. Буллоу. Кейлоны — полная противоположность раневым гормонам: они ингибиторы и ограничители роста. Деление клеток строго контролируется ими. Когда орган вырастает до нужных размеров, в нем как раз необходима концентрация кейлонов. Но стоит нанести травму, то есть уменьшить количество клеточных ингибиторов, как клетки усиленно начинают делиться. И это продолжается до тех пор, пока рана не закроется, а количество кейлонов при этом придет в норму.

Буллоу и Лауренс провели ряд интересных опытов, чтобы доказать действенность своей теории. Вот один из экспериментов, проведенных ими ради выбора между теорией раневых гормонов и теорией кейлонов. Все, наверное, представляют, как тонки уши у мыши. Если у нее удалить эпидермис с одной стороны, то через тонкое ухо химическое воздействие будет оказано и на другую сторону, и клетки на неповрежденной стороне начнут усиленно делиться. Теперь только останется пронаблюдать, какую же картину образуют клетки кожицы неповрежденной стороны уха, приступившие к митозу. Если будут действовать раневые гормоны, то на другую сторону они диффундируют из краев экспериментальной раны, следовательно, на другой стороне уха в коже митозы как бы дадут конфигурацию травмы. И совсем другое дело будет при нехватке кейлонов: если они частично уйдут при уменьшении концентрации в области травмы, то получится как бы обратная диффузия из неповрежденного эпителия кожи. Митозы, конечно, в этом случае появятся на неповрежденной стороне не в виде кольца, а примерно на той же площади, напротив которой снят эпителий. Поставили эксперимент — и подтвердилось последнее.

Подтверждение присутствия ингибитора в клетках эпидермиса кожи вдохновило ученых на дальнейшие исследования. Они получили экстракты, выделенные из кожи, и нашли, что кейлон представляет собой гликопротеид с молекулярной массой около 30 000—40 000. Дальнейшие исследования дали не менее интересные результаты. Оказалось, что кейлон не имеет видовой специфичности. Зато он органоспецифичен, действует

только на митотическую активность того органа, из которого он выделен. В частности, митозы в ухе мыши могут быть приостановлены не только экстрактами, выделенными из кожи мыши, но и препаратами, выделенными из кожи свиньи, из кожи пальца человека и даже из кожи трески.

Вот какие возможности открываются для регуляции митозов как в здоровых, так и в раковых тканях. Огромное количество лабораторий мира начало заниматься изучением кейлонов. Начались поиски кейлонов в других органах, выделение кейлонов в чистом виде самыми современными методами биохимии. Ученые начали искать, на какую стадию клеточного цикла действуют эти вещества.

Познакомимся с некоторыми теориями в области онкологии, основанными на принципе приемника и передатчика.

1. Живые клетки снижают или совершенно прекращают выработку кейлонов. Они получают сигнал к делению и начинают давать беспорядочные митозы, порождая все новые и новые группы клеток, не способных вырабатывать кейлоны.

2. В клетках происходит мутация, небольшая поломка в рецепторе, анализирующем присутствие кейлонов. Хотя «антенны» клетки и настроены на прием кейлонов, сигнала об их присутствии вокруг себя она не слышит. Результат тот же — начинается безудержный автономный рост.

Если первый довод правилен, то все опухоли, клетки которых сохранили работоспособные рецепторы приема кейлонов, можно излечить. Нужно только ликвидировать недостаток кейлонов в ткани. Такие опухоли нашли. Оказалось, что VX — опухоль у кролика, хлоролейкемия и меланомы у хомячка излечиваются экстрактами, выделенными из кожи свиньи. Появилась надежда. Однако вскоре она начала угасать. Излечить кейлонами можно было только те опухоли, которые зависят от них, а их не так уж много. Такие клинически важные опухоли, как рак кожи и рак легкого, устойчивы по отношению к эпидермальному кейлону и не реагируют на него. Может быть, здесь уже поломались рецепторы клетки?

Живым клеткам нужно всегда знать, где находятся их сородичи, и получать сигналы о состоянии дел в организме. Поэтому они всегда обмениваются информацией. За обменом сигнальной информацией у клеток эпидермиса кожи очень просто и в то же время изящно удалось проследить японским исследо-

вателям Фуджи и Мицуно. Они имплантировали в эпидермис кусочки миллипорового фильтра и отделяли одни клетки от других. Но клетки «слушали» друг друга через фильтр, через мельчайшие поры поступали сигналы. В тех случаях, когда фильтр пропитывали парафином, связь между клетками через поры нарушалась. Клетки начали расти вниз, пока не приходили в контакт и не начинали обмениваться информацией (рис.10).

А после обработки клеток канцерогенными веществами они зели себя у перегородки так же, как и при непроницаемом фильтре. Фильтр имел поры, но клетки все равно шли для контакта вниз. Разве это не доказательство того, что вещество, вызывающее опухоль, либо влияет на выработку кейлонов, либо тортит рецепторы на клеточных мембранах.

В настоящее время предполагается несколько пересмотреть принцип регуляции клеточных делений в тканях химическими веществами, появляются сообщения не только об ингибиторах, но и о стимуляторах митозов, выделенных из тканей. Это значительно приближает к истинному положению вещей. В действии и противодействии совершаются многие физиологические процессы.

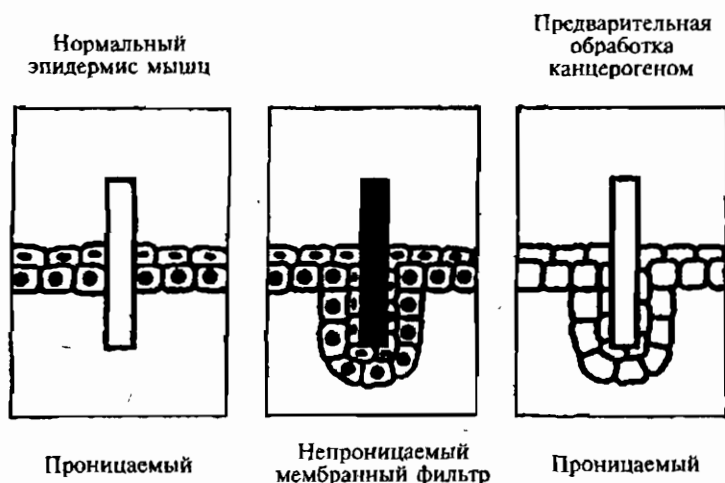


Рис. 10. Обмен информационными сигналами между клетками эпидермиса при наличии мембранного фильтра и при воздействии канцерогеном

Еще меньше известно об управлении клеточными делениями с помощью магнитных, электрических и электромагнитных полей. Опытным путем показано, что слабые электрические поля влияют на рост костной ткани. Но слабое электростатическое поле может ускорить регенерацию конечностей у амфибий и частичную регенерацию у млекопитающих. Раны под влиянием этого поля могут заживать в два раза быстрее. Помимо этого, ученым удалось показать, что электростатическое поле не только стимулирует митозы, но и определяет их ориентацию. Правда, подобные опыты сделаны пока только на клеточной культуре.

Магнитное поле в противоположность электрическому, видимо, подавляет клеточные деления. Особенно это заметно при воздействии слабым переменным магнитным полем как на одноклеточные, так и на многоклеточные организмы. Низкочастотное магнитное поле в 0,6 герца при напряженности в одну гамму подавляет размножение бактерий, например стафилококка.

Электромагнитные поля при тех же частотах и напряженности 0,3—0,4 вольта на метр увеличивают скорость делений клеток бактерий. Но особенно интересно реагировали на электромагнитные поля клеточные культуры млекопитающих. Если воздействовать ослабленным электромагнитным полем до начала митоза, то клеточные деления в культуре почки обезьяны, в эмбрионе свиньи или в амнионе человека как бы подавляются. Но уж если клетки начали делиться, то действие этого же поля еще больше повышает митотическую активность. Так действуют низкочастотные электромагнитные поля от двух до десяти герц, и они в биологическом плане более активны по сравнению с высокочастотными. Однако если мы пойдем дальше по электромагнитному спектру, пройдем видимую часть спектра, то в ультрафиолетовой области найдем еще интересный диапазон волн, с которым столкнулся известный биолог А. Г. Гурвич.

Экспериментировал А. Г. Гурвич с корешками лука. Это один из удобных объектов для изучения митозов. Его заинтересовало, может ли дистанционно влиять один корешок лука на другой, так, чтобы в нем увеличилось число митозов. Известно, что митозы в корешке лука сосредоточены в самом кончике да еще ориентированы по оси роста. Далее ученый направил кончик одного корешка перпендикулярно ко второму корешку,

примерно в его середину, где митозы уже прекратились. Не идут ли какие-нибудь лучи от делящихся клеток, которые могли бы подействовать на неделящиеся клетки?

Опыт подтвердил выдвигаемые предположения. Митозы теперь уже отмечались и в середине корешка. Следовательно, какое-то излучение стимулировало деление клеток в корешке лука. Так, в 1923 году А. Г. Гурвич открыл митогенетические лучи. Несколько позднее такое же излучение, сопровождающее деление клеток, было найдено в других тканях живых организмов. Тщательный анализ испускаемого клетками излучения во время деления показал, что митогенетические лучи относятся к ультрафиолетовым лучам с длиной волны сто девяносто — триста двадцать пять нанометров. Механизм их возникновения полностью неизвестен, но они, видимо, возникают в результате экзотермических реакций. В то же время они служат сигналом, который сообщает другим клеткам, что их соседи приступили к клеточным делениям. Дальнейшее исследование передачи информации между клетками об их митотической активности на молекулярном и физико-химическом уровне может привести к новым открытиям в этой области исследований.

Клетки в пласте ткани, работающие как единая система, также вооружены приборами, способными регулировать пространственное распределение митозов. Очень удобной системой для изучения пространственной регуляции митозов может служить однослойный эпителий хрусталика, расположенный в двумерном пространстве с очень высокой упорядоченностью клеток. В центре эпителия митозов почти нет, далее идет кольцо — герминативная зона, где больше всего делящихся клеток, а за ним опять зона с дифференцированными клетками и резким падением митозов. Работая с эпителием хрусталика рыб и лягушек, я неожиданно столкнулся с удивительной особенностью пространственного распределения митозов после нанесения травмы в передний полюс хрусталика с поражением части клеток эпителия. После нанесения такой обширной травмы естественные митозы уже в первые сутки затихали, и на вторые сутки появлялась полоса митозов, повторяющая конфигурацию травмы. Все эти митозы были посттравматические. Площадь, ограниченная митозами, была неизменной независимо от площади травмы. А это как раз и противоречит кейлонной теории. Ведь чем больше была бы пораженная область, тем больше

ощущалась бы нехватка кейлонов и тем большая площадь эпителия должна бы охватываться митозами, а на самом деле это не так. Потом митозы по кейлонной теории следовало бы ожидать по краям травмы — там ведь больше всего не хватает клеточных ингибиторов, а эксперименты с эпителием хрусталика показывают, что митозы сразу возникают в отдалении от травмы, да еще повторяют ее конфигурацию. Как здесь не предположить, что пространственное распределение митозов регулируется посредством полей. Нельзя исключить и механические силы, ведь после нанесения травмы и разрушения целостности капсулы хрусталика и эпителия натяжение в клетках тоже меняется, а это может влиять на пространственное распределение митозов в эпителии.

Многое еще предстоит расставить по своим местам, прежде чем станет ясно, как работают приборы клеточного деления, а насколько велика здесь работа, говорит противоречивость экспериментов и теорий, которые только что были приведены.

Живая клетка — приемник электромагнитных полей

Возможно, не только на деление клеток действуют электромагнитные поля. Живые клетки, как предполагается, улавливают их и активно реагируют на них, отвечая изменением обмена веществ, перестройкой морфологических структур и даже изменением внутримолекулярных структур.

У инфузорий-парамеций под действием электромагнитных полей меняется образование пищевых вакуолей внутри цитоплазмы и некоторые поведенческие реакции, но одновременно с этим нарушается перераспределение цитоплазматической РНК и изменяется гликолиз. Так что даже слабые электромагнитные поля оказывают воздействие на одноклеточные организмы.

Очень чувствительными к электромагнитным полям оказались бактерии. В некоторых случаях они даже вызывают у них мутации. На этих данных основана гипотеза А. Л. Чижевского о влиянии солнечной активности на биосферу через изменение напряженности электромагнитных полей. Обычно эти измене-

ния вызывают мутации у бактерий. У них увеличивается жизнеспособность, они начинают интенсивнее размножаться и становятся устойчивыми к антибактериальным препаратам. Отсюда, возможно, и вспышки эпидемий в годы активного Солнца. Чтобы экспериментально проверить положения, выдвинутые А. Л. Чижевским, в Крымском медицинском институте провели исследования по влиянию электромагнитных полей малой напряженности и низкой частоты на культуры бактерий. Разные виды бактерий помещали в конденсатор, на пластины которого подавали напряжение различной интенсивности и частоты. Воздействие длилось восемнадцать—двадцать часов. Опыты подтвердили, что электромагнитные поля влияют на бактерии. Причем явно выраженное действие отмечалось при сверхнизких и звуковых частотах, но особенно интенсивное биологическое действие проявлялось при частотах 2,6 и 10 килогерц.

Это поле действует не только на бактериальные культуры, но и на клеточные культуры опухолевых и эмбриональных тканей, а также на клетки крови. По этой причине бактериальные и клеточные культуры сами в свою очередь могут выступать как «живые приборы», показывающие, что в атмосфере происходит изменение напряженности электромагнитных полей, связанное с изменением солнечной активности. Именно об этих приборах и говорилось в начале этой книги.

Теперь уместно спросить: а на каком уровне в живой клетке происходят изменения под воздействием электромагнитных полей?

Развитие электронной микроскопии, появление сканирующей электронной микроскопии и электронной микроскопии живых объектов позволяют наблюдать за изменениями в клетке под влиянием электромагнитных полей на ультрамикроскопическом уровне. Органоиды клетки не остаются безразличными к действию полей. Митохондрии утолщаются, у них нарушается внутренняя структура, тончайшие каналы в клетке — эндоплазматический ретикулум меняют свое ветвление. Морфологические и биохимические изменения отмечаются также в ядре клетки, ее рибосомах и лизосомах. Однако главное воздействие электромагнитные поля оказывают на клеточные мембраны. Это, возможно, и является причиной изменения структуры клеточных органоидов, так как клеточные мембраны составляют основной каркас этих живых частиц.

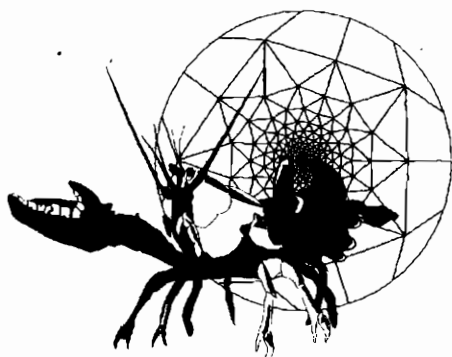
Уровень воздействия электромагнитных полей в клетке идет еще дальше, потому что изменения происходят на молекулярных биологических структурах, составляющих живые мембраны клеток. Некоторые ученые высказывают мнение, что магнитные и электромагнитные поля могут привести к переориентации белковых молекул и к изменениям в липопротеидном комплексе, составляющем основу мембран. Помимо этого, в клетках нарушается распределение микроэлементов. Так, в экспериментах удалось показать, что у крыс электромагнитное поле в СВЧ-диапазоне приводит к уменьшению содержания меди в печени — главном депо меди. В то же время в крови количество меди резко возрастает. Перераспределение марганца было несколько иное: в печени и почках его количество возрастало, а в костях и зубах резко снижалось. Содержание железа во многих органах понизилось. Сходным образом электромагнитные поля влияли на молибден. Только в почках повысилось его содержание по сравнению с нормой.

Ранее уже говорилось, что металлы входят в активные центры ферментов. Появились экспериментальные данные о том, что под влиянием электромагнитных полей металлы меняют скорость окисления, а это как раз может отразиться на работе фермента. Дальше цепочка тянется также к биологическим ритмам, ведь нарушение работы активного центра фермента прежде всего скажется на его колебательных свойствах.

Однако к настоящему времени еще не сложилась теория биологического действия электромагнитного поля. Есть только ряд гипотез. Среди них идея об электромагнитном действии через воду на живые системы занимает существенное место, хотя спорна, по сей день. Заманчива аналогия сравнения клеточных структур с жидкими кристаллами. Как тем, так и другим, присущи подвижность и структурная упорядоченность. Электромагнитные поля оказывают влияние на жидкие кристаллы, меняя их молекулярную структуру и оптические свойства. Жидкокристаллическое состояние — неотъемлемое свойство живых структур и, в частности, живых клеток. Жидкие кристаллы уже используют как аналитический прибор для измерения напряженности электрического и магнитного полей. Следовательно, и живые клетки могут выступать как датчики этих полей, а возможно, что благодаря жидкокристаллическому строению мембран клетка как раз способна воспринимать действие этих полей.

Нельзя отказаться и от такой заманчивой идеи, что клетка как живой прибор, воспринимающий электромагнитные поля, работает благодаря взаимодействию генерируемого ею поля с внешним электромагнитным полем. Степень искажения биоэлектромагнитного поля внешним полем, может быть, и есть показатель биологического воздействия на клетку. Но это еще надо проверить опытным путем.

Глава восьмая



Регулировщики формообразования

Тайны клеточной дифференцировки

То, о чем будет говориться в этой главе, не поддается ощущениям. В организме всех живых существ, даже одноклеточных, идут процессы формообразования. Живое строит формы в пространстве, по существу, завоевывает его соответственно определенным законам. Для построения той или иной формы нужно из разных частей составить гармоничное целое. Какие же приборы следят за дифференцировкой клеток и за целостностью всего организма? Это разные приборы или организм обходится каким-то универсальным регулировщиком пространственного расположения своих частей?

Как, вероятно, уже все знают, развитие любого живого существа идет по заранее намеченному плану. В каждую клетку организма как бы заложена своего рода перфокарта (генетическая программа), на которой записаны «инструкции» о строении всего организма. В то же время разные органы — и печень, и легкие, и почки, и сердце, — несмотря на то что в каждой клетке заложен одинаковый код, различны по своей форме и по своему биохимическому составу.

Осуществляться это может при условии, что в каждой клетке работают или выдают информацию только те участки дезоксирибонуклеиновой кислоты, или ДНК, в которых хранится запись именно об этом органе. Остальная часть генетической программы, хотя она и присутствует, выключена или репрессирована.

Здесь мы сталкиваемся с очень загадочным и таинственным процессом. Как идет управление выключением одних участков ДНК и включением других в строгом соответствии с пространственным расположением клеток? Какими приборами контролируется этот механизм? Как из одной клетки получаются две клетки с разной пространственной программой? Грубо говоря, надо выяснить, когда наступает тот момент, при котором клетка, разделившись на две, даст клетку, потомки которой образуют печень, и вторую, потомки которой образуют почки?

Ответить на эти вопросы — значит решить первую половину проблем биологии развития: как одинаковое становится разным, то есть как дифференцируются клетки. Решения указанной задачи требует не только чисто научный интерес, но и сама жизнь, ибо многие болезни, неправильное развитие органов и другие врожденные дефекты есть не что иное, как нарушение дифференцировки клеток, разрегулирование тончайшего механизма, управляющего специализацией клеток.

Механизм дифференцировки можно начать рассматривать с одноклеточных животных (простейших) и одноклеточных водорослей. Природа как бы подарила экспериментатору клетки с довольно сложной структурой и гармоничной формой, и при этом очень больших размеров.

В капле воды плавают голубоватая точка, видимая невооруженным глазом. Под микроскопом, даже при небольшом увеличении, она превращается в голубоватый рог. Это инфузория-трубач, или стентор. Размеры трубача (он может быть более 0,5 мм) позволяют резать его на части. Через несколько часов округлившиеся части клеток на наших глазах превращаются опять в самого настоящего трубача, только меньших размеров.

Это регенерация клетки или восстановление, во время которой происходит пространственная дифференцировка различных участков трубача. Каждая часть в пространстве дает свою форму: в одном месте появляются реснички и образование, похожее на раструб, в другом, наоборот, происходит сужение заднего конца. Какие же приборы следят за формой восстанавливающейся клетки и откуда подается команда, как вести себя той или иной части клетки? Попробуем разобраться.

Видимо, сигналы идут от клеточного ядра и ДНК, заключенной в нем. Высказанное предположение подтверждается экспериментом. Если удалить ядерный материал из кусочка восстанавливающегося стентора, регенерация прекратится, кусочек округлится и погибнет. Значит, получается, что пространственной дифференцировкой заведует ядро и заключенный в нем генетический материал? Похоже, что так. Но как можно, используя линейный генетический код, предопределить местоположение каждой точки трубача в пространстве? Да еще провести пространственное кодирование в зависимости от размеров куска, из которого идет регенерация. Ответить на эти вопросы очень трудно, но предположить, что помимо генетического кода

пространственной дифференцировкой управляют и другие факторы, можно. Тогда генетический код можно рассматривать как шифр, без которого невозможна регенерация и развитие живых форм.

В пользу необходимости присутствия генетического материала при формообразовательных процессах говорят также опыты с ацетобуларией. Ацетобулария — водоросль одноклеточная, но клетка имеет внушительные размеры — два сантиметра, а иногда и больше. Внешним видом ацетобулария напоминает маленький грибок или зонтик на тонкой ножке, а внизу, как корешки, расходятся так называемые ризоиды, служащие для прикрепления к субстрату. Казалось бы, ничего особенного — перед нами водоросль, похожая на грибок, но это сложно устроенный по пространственной дифференцировке организм, состоящий всего лишь из одной клетки.

Ядро ацетобуларии находится в одном из ризоидов. Стоит микроскальпелем отрезать ризоид с ядром, и ацетобулария станет безъядерной клеткой. Умрет ли она после этого? Оказывается, нет. Живет, да еще способна к регенерации. Отрежем у нее зонтик, он восстановится, но только один раз. А у клетки с ядром, сколько бы ни отрезали зонтик, он всегда будет восстанавливаться. О чем это говорит? О том, что ядро синтезирует впрок необходимые для регенерации вещества. Но этих веществ не так-то уж много — у безъядерной ацетобуларии хватает только на одну регенерацию.

В природе есть виды ацетобуларии со сплошным и изрезанным зонтиком. Это дает возможность проследить, как ядро клетки влияет на формообразование зонтика. Если у таких ацетобуларий отрезать зонтики и поменять ядра, то всегда восстанавливается зонтик той формы, какому виду принадлежит ядро. И опять не снят вопрос: само ли ядро полностью заведует процессами формообразования зонтика или только шифрует пространственный код?

Проведенные опыты показывают, что ядро — один из «живых приборов» в клетке, следящих за ее пространственной формой. Но как согласуется это управление с формой, когда вместе оказываются тысячи клеток, кто или что дирижирует ими таким образом, чтобы вместе они работали как единая ткань или, более того, как орган и даже организм? Здесь начинается область научных догадок и предположений.

Ученые, занимающиеся раскрытием тайн дифференцировки клеток, прослеживают это на наиболее ранних стадиях развития организмов, когда клеток еще мало и можно как-то разобратся в их взаимосвязях, или же берут простые модельные системы и на них пытаются раскрыть принципы биокibernетики развития. Ибо даже сложнейшие кибернетические системы, применяемые в настоящее время человеком, далеко уступают отточенным в процессе эволюции механизмам управления в живом, а искусственных систем, кодирующих пространственную информацию, человек вообще пока не создал, если не считать голографии. Однако есть определенное отличие между голограммой и пространственным кодом живого. Каждая часть голограммы позволяет получить то же по величине изображение, но менее четкое, а каждая часть зародыша на самых ранних стадиях развивается в целый организм, только меньших размеров. На языке физики это звучало бы так — каждая часть голограммы может давать четкое объемное изображение, только меньших размеров. Но этого пока еще не создано.

А вот живые организмы в этом отношении творят чудеса. Проведем простой опыт. Под микроскоп положим оплодотворенное яйцо морского ежа — любимый объект эмбриологов. Яйцо вот-вот начнет дробиться. Ядро разделилось, а через некоторое время в оболочке яйца начинает появляться перетяжка. Образовалось две клетки — первые две клетки организма, называемые бластомерами. Теперь начнем экспериментировать. Отделим друг от друга эти две первые клеточки. У морского ежа это сделать просто: достаточно в пробирке с морской водой встряхнуть их как следует — и бластомеры разойдутся. Что же будет дальше? Прекратится дробление? Или из разделенных бластомеров разовьется по половинке животного? Ничего подобного. Через положенный срок из каждого бластомера сформируется целый, нормальный по форме морской еж, только размером в два раза меньше. Вот здесь-то и проявляется принцип «биологической голографии».

Взяв другое яйцо, дождемся, пока оно разделится на четыре клетки, и снова отделим друг от друга бластомеры. Опять получим четыре нормальных по форме морских ежей, но еще меньших размеров. А если бы клетки остались вместе, то каждая из них дала бы только четверть животного.

Итак, контакт клеток. Вопрос вопросов в формообразовательных процессах. Это он привел к ошибке немецкого эмбри-

олога Вильгельма Ру — он специальной иглой выжигал один из двух бластомеров лягушачьего яйца. Оставшийся бластомер, хотя еще и делился некоторое время, формируя «половинчатую» личинку (!), в конце концов погибал. Поэтому Ру был убежден, что один бластомер сам по себе нежизнеспособен. Он не знал, что достаточно было тех крошечных обгоревших остатков разрушенного бластомера, чтобы другой бластомер воспринимал себя как половину зародыша. Это еще один принцип «биологической голографии» — даже незначительная часть клетки, контактирующая с целой, воспринимается как равный по формообразовательным процессам партнер. Стоило только аккуратно, волоском, разделить бластомеры — каждый из них давал нормального головастика.

Но продолжим опыт с морским ежом. Подождем, пока яйцо разделится на восемь бластомеров (рис.11), и встряхнем пробирку. На этот раз ни из одного бластомера не получится нормальное животное. Каждый из восьми некоторое время будет делиться дальше, но потом погибнет. Значит, вот оно — начало, когда клетки становятся неодинаковыми, то есть дифференцируются. Попробуем разобраться, что же в них произошло.

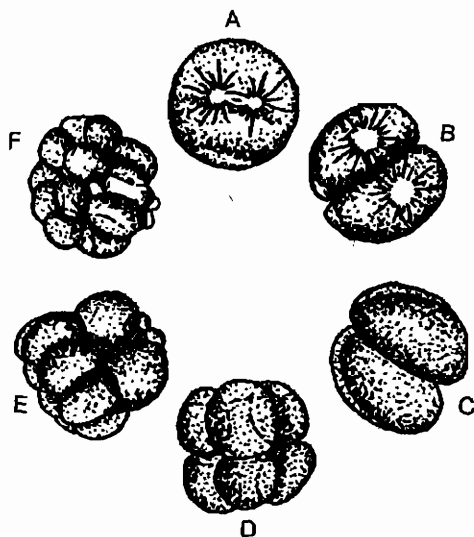


Рис. 11. Дробление яйца морского ежа (А—F—стадии дробления)

Даже не начавшее делиться неоплодотворенное яйцо устроено очень сложно. От верхнего до нижнего его полюса (как говорят биологи, от анимального до вегетативного) природа словно разложила по полочкам вещества, которые понадобятся для закладки различных органов. Через эти два полюса и проходят первые два деления. Первая борозда дробления делит яйцо пополам, вторая как бы разделяет на четыре части, и все по меридианам. Следовательно, в каждый бластомер понемногу попадает всего, что необходимо. А вот третье деление проходит по экватору, поэтому набор веществ в четырех верхних бластомерах отличается от набора веществ в четырех нижних бластомерах. В каждой четверке некомплект, поэтому полноценное животное не может развиваться.

В таком случае можно поставить эксперимент и перераспределить порядок веществ, заложенных в яйцеклетку. Тогда можно будет утверждать, что этот первичный порядок веществ в яйце и есть основа дальнейшей дифференцировки клеток. Эксперимент, подтверждающий это предположение, легко осуществим. Центрифугирование поможет по-новому взглянуть на эту проблему. Известно, что в сепараторе сливки отделяются от молока. Сделаем что-то похожее — поместим в центрифугальную пробирку яйцеклетку морского ежа и приступим к центрифугированию. Пигментные гранулы отойдут к нижнему полюсу — они самые тяжелые, выше лягут белковые гранулы и, наконец, легкие капли жира окажутся на самом верху. Настоящий слоеный пирог сделали из яйца. Из таких «центрифугированных» яиц, видимо, уже ничего не разовьется.

Но ничего подобного. Развитие идет нормально, а отделенные бластомеры также дают правильно сформированные зародыши. Где же тогда центры, управляющие пространственным развитием?

Значительная часть ученых склоняются к мысли, что руководящая роль в дифференцировке клеток принадлежит организационному (организующему) центру. Остановимся детальнее на этой гипотезе.

Посмотрим, как идет дифференцировка клеток у зародыша. Развитие его начинается с одной оплодотворенной клетки. Однако несмотря на то что произошло оплодотворение яйцеклетки (в нее проник сперматозоид, и его ядро слилось с ядром яйцеклетки, привнеся свою генетическую программу), это послужило только толчком к развитию. Из нового генетического

набора, возникшего после оплодотворения, поначалу не поступают никакие команды. Все развитие зародыша идет под контролем программы, заложенной в материнскую клетку еще до оплодотворения.

Когда американские исследователи Райт и Оно получили межвидовые гибриды, то оказалось, что изначальная материнская программа работает довольно долго, у амфибий, например, до тех пор, пока у зародыша не разовьются мышцы и не начнется сердцебиение, а у рыб и птиц отцовская программа молчит до самых поздних стадий развития зародыша. И связано это с тем, как полагают ученые, что не в ядро, а в цитоплазму яйцеклетки вложен организующий центр, который управляет развитием зародыша на ранних стадиях, до тех пор, пока не скажет своего слова генетическая программа зиготы. К этому времени зародышевая клетка много раз разделится, и в эмбрионе будут заложены все основные органы.

Значит, раннее развитие идет под контролем организующего центра, полученного непосредственно от материнского организма. Когда же образуются органы, клетки уже объединяются плотно друг с другом и обмениваются специальными веществами — органическими индукторами, ингибиторами, стимуляторами и гормонами.

Чтобы ансамбль клеток работал как одно целое, каждая клетка должна знать, что творится с другими клетками. Действительно, так и происходит. Чем более дифференцируются клетки, тем теснее становится их кооперация через промежуточную межклеточную среду или же при непосредственном контакте. Так, английскому ученому Ю. Канно удалось показать, что между клетками эпителиальных (покровных) тканей устанавливается плотный контакт, появляются уже известные нам мостики (десмосомы), через которые идет обмен электролитами и даже нуклеиновыми кислотами. Но знание клеток о состоянии своих соседей значительно обширнее, чем мы думаем. Ведь клетки развивающегося организма не только знают, где они находятся в теле, но даже знают, в какую часть органа они должны развиваться, если их пересадить в необычное для них место. Это так называемая позиционная информация, с которой подробнее познакомимся позднее.

Совершенно иначе ведут себя клетки при нарушении дифференцировки. Один из примеров такого нарушения — злокаче-

чественный рост. Это ведь тоже потеря клетками специализации. В этом случае клетки обособляются и не получают информации от соседних клеток. Поэтому клетки злокачественной опухоли больше похожи на эмбриональные, хотя дальнейшие судьбы их в корне различны: эмбриональные клетки рано или поздно сформируют нормальный организм, а опухоль образует бесформенный комок клеток с отростками.

Причина, видимо, кроется все в том же организующем центре, который с самого начала руководит развитием зародыша и специализацией клеток. Сформированный взрослый организм такого центра уже не имеет.

Однако есть животные, у которых даже опухолеродные клетки могут превратиться в нормальные. Так, тритону можно привить опухоль или вызвать ее образование, вводя под кожу канцерогенные вещества. У части животных опухоль, уже начавшая развиваться, может через некоторое время рассосаться. Завидное свойство, которым не обладаем мы, люди. Но если тритону с опухолью удалить хвост (который, как известно, регенерирует), то опухоли исчезают чаще. Регенерационные процессы способствуют превращению злокачественных клеток в нормальные. Повышенная способность к регенерации у тритонов сама по себе загадочна. Можно провести аналогию между эмбриональными клетками и тканями тритона, как бы сохранившими материал организационного центра.

Дело в том, что у живых существ, способных отрачивать недостающие части тела, восстановление того или иного пораженного органа чаще всего идет либо из сохранившихся в их теле малодифференцированных клеток, либо клетки дедифференцируются, то есть как бы возвращаются к эмбриональному состоянию. Затем эти специализированные клетки наращивают массу, а потом приступают к дифференцировке заново. Из них как бы вылепляется и развивается в пространстве недостающая часть.

С понижением регенерационной способности падает способность клеток дедифференцироваться.

Однако не всегда нарушение дифференцировки приводит к развитию злокачественных опухолей. Известно, что у человека и у животных одна ткань может превратиться в другую, твердо специализированную. Правда, мы мало что знаем о механизме такого превращения. Описаны случаи, когда зубы и челюсти

иногда развиваются в желудке. А исследователю диких кавказских козлов К. Н. Россикову приходилось встречать животных с сердцем, покрытым волосами. Это типичные случаи нарушения клеточной дифференцировки. Но во всех этих случаях есть одно неоспоримое отличие от клеток злокачественных опухолей. Клетки «забыли», какой орган они должны строить, они «спутали», но не утратили вовсе специализации, не стали независимым образованием, а работают согласованно, образуя, например, зуб или же целый плавник на голове ската, — иногда ихтиологи находят таких скатов при разборке улова со дна морского.

А можно ли вообще заставить работать генетическую программу заново и повторить развитие сначала, если взять ядро клетки, прошедшее значительный путь дифференцировки?

На этот вопрос, как известно, дан положительный ответ. Английскому ученому Гёрдону удалось вырастить вполне жизнеспособную лягушку из икринки, в которой собственное ядро было заменено ядром, взятым из кишечника, вернее, из одной клетки кишечника. Затем таких же лягушек вырастили, подсаживая в икринку ядра из клеток перепонки лапок. Но исследователи не остановились и на этом. Они пошли дальше. Р. К. Маккиннэлл со своими сотрудниками канцерогенными вирусами вызвал опухоль почки у лягушки, а затем взял из этой опухоли ядра и подсадил в икринки лягушек. Будут ли нормальными головастики? Головастики оказались нормальными (рис.12).

Во всех этих опытах прослеживается основная мысль — цитоплазма клетки воздействует на генетический аппарат и заставляет заново работать репрессированные участки ДНК. Что же касается ядер, взятых из опухолевых клеток, то опыты показывают, что само заболевание часто возникает из-за разладки генетического программирования, а не из-за нарушения в самом аппарате генов. В этом случае возникает нежелательная для организма дифференцировка или, может, даже разлад дифференцировки. Правда, некоторые ученые в этом сомневаются, потому что Р. К. Маккиннэлл не дорастил головастиков, полученных из икринок с ядрами, взятыми из злокачественных опухолей, до лягушек, как это сделал Гёрдон при пересадке в икринку ядер из нормально дифференцированных клеток. Кто знает, может быть, после того как лягушка доросла бы до взрослого состояния, у нее в почке появился бы рак. Сомнения обоснованны.

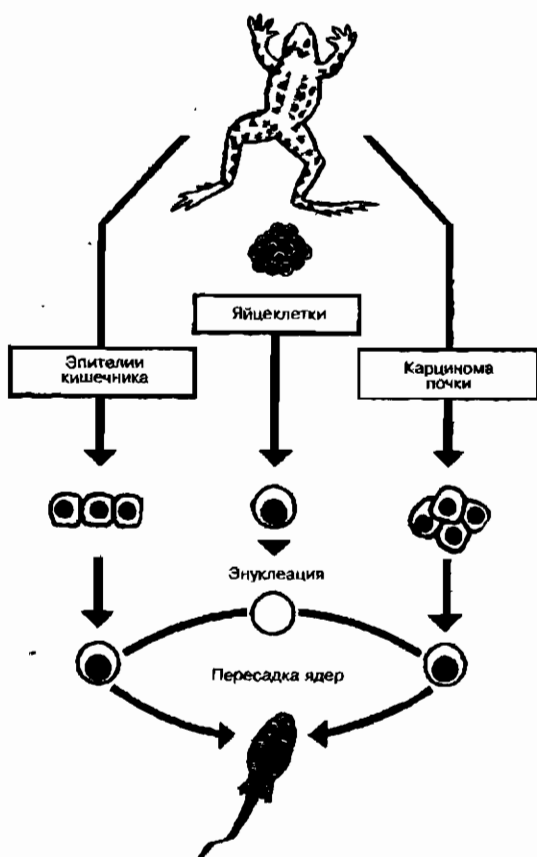


Рис. 12. Пересадка в икринку лягушки клеточных ядер эпителия кишечника и из опухоли почки

Но опыты с канцерогенными химическими веществами все-таки подтверждают, что гипотеза о нарушении генетической активности из-за раздифференцировки клеток или их репрограммирования ближе всего к разгадке сущности рака.

А на очереди опыты по пересадке ядер из дифференцированных клеток в яйцеклетки млекопитающих. Правда, технически это сделать труднее, чем с икринками лягушек или рыб: яйцеклетки у млекопитающих в сотни раз мельче, и развитие зародыша идет внутри материнского организма. Но и эти труд-

ности ученые стараются обойти и уже работают над эктогенезом, то есть конструируют специальные аппараты и выращивают в них зародыши. Другое направление — подраживание дробящейся яйцеклетки в пробирке, а затем подсадка ее в полость матки приемной матери. В принципе самая необычная вещь открыта: из большинства клеток взрослого организма можно вырастить точные копии того существа, от которого взяты ядра клеток. Биологи уже начинают широко использовать этот процесс, называемый клонированием.

Итак, перед исследователями стоит задача раскрыть механизм воздействия организующего центра на наследственный аппарат. Возможно, что после раскрытия этих связей человек вплотную подойдет к управлению дифференцировкой клеток. Так как же устроен организующий центр — прибор, определяющий порядок работы генов, а может быть, и ведающий пространственной дифференцировкой?

Эмбриологи давно обратили внимание, что в яйцеклетках есть важная зона, после удаления которой развитие приостанавливается. Эта зона часто выявляется морфологически как у беспозвоночных, так и у позвоночных, правда, строение ее может быть различным.

У моллюска денгтилиума еще до начала деления оплодотворенной яйцеклетки на одном из полюсов выявляется обособленная часть. Она светлее других частей яйцеклетки и отделена от нее небольшой перетяжкой (рис. 13). Это и есть «живой прибор», следящий за развитием. Его называют полярной лопастью, или организующим центром. Без организующего центра так же, как и без генетической программы, развитие организма



Рис. 13. Полярная лопасть в яйцеклетках моллюска денгтилиума:
а — морской еж — пигментированная полоса; б — асцидия и лягушка — серп

прекращается. Простой опыт подтверждает это: если микро-
 скальпелем удалить полярную лопасть, развитие остановится.

Казалось бы, бери эту лопасть и исследуй. А между тем по-
 смотреть, как циркулируют вещества между яйцеклеткой и
 лопастью, пока не удалось. Трудно, не повреждая клетку, вести
 исследование внутри нее. Видимо, не в одном химическом со-
 ставе дело — сама структура организующего центра тоже важна.
 Пока это образование остается загадочным.

В яйцеклетках других животных организующий центр мо-
 жет и не быть так четко выделен, как у моллюска денталиума.
 Так, у асцидий и амфибий на одной стороне яйцеклетки мож-
 но различить образование желтого или серого цвета — желтый
 или серый серп (рис. 14). У морских ежей это уже не серп, а по-

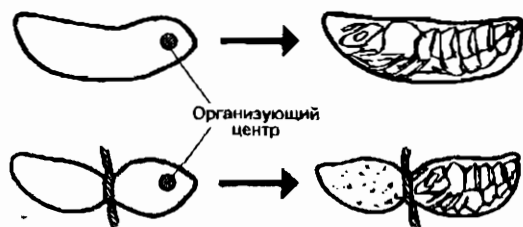


Рис. 14. Опыты с развитием перевязанного зародыша стрекозы

losка. Почти в каждой яйцеклетке можно найти образование,
 которому предназначено быть прибором, следящим за развити-
 ем. Химический анализ этой области показывает, что в ней со-
 средоточено большое количество нуклеиновых кислот (РНК),
 здесь же накапливаются запасы желтка и другие высокоэнерге-
 тические вещества.

Если яйцеклетку разделить на две части, в одну из которых
 попадет весь организующий центр, а вторая часть останется без
 него, то судьба этих частей будет различна. Та часть, где ока-
 жется организующий центр, даст нормально сформированный
 зародыш, только меньших размеров. Часть, где организующего
 центра не было, округлится, клетки в ней еще некоторое время
 будут делиться, но никогда нормального зародыша не получит-
 ся, будет только комок клеток.

Вот пример такого разделения. Яйцеклетка лягушки после
 первого деления образует два бластомера. Каждому из бласто-

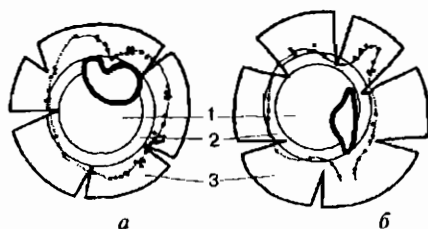


Рис. 15. Полоса митозов повторяет конфигурацию травмы в эпителии хрусталика лягушки:

a, б — митозы в эпителии при различной конфигурации травмы;

1 — центральная зона; 2 — герминативная зона; 3 — предэкваториальная зона (точки — отдельные посттравматические митозы)

меров достается ядро, а вот организующий центр — необязательно. Все зависит от того, как прошла борозда дробления. Если она пройдет через серый серп, то его части попадут в оба бластомера. Если такие бластомеры разделить микроинструментами, каждый из них разовьется в полноценный зародыш. Другое дело, когда борозда дробления прошла мимо серого серпа, тогда в один бластомер попадает весь организующий центр, а другой оказывается без материала серого серпа. Если не отделять бластомеры, то развитие будет нормальным. Но при разделении бластомеров друг от друга искусственным путем получим картину, о которой уже говорили. Бластомер с серым серпом даст нормального головастика, а впоследствии — лягушку, бластомер без серого серпа не будет развиваться.

Сходная картина наблюдается у насекомых, например у стрекозы. У нее удлиненное яйцо, и организующий центр лежит как бы в хвостовой части. Если после нескольких делений тонким волоском перевязать яйцо пополам, то нижняя часть с организующим центром даст хотя и карликовый, но нормально развитый эмбрион, в то время как верхняя часть, не получая нужных команд, приостановит свое развитие (рис. 15).

Среди ученых нет полной договоренности, что считать критерием дифференцировки или специализации. Во всяком случае, дифференцировка заканчивается тогда, когда клетка перестает получать сигналы от организационного центра или от других клеток, а главное — перестает перестраивать свою генетическую программу. В полностью дифференцированной клетке работают только строго определенные гены, то есть в ней работают те уча-

стки ДНК, которые ответственны за синтез белков в том органе, где находится эта клетка. Если этот порядок нарушить и в клетке начнут работать гены, которым надлежит «молчать», то тут-то и возникают опухоли. В дифференцированных клетках они возникают чаще, ведь на них уже не оказывает влияния организующий центр, который в раннем детстве ведет клетки «за ручку».

Информационное поле жизни

Картина развития организмов, или морфогенез, постоянно протекает на наших глазах. И не зря видный американский биолог Э. Синнот сказал, что «морфогенез, поскольку он связан с самой отличительной чертой живого — организацией, — это перекресток, куда сходятся все пути биологических исследований... Именно здесь, вероятно, нужно ожидать в будущем самых крупных открытий».

Какие же знаки есть на этом перекрестке? Где хранится «живой прибор», следящий за тем, как генетическая запись с химического языка переводится в реальную объемную структуру, в тело? Генетической программе в одиночку выполнить это невозможно. Да и опыты, о которых говорилось ранее, подтверждают, что не обойтись без организационного центра. Ведь в каждой клетке организма заложена одинаковая генетическая программа, в каждой клетке есть вещества, поступившие из организационного центра. А как совершается общее руководство пространственным расположением и формой клеток?

Клетки, строящие организмы, специализируются, а порой даже отмирают, чтобы получить необходимую пространственную структуру. Например, так образуются пальцы на конечностях зародыша, когда ткани между будущими пальцами гибнут, а из пластинок — зачатка кисти — формируется пятипалая рука. Неизвестный скульптор, ваяя живое существо, не только перераспределяет, но и даже удаляет ненужный материал, чтобы создать то, что намечено генетической программой.

Молекулярная генетика выяснила пути передачи информации от ДНК к информационной РНК, которая, в свою очередь, служит матрицей для синтеза белков из аминокислот. Сейчас интенсивно изучается влияние генов на обмен веществ в клет-

ке и на их синтез. Но для создания пространственной структуры, скажем, клубня редиски или причудливой раковины, вряд ли достаточно одних генов. Сомнения такого рода десятилетиями будоражат умы эмбриологов, людей, занимающихся пространственной дифференцировкой клеток, и в результате появилась концепция «морфогенетического поля». Смысл множества теорий эмбрионального поля сводится к тому, что вокруг эмбриона, или зародыша, присутствует особое поле, которое как бы лепит из клеточной массы органы и целые организмы.

Наиболее разработанные концепции эмбрионального поля принадлежат австрийцу П. Вейсу и советским ученым А. Г. Гурвичу и Н. К. Кольцову. По их мнению, поле не обладает обычными физико-химическими характеристиками, а А. Г. Гурвич назвал его биологическим полем. В противоположность этому Н. К. Кольцов полагал, что поле, командующее целостностью развивающегося организма, сложено обычными физическими полями.

Исследователь П. Вейс писал, что первоначальное морфогенетическое поле действует на клеточный материал, формирует из него те или иные зачатки органов организма и что по мере развития образуются все новые и новые поля, командующие развитием органов и всего тела особи. Короче говоря, развивается поле, затем его зародыш, причем клетки организма весьма пассивны, ими руководит морфогенетическое поле. Концепция же биологического поля А. Г. Гурвича зиждется на том, что поле создается в каждой клетке организма. Однако сфера действия клеточного поля выходит за ее пределы, клеточные поля как бы сливаются в единое поле, которое меняется при пространственном перераспределении клеток.

Согласно обеим концепциям эмбриональное поле развивается так же, как и весь зародыш. Однако, по Вейсу, оно делает это самостоятельно, а по теории А. Г. Гурвича под влиянием клеток зародыша.

Но если взять за аксиому самостоятельное развитие морфогенетического поля, то наши знания не продвинутся вперед ни на шаг. Ибо, чтобы хоть как-то объяснить пространственное развитие самого морфогенетического поля, нужно вводить новые поля 2-го, 3-го порядков и так далее. Если же клетки сами строят себе морфогенетическое поле, а затем изменяются и перемещаются под его воздействием, то это поле выступает как

орудие для распределения клеток в пространстве. Но тогда как объяснить форму будущего организма? Скажем, форму лютика или бегемота. К тому же, по теории А. Г. Гурвича, источником векторного поля является ядро клетки и только при сложении векторов получается общее поле.

А ведь неплохо себя чувствуют организмы, у которых только одно ядро. Например, трехсантиметровая одноклеточная водоросль ацетобулария обладает ризоидами, напоминающими корни, тонкой ножкой и зонтиком. Как одно-единственное ядро со своим полем дало такую сложную форму и как под его влиянием построилась такая сложная пространственная структура? Если у ацетобуларии отрезать ризоид, в котором содержится ядро, она не потеряет способности к регенерации. Например, если ее лишить зонтика, он снова вырастает. Где же тогда заключена пространственная память? Эксперименты с ацетобуларией убеждают, что концепция биологического поля А. Г. Гурвича не применима к одноклеточным организмам.

Можно ли найти выход из создавшихся противоречий? Давайте порассуждаем. Почему эмбриональное поле непременно должно меняться при развитии организма, как и сам зародыш? Не логичнее ли думать, что поле с первых же стадий развития не меняется, а служит той матрицей, которую зародыш стремится заполнить? Но откуда взялось само поле и почему оно столь четко соответствует генетической программе, присущей данному организму?

И не стоит ли предположить, что поле, управляющее развитием, порождено взаимодействием спиральной структуры ДНК, где хранится изначальная генетическая запись, с окружающим пространством? Ведь это может дать как бы пространственную запись организма, будь то тот же лютик или бегемот. При увеличении числа клеток в ходе их деления поля, образованные воздействием ДНК на пространство, суммируются, общее поле растет, но не меняет своей пространственной организации и сохраняет присущую только данному организму структуру. Едва юный организм исчерпает наследственную программу, и контуры каких-то составляющих эмбрионального поля и самого организма совпадут, рост должен прекратиться. Поле организма, спаивающее воедино все части и командующее развитием, по моему, точнее именовать индивидуальным информационным полем. Какова же его предполагаемая природа?

По одним понятиям, это комплекс физико-химических факторов, которые образуют единое поле (Н. К. Кольцов). По мнению других исследователей, морфогенетическое поле, возможно, вбирает в себя все ныне известные физико-химические взаимодействия, но представляющие собой качественно новый уровень этих взаимодействий. А так как каждому существу присуща индивидуальность, записанная генетическим кодом, то и информационное поле сугубо индивидуально. Никого не удивляет, что ядро любой клетки организма таит в себе всю генетическую память. В ходе дифференцировки в разных органах начинает работать только та часть генетической программы, которая командует синтезом белков в данном конкретном органе или даже в отдельной клетке. А вот информационное поле, наверное, всегда целое. Иначе просто не объяснить его сохранности даже в малой части организма.

Такое предположение отнюдь не умозрительно. Чтобы показать целостность информационного поля в каждой части организма, возьмем удобные для этого живые существа.

Слизистый грибок миксомицет диктиостелиум. У него, как мы писали, любопытный жизненный цикл. Сначала все клетки как бы рассипаны и передвигаются по почве в виде «амеб», затем одна или несколько клеток выделяют вещество акразин, что служит сигналом: «Все ко мне». «Амебы» сползаются и образуют многоклеточный организм плазмодий, который выглядит червеобразным слизнем. Этот слизень выползает на сухое место и превращается в маленький тонконогий грибок с круглой головкой, где находятся споры. Прямо на глазах из клеток собирается сложный организм, который как бы заполняет имеющееся у него информационное поле. Ну а если наполовину сократить количество сливающихся клеток, что получится — половина грибка или целый? Так и сделали в лаборатории. Из половины «амеб» получается той же формы грибок, только вдвое меньше. Оставили четвертую часть клеток — они опять слились и дали грибок со всеми присущими ему свойствами и генетически заложенными формами, только меньших размеров. Получается, что любое число клеток несет информацию о форме, которую им надо сложить, собравшись вместе. Правда, где-то предел есть, и малого количества клеток может не хватить для построения грибка. Однако, зная все это, трудно отказаться от вывода, что форма грибка заложена в информационном поле

еще тогда, когда организм рассыпан на отдельные клетки. При слиянии клеток их информационные поля суммируются, но это суммирование выглядит скорее как разрастание, раздувание определенного поля.

А плоские черви планарии могут восстанавливать свой облик из трехсотой части своего тела. Если нарезать планарии бритвой на части и оставить их в покое на три недели, то клетки меняют свою специализацию и перестраиваются в целые. Через три недели вместо изрубленных на куски плоских червей по дну кристаллизатора ползают планарии, почти равные взрослым и едва заметные на глаз крошки. Но у всех видна головка с глазками и расставленными в стороны обонятельными ушками, все они одинаковые по форме, хотя различаются по размерам в сотни раз. Каждое существо сформировалось из разного количества клеток, но по одному «чертежу». Вот и выходит, что любой кусочек тела планарии нес целое информационное поле.

Сходные опыты я ставил и с одноклеточными организмами, с крупными, два миллиметра ростом, инфузориями спиростомами. Такую инфузорию можно разрезать микроскальпелем под микроскопом на шестьдесят частей, и каждая из них снова восстанавливается в целую клетку. Инфузории растут, но не бесконечно. Клетки, достигнув положенного им размера, как бы упираются в невидимую границу. Вот эту границу и может поставить информационное поле.

Получается, что информационное поле одинаково служит одноклеточным, колониальным и многоклеточным организмам. И не стоит ли предположить, что еще до оплодотворения половые клетки несут кодовые информационные поля? А при слиянии яйцеклетки и сперматозоида объединяются и их информационные поля, давая промежуточный, или обобщенный тип, несущий признаки отца и матери.

Клетки могут жить без ядер, но теряют способность к регенерации и самовосстановлению. Правда, отмечается иногда регенерация и при отсутствии ядра. Вспомним про ацетобулярию — у нее новый зонтик может отрасти и без ядра. Хотя регенерация зонтика у ацетобулярии при отсутствии ядра может осуществиться только один раз, но и этого уже достаточно, чтобы предположить невероятное: информационное поле некоторое время сохраняется вокруг клетки, даже если она лишена основного генетического материала!

Размеры живых существ закреплены генетически. Мышь-малютка и громадный слон вырастают из яйцеклеток, почти равных по размеру. Даже существа одного вида, у которых генетическая программа развития очень близка, которые легко скрещиваются, по размерам могут быть различны. Сравните, например, собачку чи-хуа-хуа, которую можно засунуть в карман, и огромного дога.

Условия для организма могут быть хорошие и плохие. Организм может расти быстро или медленно, но в норме он не перерастает невидимой, генетически закрепленной границы своих размеров. Пока, кроме информационного поля, пожалуй, нельзя предположить никакого иного механизма, управляющего ростом, который точно воспроизводил бы наследственную запись в ядре любой клетки и в то же время объединял бы все клетки в единое целое.

Много труда приложили биологи, чтобы выявить причины, побуждающие клетку начать деление-митоз. Научись люди управлять этим процессом — и над злокачественными опухолями, в которых пока неудержимы клеточные деления, будет занесен меч.

Взгляните на кончик своего пальца, вы увидите папиллярные линии — гребешки кожи, образующие узор, характерный только для вас. При повреждении они могут быть совсем уничтожены. Однако если не образуется рубца, после регенерации папиллярный рисунок опять появится. Трудно поверить, что на такое изощренное художество способны кейлоны. А вот информационное поле вполне подошло бы для роли живописца.

Недавно я экспериментировал с эпителием хрусталика глаза лягушки. Каждый раз при травмировании хрусталика митозы появлялись в неповрежденных частях эпителия, а полоса митозов точно повторяла конфигурацию травмы. И еще одна странная особенность: площадь, ограниченная полосой митозов, не зависит от величины травмы. Теории раневых гормонов и кейлонов здесь ничего не объясняют. При химической регуляции площадь, охваченная митозами, зависела бы от величины травмы. И не информационное ли поле передает форму травмы?

Конечно, выводы делать еще рано, а дальнейшие рассуждения могут привести только к новым вопросам. Но все-таки я верю, что наступит время, когда на многое в биологии развития придется взглянуть по-другому.

Все сводится к тому, что развитием организмов и их формообразованием руководит как бы триада: генетическая про-

грамма, организационный центр и присущее только им информационное поле. Генетическая программа выступает как индекс, а организационный центр подбирает или создает свойственное данному организму поле, соответствующее индексу.

Самые различные взгляды

Итак, механизм морфогенеза пока не объяснен. У ученых, занимающихся его исследованием, складываются самые различные представления о формировании пространственных структур. Однако большинство из них сходятся во мнении, что пространственную организацию клеточной дифференциации только физическими и химическими методами не истолковать, что нужно обратиться к концепции морфогенетического поля, ведающего морфогенезом. Правда, не все морфогенетики принимают концепцию постоянно существующего вокруг развивающихся структур поля, которая была изложена в предыдущем разделе. Некоторые считают, что в процессе развития морфогенетические поля могут целиком заменяться на новые.

Такой точки зрения придерживается немецкий исследователь А. Гиерер. Его идея сводится к тому, что генетический аппарат генерирует сигналы для замены одного формообразующего поля другим. Если это так, то вокруг любого существа, как «рубашки», меняются поля, когда организм дорастает до границ очередной «одежды». С этой точки зрения, на развитие морфогенетического, или формообразующего, поля можно смотреть как на цепь скачков в перестройке пространственной информации. Таким образом, генетический аппарат в этой теоретической разработке показан как прибор, ведающий заменой одного поля на другое. Но автор этой гипотезы признает, что связь формообразующего поля с клетками и молекулярно-кинетическими процессами остается совершенно невыясненной.

А вот канадский морфогенетик Л. Трайнор, также обращающийся к концепции формообразующего поля, вообще считает, что это поле так же, как электрическое и магнитное поля в теории Максвелла, само по себе не обладает реальностью. Оно проявляется только в своих воздействиях на реагирующие на него объекты, и только в этих воздействиях оно становится



Редко какие животные могут сравниться по красоте с анемонами, похожими на сказочные морские цветы. Но эти гидроиды несут на щупальцах стрекательные клетки, которые они пускают в ход по своему желанию, сделав предварительно анализ запаха приближающегося существа. Друзей, рыб-клоунов или раков-отшельников, с которыми они живут в симбиозе, никогда не трогают



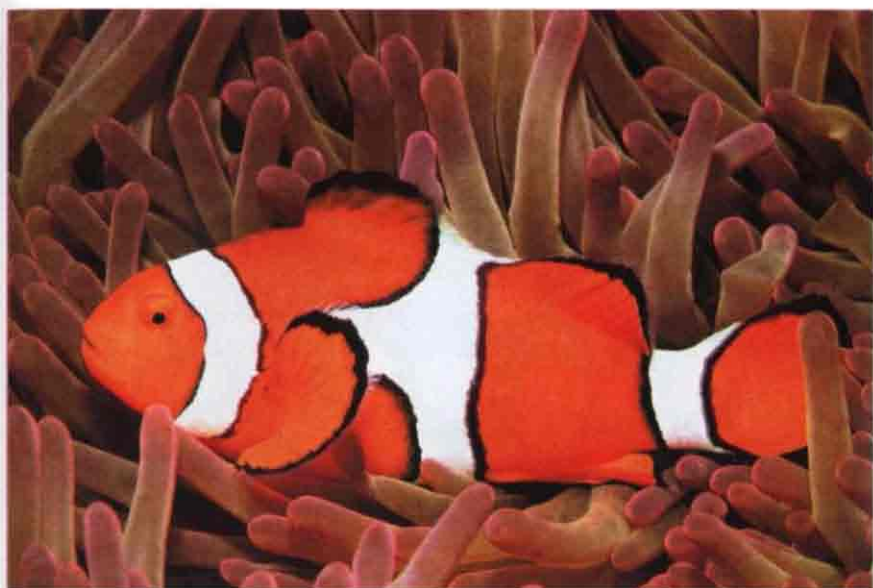
Серебряный патруль из барракуд (морские щуки) выходит «в дозор» во главе с разводящим. Общение у них идет с помощью зрения и электрических полей. Длина этих рыб достигает двух метров



Вкусовой анализатор у барабули пускается в ход перед обедом, причем рыба вредного для себя ничего не съест



Креветка-чистильщик обслуживает каменного окуня, а он в свою очередь позволяет ей чистить зубы, узнавая креветку по расцветке и запаху



Рыба-клоун в щупальцах актинии, несущих стрекательные клетки. Приятное и полезное соседство



Эта голубая ставридка и медуза — друзья. У них есть масса приборов для поддержания симбиоза, например, в случае опасности рыба прячется в щупальцах медузы



Спинорог очень ярко окрашен, но это предупреждение: «Осторожно, мое мясо ядовито!»



Даже один луч морской звезды несет всю программу о форме организма. Пройдет несколько недель, и вырастут четыре луча, которые ничем не будут отличаться от основного, — регенерация завершилась

изображение



В подводном мире идут «дожди» из коралловых яиц, это дождь в обратную сторону к поверхности воды. Каким же образом синхронизируется процесс размножения у кораллов? Это пока загадка...

Этот процесс происходит в том же месте, где и происходит процесс размножения у кораллов.



Голубой дьявол своей окраской распугивает других рыб и привлекает к себе более мелких самок



Рифовая креветка способна улавливать и запоминать все точки на кораллах, где в больших количествах отложен магнетит. Это позволяет ей ориентироваться, как в собственном доме



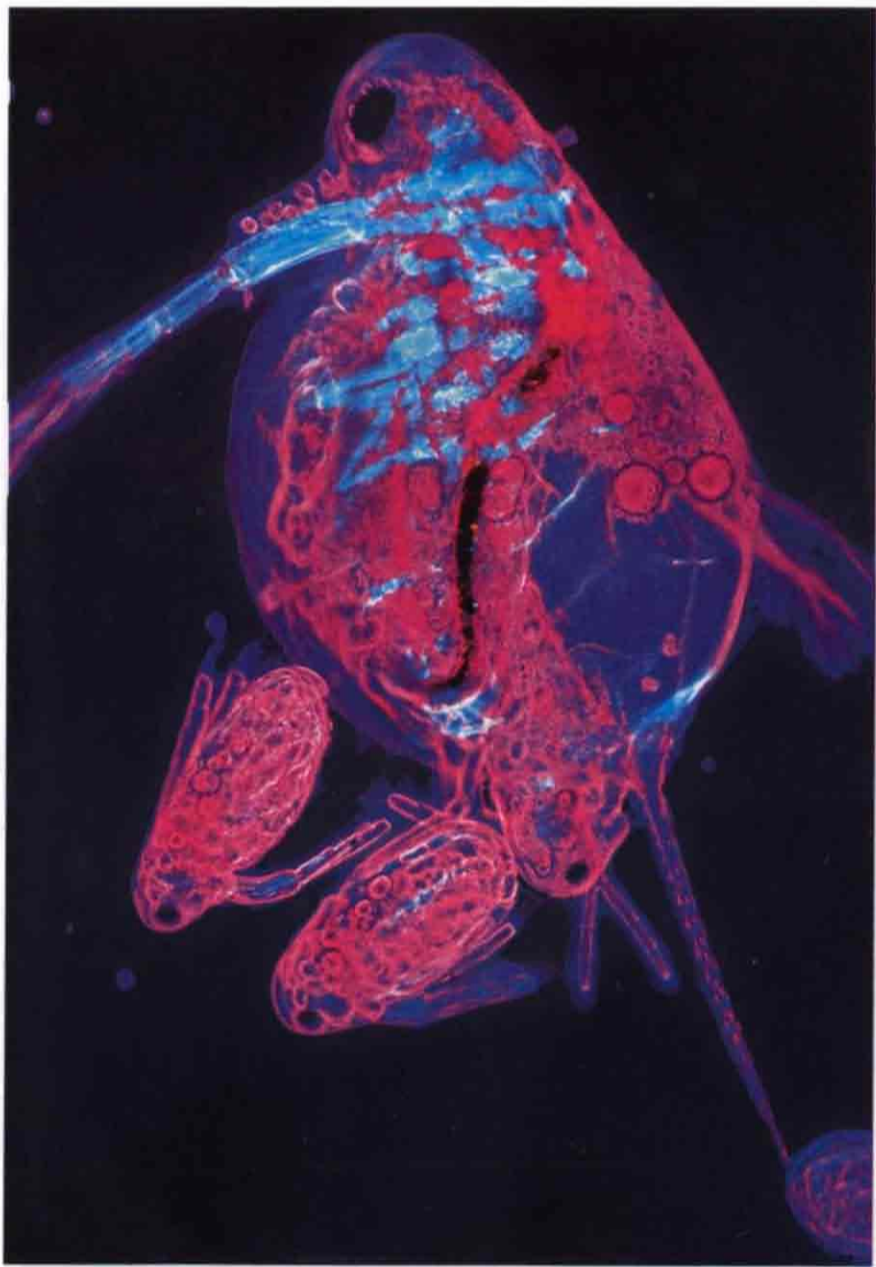
Под выступающим вперед лбом дельфина расположена жировая линза «ультразвукового глаза». А хозяин такого глаза обладает способностью «видеть» эхо и звуки, воспроизводимые сородичами. Фото Н. Ю. Симакова



Мир волка — это мир звуков и запахов. Обоняние и слух у него отменные и, пожалуй, самые совершенные среди хищных млекопитающих. Фото Н. Ю. Симакова



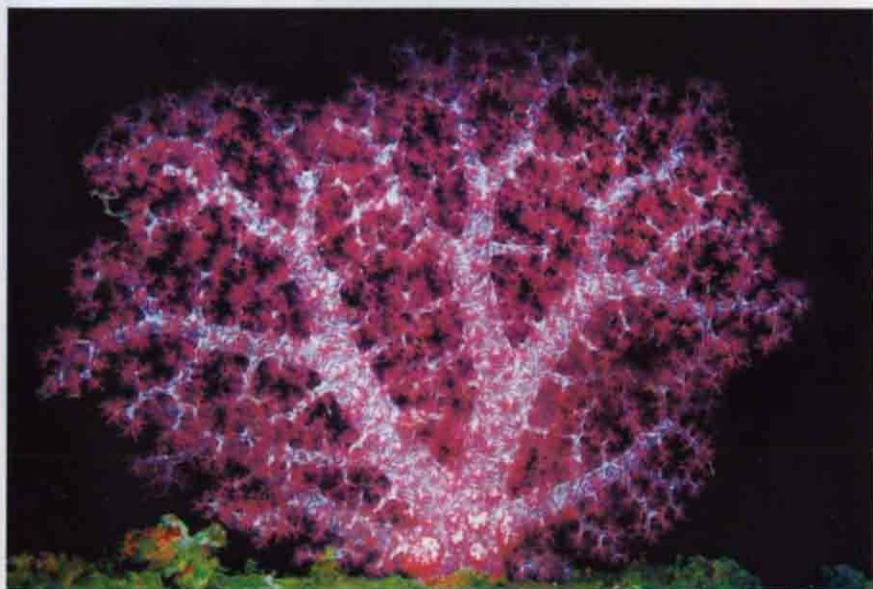
Неожиданный контакт с представителем из другого мира



Водная блоха — дафния ориентируется в воде по поляризованным лучам света. Она всегда знает, «какой час» и по «какой улице она плавает», даже если Солнце закрыто облаками. Только что родившиеся «детеныши» обладают теми же анализаторами



Под строгим контролем «регулирующего формообразования» получаются такие шедевры, как раковина архитектоника



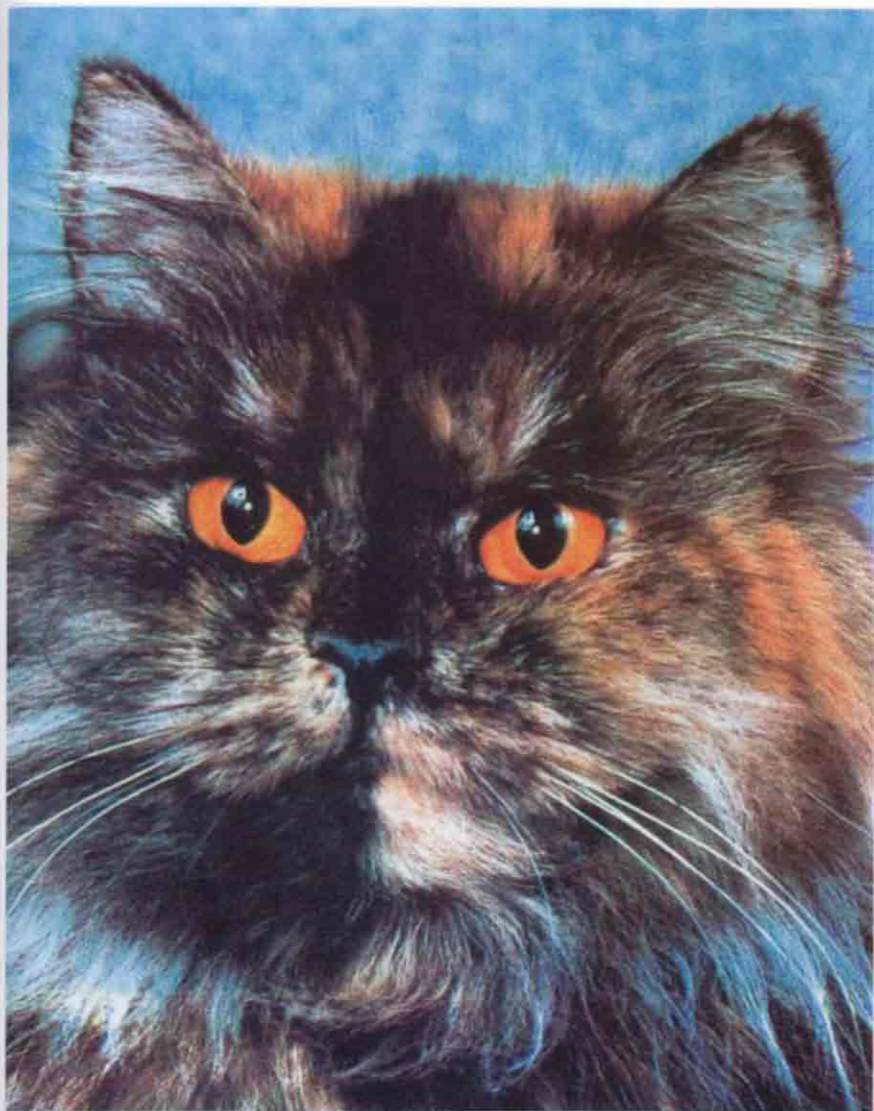
Древовидный коралл, форма которого состоит из простейших Y-элементов. Подобным образом построены кровеносная, нервная, лимфатическая и другие системы



«Улыбка» белой акулы-людоеда значительна, еще бы — ее индикаторы за километры обнаружат кровь в воде, по запаху она определит трассы движения рыб и насколько вкусна каждая из них. Да еще все живое при движении испускает электрические импульсы, что привлекает ее внимание



Перед вами большой грифон без перьев на голове и шее. Грифон-падальщик добывает пищу внутри трупов животных, поэтому ему не надо заботиться о чистоте оперения. Он появляется заранее у погибающих животных. Считается, что он видит «некробиотические лучи», исходящие от умирающих животных



Всем знакомая нам и неизвестная для нас кошка. Слух и зрение — ее главное оружие. Недавно ученые открыли, что в радужине глаза кошки содержатся клетки, подобные слуховым, значит, кошка не только видит, но и «слушает» глазами. А ее способность запоминать местность, по которой ее увозят из дома, даже в закрытой сумке, и возможность вернуться обратно, пройдя сотни километров, пока еще загадка для человека.

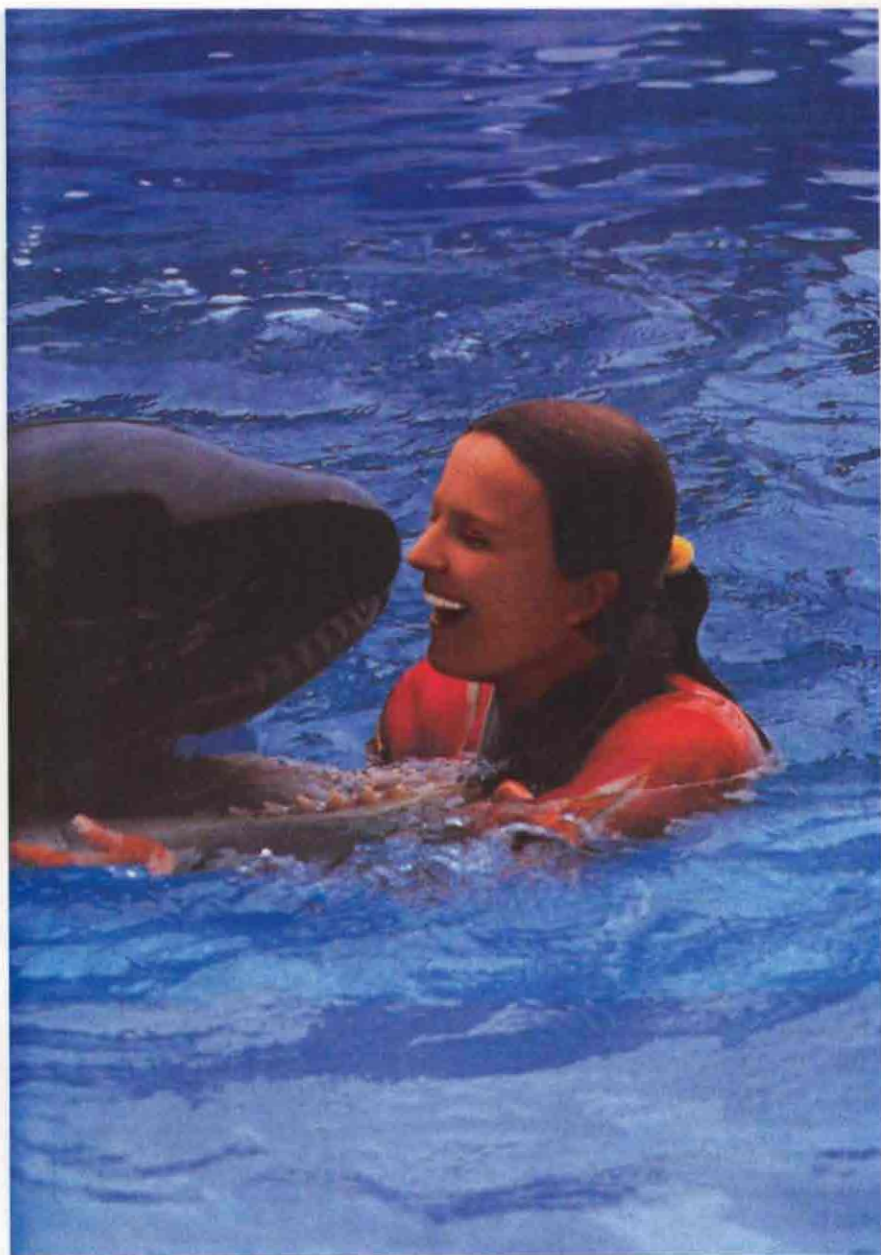
Слух и зрение — ее главное оружие. Недавно ученые открыли, что в радужине глаза кошки содержатся клетки, подобные слуховым, значит, кошка не только видит, но и «слушает» глазами. А ее способность запоминать местность, по которой ее увозят из дома, даже в закрытой сумке, и возможность вернуться обратно, пройдя сотни километров, пока еще загадка для человека.



«А что ты тут делаешь?» Самые любопытные в мире рыбы — камневые окуни. Ни одно мероприятие под водой не пройдет без их присутствия



Клюв исполинского тукана наделен такими рецепторами давления, что он способен вытаскивать из дупла яйца других мелких птиц и еще ни разу не раздавил ни одного яйца, как бы ни была тонка скорлупа



У морского млекопитающего (касатки) язык — один из наиболее чувствительных приборов, он выполняет роль термометра, барометра, является также химическим анализатором воды. С помощью языка касатки проявляют эмоции даже к человеку

предметом наблюдения. В таком случае отпадает вопрос о наличии или отсутствии морфогенетического поля, так как действие его мы наблюдаем во время развития организмов и при регенерации утраченных частей. Сами же клетки в живом организме ведут себя так, как будто бы они «знают» законы функционирования в морфогенетическом поле и команды, подаваемые для пространственного перемещения и направленной специализации.

Пожалуй, самым ярким примером пространственной дифференцировки, связанной с работой генов, вырабатывающих черные пигменты и образующих определенный рисунок на раковине моллюска скарабуса, служит работа секретирующих клеток мантии. Краевые клетки мантии, откладывающие слой за слоем вещество раковины, создают общий рисунок на пластинке как по имеющемуся уже плану. Дело в том, что раковина у скарабуса построена своеобразно. Она состоит из пластинок, все более и более увеличивающихся от верхушки раковины книзу. Изогнутые пластинки верхней и нижней сторон соединяются друг с другом, образуют приплюснутую раковину. Но самым интересным оказывается то, что рисунок на каждой пластинке повторяется. Он индивидуален для каждой отдельной особи, но на каждой пластинке копируется с необычайной точностью. Следовательно, при построении раковины программа пространственной работы генов проигрывается неоднократно. И каждый раз рисунки на противоположных пластинах и находящихся на одной стороне раковины полностью повторяются и увеличиваются согласно увеличению площади пластинки. Подобное может быть сделано только при одном условии — при проецировании пространственной программы на растущую пластинку раковины. Уже реализованный рисунок на пластинах грубо можно сравнить с телевизионными экранами. Чем больше экран, тем больше изображение.

Нельзя обойти стороной и еще одну интересную теорию так называемой позиционной информации, разрабатываемую рядом ученых во главе с английским морфогенетиком Л. Вольпертом. Эта теория развивалась из принципа физиологических градиентов и сводится она к тому, что клетки являются основным прибором, «узнающим» свое местоположение благодаря наличию в развивающейся системе градиента морфогена, то есть вещества, дающего сигнал к соответствующей пространственной

дифференцировке. Чтобы яснее понять принцип позиционной информации, Л. Вольперт вводит такую модель, как изготовление французского трехцветного флага. Ближе всего к древку расположена синяя часть флага, затем идет белая, а за ней следует красная часть. Предположим, что каждый цвет соответствует определенному виду тканей. Так как же могло получиться, что за «синей» тканью идет сначала «белая», а потом «красная»?

Представим, что древко флага и есть тот организующий центр, о котором мы только что говорили. Он испускает вещество — морфоген, вещество распространяется по всему флагу, но его концентрация падает дальше от древка. Устанавливается своеобразный градиент концентрации — от самого большого у организующего центра до минимума на самом краю. А в клетках как бы заложены определенные пороги — при каких концентрациях во что им превращаться. Они воспринимают этот градиент до тех пор, пока концентрация не упадет до первого порога, формируют «синюю» ткань; еще больше падает концентрация морфогена, до своего порога, и клетки образуют «белую» ткань и, наконец, при самом низком градиенте клетки складываются в «красную» ткань. Вот это и есть позиционная информация, когда благодаря ощущению градиента морфогена клетки чувствуют свое местоположение и специализируются в ткань, соответствующую своему пространственному положению.

Ряд проведенных опытов действительно показал, что у различных зачатков эмбриона есть небольшие участки клеток, служащие источником морфогена. Это тоже своего рода организационные центры, только не всего организма, а отдельных органов. Так, в зачатке крыла птиц обнаружен такой активный участок. Обычно он расположен у основания крыла. Благодаря градиенту морфогена, который исходит из этого центра, закладывается нормальный порядок пальцев. Если же сверху подсадить еще один такой организующий центр, то пальцы на крыле удвоятся.

Уже упоминалось, что организационный центр в яйце стрекозы находится в задней части продолговатого яйца насекомого. Подобный центр обнаружил К. Зандер из Фрайбургского университета в яйцах других насекомых, например цикадки. Вспомним и опыт, который описан ранее, — лигатурой отделялась часть яйца, и насекомое возникало только в той части, где

находился организационный центр. А Зандер видоизменил опыт, он передвинул часть цитоплазмы с организационным центром с заднего конца на середину яйца и только после этого перевязал яйцо лигатурой. Получился интересный результат: задние сегменты возникли по ту и другую сторону от организационного центра. Следовательно, и в этом случае действие организационного центра можно объяснить как работу регуляторика, испускающего позиционный сигнал.

Сразу же нужно отметить, что механизмы морфогенеза, основанные на позиционной информации, разумеется, не единственные, с помощью которых определяется форма развивающегося организма. Позиционная информация может определить крупные «блоки» тела, развертывающегося в пространстве. Изучая различные рисунки на раковинах, раскраску крыльев бабочек, раскраску птиц и рыб или же папиллярные линии на концах наших пальцев, можно понять, что посредством позиционной информации нельзя передать пространственный рисунок, сотканный живой материей.

Сами биологи признают, что они не имеют никакого представления о том, как осуществляется позиционная сигнализация, ведь она может передаваться и простыми ионами, и сложными нуклеиновыми кислотами. А как клетки, используя позиционный сигнал, точно узнают свое местоположение, — это еще одна загадка. И все же, несмотря на огромное количество белых пятен в этой концепции, отказываться от нее не стоит. Ведь позиционная информация наряду с морфогенетическим полем, может быть, как раз и «лепит» живые формы в пространстве.

Не получила достаточного экспериментального подтверждения также гипотеза, выдвинутая специалистом в области морфогенеза Б. Гудвином, но она вполне заслуживает серьезного обсуждения и привлекает к себе внимание многих биологов. В основе этой гипотезы лежит предположение, что важным фактором формообразующих процессов в развивающихся системах являются повторяющиеся периодические колебания, возникающие в самом организме. Такие колебания могут вызываться ионными потоками, идущими из активных центров, следовательно, они сопровождаются электрическими пульсирующими сигналами. Вспомним амёб слизистого грибка диктиостелиума, которые по сигналу собираются к центру агрегации, чтобы образовать многоклеточный грибок, — они ведь

периодическими волнами движутся к месту сбора. Отрезаем у крупной водоросли ацетобулярии зонтик, начинается регенерация, опять можно зарегистрировать повторяющиеся электрические потенциалы.

У морских гидроидов — таких, как тубулярия и обелия, после отрезания части тела со щупальцами отмечена сначала миграция клеток в область среза. Через пять часов клетки собираются вблизи от места среза, и из этой зоны клеточного сгущения вначале наблюдаются неупорядоченные сокращения, а затем волнообразные сокращения принимают упорядоченный характер. Организованные периодические волны сокращений идут через каждые восемь—десять минут, а на последних фазах регенерации следуют более частые сокращения — с периодом четыре—пять минут. Вот такие сверхнизкочастотные сокращения и помогают гидроиду как бы «прозванивать» свое тело при регенерации, ощущать форму всего организма и «лепить» нужную форму.

Исследователь Б. Гудвин считает, что не только при регенерации, но и при развитии зародыша по его оси могут проходить сигналы с определенным интервалом. Сигналы могут исходить даже из двух близко расположенных центров в виде колебаний с различной частотой. Там, где амплитуда колебаний будет входить в резонанс, могут возникать повышенные энергетические области, в которых может происходить активация одних и тех же генов. Действительно, теоретические выводы Б. Гудвина как бы подтверждаются. Достаточно посмотреть на развивающийся зародыш позвоночных — и можно отметить повторяющиеся одинаковые структуры, расположенные вдоль оси зародыша с равномерными промежутками. Так закладываются, например, сегментированные структуры — сомиты. Их можно найти и у рыб, и у птиц, и у человека, в зародышах всех позвоночных животных. Сегментированные структуры характерны также для большинства беспозвоночных животных.

Как гипотеза позиционной информации, так и привнесенная в биологию из математики и теоретической физики теория диссипативных или неравновесных структур, в которых совершаются колебания, требуют еще экспериментального подтверждения. Но можно надеяться, что именно разработка таких теорий принесет новые успехи в науку, ибо сочетание интуитивных построений и экспериментальных данных подчас приво-

дит к революционным сдвигам в познании. Профессор Московского университета Л. В. Белоусов — один из ведущих специалистов в области морфогенеза — считает, что оптимальное решение проблем формообразования, возможно, со временем включит в себя как теорию диссипативных структур, так и теорию морфогенетических полей. С этим мнением нельзя не согласиться. Однако процесс морфогенеза и регуляции формы живых организмов настолько сложен, что в процессах формообразования вполне могут принимать участие также позиционная информация и способность организмов к творчеству во время развития.

На первый взгляд может показаться, что произошла ошибка. Как это можно эмбриогенез рассматривать как творческий процесс? Однако американский исследователь В. Эльзассер именно так и считает. По его мнению, анализ молекулярно-биологических явлений в терминах физики и химии не является полным. Мысль приходит все к тому же, о чем мы говорили раньше: биологические объекты нельзя исследовать только методами классической механики, так как введение любых приборов или датчиков в живые клетки нарушает их структуру. Тогда живые объекты могут быть описаны законами статистической физики. Однако и здесь можно найти существенное отличие живых систем от физических и химических. Живые системы настолько гетерогенны, что невозможно произвести усреднение при исследовании их поведения обычными методами. К большинству систем мы применяем механистическое описание, выделяем отдельные части их поведения, упрощаем и стремимся понять общее по изучению отдельных частей. Для изучения развивающихся систем такой прием не подойдет. Ведь для формообразовательных процессов живые структуры отбирают такие информационные сигналы, которые энергетически почти не различимы с шумом. Вот эта способность живого выбирать нужные сигналы и может быть отнесена к творчеству. Большинство неживых систем стремится к равновесному состоянию, в них возрастает энтропия, а живые системы, наоборот, нарушают закон возрастания энтропии в процессах передачи информации. Особенно наглядно это видно в развивающихся системах, когда количество информации в ходе морфогенеза резко возрастает.

Какую же роль тогда можно отвести генам, если весь организм творчески подходит к своему развитию? Нужны ли они? Бесспорно.

Гены при таком подходе представляют собой как бы оперативные символы, с помощью которых реализуются творческие процессы в эмбриогенезе, регенерации и во всем индивидуальном развитии. Наличие генов необходимо для синтеза строго индивидуальных белков, но их недостаточно для развертывания тела в пространстве. Таким образом, В. Эльзассер, введя концепцию творческой способности развивающихся организмов, признает, что в природе существуют обобщенные закономерности, не сводимые к математически выражаемым законам, к физическому и химическому уровням развития материи.

Электростимуляторы роста и регенерации

Сколько бы мы ни рассуждали о морфогенетических полях, их природа для нас остается загадочной. Но один компонент этих полей явно действует на процессы формообразования и роста у живых организмов. Таким компонентом является их электрическое поле, создаваемое живыми клетками и отдельными органами. И тут ученые пошли еще дальше: они пытаются даже имитировать слабые электрические поля и ускорять регенерацию органов и тканей с их помощью, а иногда даже менять весь формообразовательный процесс.

Так уж получилось, что человек прежде всего познакомился со свойствами электрических полей — очень эффективное действие оказывают друг на друга заряженные объекты. Поэтому уже с конца XIX века исследователи начали проверять действие электрического поля на растения и животных, особенно во время роста и развития испытуемых объектов. Несовершенное оборудование и противоречивые результаты не позволили сделать объективных выводов. Но техника эксперимента оттачивалась, и уже в 1922 году Э. Лунд обнаружил интересную закономерность — слабые электрические токи, пропускаемые через среду, могут ориентировать плоскость первого деления в яйцеклетке бурой водоросли фукус. Первое деление шло в плоскости, перпендикулярной к направлению тока. Но еще более интересные результаты появились у того же автора, когда он изучал действие электрического поля на полярность регенерирующего гидроида.

Вспомните, в связи с морфогенезом мы уже говорили об этом странном беспозвоночном животном, похожем на веточку растения. Действительно, если отрезать кусочек обелии и поместить в электрическое поле, то куда он будет расти — верхним концом к положительному или отрицательному полюсу? Э. Лунд так и сделал. Он вырезал кусочек гидроида и поместил его на пятнадцать часов в электрическое поле с плотностью тока 0,02 миллиампера на квадратный миллиметр. Оказалось, что верхний конец всегда растет к аноду, или положительному полюсу. Ну а если кусочек обелии положить верхним концом к катоду, или отрицательному полюсу, — это же будет противоречить его собственному электрическому полю? И действительно, течение регенерации изменилось на противоположное. Нижний конец гидроида стал как бы верхним и начал расти к аноду. Более сильное внешнее электрическое поле подавило электрическое поле гидроида и заставило клетки поверить, что верхний конец находится в противоположной стороне. Опыты Э. Лунда были повторены другими учеными — такими, как С. Роуз, С. Смит, только на других беспозвоночных животных, способных к регенерации. Так, С. Роуз работал на гидроиде тубулярии, и у него получалось, что головной конец возникал всегда у катодного полюса независимо от ориентации куска гидроида. Как видим, другой объект и другие результаты.

Сходные результаты получились и при регенерации у планарий. Планариям отрезали голову и хвостовой отдел. Независимо от ориентации головной конец возникал всегда у катола. Но можно так подобрать плотность тока, что собственное электрическое поле планарий тоже будет оказывать воздействие на морфогенез. Тогда планария, помещенная хвостовым концом к катоду, начинает отращивать вместо хвоста голову, да и своя собственная голова растет на противоположном конце. И получается животное с двумя головными отделами, направленными в разные стороны.

Слабые электрические поля действуют на регенерацию не только у беспозвоночных животных; у позвоночных животных под действием электрических полей ускоряется регенерация конечностей, срастание костей и заживление ран. Всем известно, что переломы костей срастаются, или регенерируют. Но каково было удивление исследователей, когда они заметили, что переломы костей у земноводных сопровождаются изменением их

электрического потенциала. Происходит как бы электрический всплеск, продолжающийся несколько дней, затем заряд из положительного переключается на отрицательный и медленно возвращается к исходному. Все эти электрические колебания способствуют тому, что клетки крови, излившиеся в область травмы и давшие гематому, проходят расспециализацию. Эритроциты превращаются в клетки, напоминающие клетки эмбрионального типа, а затем из них образуется хрящ, который заменяется костью. Ученых заинтересовало: не электрическое ли поле способствует этому превращению клеток? Они проследили за поведением клеток в культуре при действии электрического поля. Оказалось, что культивируемые эритроциты начали терять признаки специализации и превращались в округлившиеся клетки, напоминающие клетки эмбриона. Значит, электрическим полем можно стимулировать регенерацию, и, возможно, высшие млекопитающие и человек только потому не могут отрастить утраченную конечность, что их собственный потенциал значительно уступает тому всплеску электрического поля, который наблюдается, скажем, у тритона, способного к регенерации конечности?

Роберт Беккер, ученый-ортопед, работающий в одном из госпиталей для ветеранов в США, решил провести электростимуляцию регенерации конечности у крыс. Он ампутировал на уровне плечевой кости конечности у двадцати однодневных крыс, а в оставшуюся часть мускулатуры вживил электроды. Сила тока подбиралась примерно такой величины, какая естественно возникает при удалении конечности у тритона. Контрольным крысам либо вообще культю не стимулировали, либо ток давали значительно большей величины.

Результат оказался положительным. У значительной части животных реконструировалась целая плечевая кость, практически неотличимая от нормальной. Правда, другие ткани не восстановились полностью и дали что-то похожее на одну из стадий регенерации конечности у саламандр. Роберт Беккер считает, что можно подобрать оптимальные условия электростимуляции, при которых регенерирует вся конечность у млекопитающих, а возможно, и у человека.

Таким образом, можно в какой-то мере считать, что электрическое поле играет значительную роль в «живом приборе», следящем за развитием или регенерацией частей организма. Но

электрическое поле самого организма имеет сложный пространственный рисунок, который в настоящее время человек еще не может создать. И это не удивительно — ведь собственное электрическое поле организма формируется путем суммационного наложения отдельных микроскопических клеточных полей делящихся клеток. Экспериментаторы же, подключая искусственное электрическое поле, могут только внести искажение в кружевной пространственный рисунок электрического поля самого организма, которое играет важную роль в формообразующих процессах. И, как видно из приведенных выше примеров, — это действие не бесследно. К тому же электрическое поле не единственный компонент общего формообразующего поля, управляющего процессами морфогенеза. Частично уже исследовано действие магнитного поля живого организма. Но значительная часть других составляющих формообразующего поля еще не изучена.

Какое же воздействие может оказывать электрическое поле на процессы формообразования? Здесь тоже нет окончательного ответа, но существует несколько гипотез.

По одной из этих гипотез, которой придерживается С. Роуз, электрическое поле живых организмов своей пространственной конфигурацией влияет на транспорт специфических репрессоров, ведающих дифференцировкой клеток. Это создает картину химической цитодифференцировки, в какой-то мере отражающей пространственный рисунок самого электрического поля. Чтобы подтвердить эту гипотезу, были поставлены оригинальные опыты все с тем же гидроидом табулярией. Если отрезки табулярии соединить последовательно, то верхний отращивает щупальца, у него образуется рот; а рост нижнего подавляется, он становится как бы хвостовым отделом. Ну а теперь попробуем соединить отрезки табулярии «лицом к лицу». Получается совсем другое дело: каждый регенерирует головной конец самостоятельно, как будто между ними нет взаимодействия. Исследователь С. Роуз объясняет это тем, что при последовательном соединении гидроиды образуют одно общее электрическое поле. Когда же их головные концы направлены друг к другу, то их поля не объединяются.

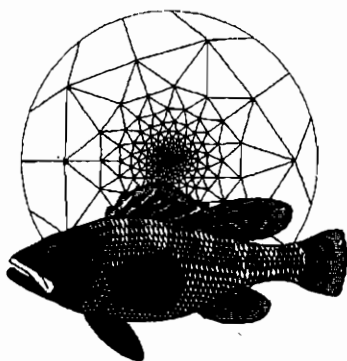
Конечно, гипотеза С. Роуза оригинальна, и опыты убедительны, но ведь предложенный механизм объяснения формообразовательных процессов, по-видимому, применим только к низшим организмам — таким, как кишечнополостные.

Другая гипотеза, разработанная рядом ученых, называется информационной. Есть мнение, что межклеточные связи, а следовательно, пространственная дифференцировка регулируются за счет безнервной передачи информации. Роль таких передатчиков информации в организме выполняют щелевые контакты, которые образуются на ранних стадиях развития. Авторы гипотезы предполагают, что расположение щелевых контактов определяется электрическим полем. Если слабое электрическое поле, созданное экспериментаторами, по своим параметрам будет близко к электрическому полю организма, то это может привести к передаче информационных сигналов и изменить процессы дифференцировки и роста.

Понимая всю сложность рассматриваемого вопроса, В. Р. Протасов приходит к выводу, что слабые длительно действующие электрические поля, несомненно, влияют на формообразовательные процессы, но их действие неоднозначно. Механизм воздействия электрических полей на процессы роста, развития и регенерации, возможно, опосредован изменением других полей, химических реакций и других биологических процессов.

Пытаясь понять механизмы формообразования и управления пространственной конфигурацией организмов, мы рассмотрели основные направления и пути, по которым идут ученые, чтобы раскрыть глобальную загадку биологии — процесс морфогенеза. Сами же механизмы и формообразовательные приборы окончательно не познаны, их контуры только вырисовываются в представленных здесь гипотезах. Время важнейших открытий в биологии еще впереди!

Глава девятая



Датчики экологического равновесия

Там, где отступают физика и химия

Защиту окружающей среды от промышленных загрязнений называют сейчас проблемой века. И неудивительно. Кого не волнует этот вопрос, ставший одним из самых актуальных и острых! Необходим четкий контроль за состоянием окружающей среды, и, чтобы предотвратить надвигающуюся опасность, нужны приборы, которые вовремя сообщат о сдвигах экологического равновесия в природе.

Созданы совершенные аналитические приборы, которые быстро выдают количественную оценку содержания того или иного вещества в воздухе, в воде или в почве, точно определяют его концентрацию. Но с экологической точки зрения сведений только о концентрации — мало. Для контроля за состоянием окружающей среды важны биологические эффекты, которые можно провести только с помощью «живых приборов», самих организмов, реагирующих на присутствие вредных веществ. Изучаются самые различные способы использования «живых приборов».

Во-первых, можно проводить биотестирование. Например, в водную среду вносятся гидробионты, живые организмы, обитающие в ней, и по их поведению, размножению, развитию и физиологическим показателям судят о наличии вредных веществ в воде. Сам организм выступает как датчик состояния окружающей среды и регистратор наличия вредных веществ в исследуемой пробе.

Биотестированием люди пользовались с давних времен: пищу перед употреблением проверяли на домашних животных. Известно, например, что многие восточные султаны специально держали в своих дворцах собак и перед каждой трапезой бросали им пищу для пробы и следили за их состоянием. А шахтеры брали в забой клетки с канарейками, которые начинали беспокоиться при первых признаках появления ядовитых рудничных газов, когда люди его еще не ощущали. Получается, что огромный газоанализатор непрерывного действия с автома-

тическим управлением и маленькая канарейка одинаково справляются с одной и той же задачей.

Какой бы совершенной ни была современная аппаратура для контроля загрязнения и определения вредных примесей, она не может сравниться со сложно устроенным «живым прибором», тонко реагирующим на токсические вещества. Ведь механизмы «живого прибора» формировались в процессе эволюции на протяжении многих миллионов лет. Правда, у «живого прибора» есть серьезный недостаток — он не может установить концентрацию какого-либо вещества в многокомпонентной смеси, реагируя сразу на весь комплекс веществ благодаря своей высокой сверхчувствительности и анализу принятой информации. Но в этом есть и большое преимущество. Ведь с помощью физических и химических датчиков определяется одно и реже несколько веществ, а загрязнения бывают часто столь многокомпонентны, например сточные воды, что никакие созданные человеком приборы не смогут провести анализ этой смеси. Ведь в сточных водах встречаются сотни, а иногда и тысячи различных соединений. Вот здесь-то и выручат нас тест-объекты.

Во-вторых, «живыми приборами» могут стать сами организмы-индикаторы. Различные виды живых существ показывают, чем загрязнена окружающая среда. В загрязненных определенными веществами воде и почве могут жить только те организмы, которые приспособлены к высоким концентрациям тех или иных химических соединений. Вот такие виды и называются биоиндикаторами. Биоиндикацией так же, как и биотестированием, человек пользуется с незапамятных времен. По наличию некоторых видов растений человек находит воду, определяет соленость почв и обнаруживает полезные ископаемые. Иногда даже принимаются во внимание особенности строения организмов-индикаторов. Опытный глаз геолога сразу отметит: если появились уродливые формы растений, с наростами, с неправильным расчленением листьев, значит, в этой зоне можно искать битумы и нефть. По существу, это есть генетический индикатор, так как вредные фракции нефти нарушают морфогенез.

Не только видимые невооруженным глазом живые существа, но и микроскопические организмы могут «предупредить» о надвигающейся опасности загрязнения. Основываясь на мик-

роскопических анализах активного ила, технологи по организмам-индикаторам не только могут определить, хорошо ли идет очистка сточных вод, но и сказать, где нарушен технологический процесс, не хватает кислорода, где поступают слишком токсичные сточные воды, недостает органических веществ для микроорганизмов. Позже будет рассказано о том, как пользуются технологи этими «живыми приборами».

Наконец, с помощью организмов можно определять концентрации вредных веществ, оказывающих отрицательное действие на их жизнедеятельность. Так, можно установить нормы, превышение которых может нарушить взаимосвязи, сложившиеся во всем живом сообществе.

Многообразна жизнь живого сообщества — биоценоза. Отточены связи между отдельными его звеньями. И если ядовитое вещество выбьет хотя бы одно наиболее чувствительное к нему звено, нарушение произойдет во всем биоценозе. Вот тут-то перед исследователями и встает задача найти не только «живой прибор», реагирующий на химическое соединение или излучение, а найти самый чувствительный к изучаемому фактору организм или даже отдельную стадию его индивидуального развития. Есть, оказывается, у «живых приборов» такая особенность, которой не встретишь у «железных коллег». В процессе развития, на определенных стадиях, чувствительность к вредным веществам у организмов может возрастать в тысячи, а иногда и в миллионы раз. Такие стадии чаще всего встречаются в эмбриональном периоде и называются они критическими. Поэтому токсикологу, пользующемуся «живыми приборами», в буквальном смысле надо ловить эти промежутки времени, поскольку критические стадии длятся иногда несколько часов.

Каким же образом можно найти в биоценозе наиболее чувствительные к данному веществу организмы? Ведь на различные вещества организмы реагируют тоже по-разному. Интересную схему эксперимента предложил профессор МГУ Н. С. Строганов — получить избыточную информацию, взять спектр концентраций исследуемого вещества и испытать его на представительных организмах биоценоза. Как бы смоделировать в лаборатории действие токсикантов на различные цепи живого сообщества.

В группу представительных организмов берутся наиболее изученные и хорошо культивируемые в лабораториях организ-

мы из каждой цепи биоценоза. Например, в водном биоценозе есть первичные продуценты — водоросли и высшие растения. Они синтезируют органическое вещество, используя солнечную энергию и минеральные соли, имеющиеся в водоеме. Но сразу же находятся потребители органического вещества, или первичные консументы, все те, кто питается растениями: микроскопические рачки, заглатывающие одноклеточные водоросли, и даже огромные рыбы — такие, как белый амур и толстолобики. Первичные консументы — это уже второй уровень пищевых цепей биоценоза. А вторичные консументы питаются первичными. Это самые крупные водные животные, в основном рыбы. Они составляют третий уровень пищевых цепей в водоеме. Хищные рыбы и люди — это уже четвертый уровень. Наконец, не надо забывать самых малых тружеников — бактерий. Их задача — до конца редуцировать органическое вещество, трупы животных, органические остатки снова перевести в минеральные вещества и замкнуть тем самым вечный круговорот жизни — ведь минеральные вещества снова начнут использовать растения.

Из каждого уровня биоценоза отбираются представители для токсикологического эксперимента.

Из растений удобнее всего взять одноклеточные водоросли хлореллу и сценедесмус, а также всем известную ряску, иногда летом покрывающую всю поверхность маленьких водоемчиков. Из первичных консументов берут планктонных ракообразных, чаще всего дафний, которыми буквально кишат пруды, а из донных животных, питающихся растительной пищей, — моллюсков-прудовиков. И наконец, рыб на различных стадиях развития. Рыб лучше брать промысловых, так как именно их нужно защищать от вредных веществ. Очень чувствительной к токсикантам считается форель. И последнее. Нужно, чтобы и бактерии не пострадали от исследуемой на токсичность концентрации вещества: без них не завершится круговорот веществ.

Вот каким сложным путем приходится идти в настоящее время, чтобы, используя «живые приборы», установить предельно допустимую концентрацию вещества (ПДК). Понятно, что приходится пользоваться такой громоздкой схемой потому, что пока мы еще плохо знаем наиболее чувствительные периоды индивидуального развития у организмов и еще не разработаны теоретические основы реагирования живых систем на загрязнение окружающей среды. Со временем люди наберутся опыта

и создадут наиболее гибкие системы, в которых «живые приборы» будут играть важную роль.

Рыбы-контролеры

Самый простой прием исследования токсичности воды — «рыбная проба». Наиболее чувствительных к вредным веществам рыб — окуней, ершей, форелей, шук, налимов и судаков — помещают в сетчатом садке в реку и ведут за ними наблюдение или же ставят опыты в аквариумах, заполненных загрязненной и чистой водой для контроля.

Напомню еще раз о тончайшей способности рыб определять в воде самые малые концентрации веществ и о строении аппарата, которым они производят этот анализ. Беспокойное поведение по сравнению с контрольными рыбами — это уже сигнал. Ну а если рыба начала терять ориентировку в пространстве, переворачиваться и даже гибнуть, значит, вода содержит вредные вещества в больших концентрациях.

В промышленности, где идет выпуск сточных вод на многих технологических линиях, уже поставлены аквариумы с рыбками. Рыбки сигнализируют о благополучном или неблагополучном положении с очисткой воды, сбрасываемой в водоемы.

Однако выживаемость — все же достаточно грубый показатель «живого прибора». В этом вопросе ученые и конструкторы пошли дальше, применяя приборы, регистрирующие поведение рыб и их физиологические показатели. Некоторые из этих биотестирующих установок весьма оригинальны. Примером такого биотестирующего устройства может служить длинный лоток с форелями, поставленный на выходе очищенных вод. В основу биотестирования положено биологическое свойство форели держаться против течения у притока, то есть там, где исследуемая вода втекает в лоток. Как только нарушается технологический процесс на линии или в воде появляется примесь вредных веществ, рыбы уходят в противоположный конец лотка, где находятся фотоэлементы, соединенные с системой сигнализации. Рыбы перекрывают лучи света, идущие через толщу воды от источников в фотоэлементы, и вслед за этим следует сигнал тревоги.

В некоторых случаях, чтобы форели случайно не заходили в зону фотоэлементов и не перекрывали лучи света, на заднем конце лотка создают слабое электрическое поле, которое рыбы достаточно хорошо ощущают и в чистой воде избегают его. При появлении же загрязнений они пренебрегают этим электрическим полем. Подобные биотестирующие установки работают на некоторых предприятиях в нашей стране и во Франции.

Могут ли рыбы кашлять? Оказывается, могут, но «кашель» их — это не что иное, как способ очистки жабер от различных загрязнений, когда посредством серии резких толчков загрязнения выбрасываются из жаберной полости. «Кашель» рыб давно известен и специалистам-ихтиологам, и любителям-аквариумистам, однако долго никому не приходило в голову использовать его. Группа сотрудников из Управления по охране природной среды США, возглавляемая Р. А. Драммондоном, несколько лет исследовала это свойство рыб на предмет применения его в биотестировании загрязнения воды. Они проверяли «кашель» у многих видов рыб и нашли, что лучше всего очищают свои жабры от загрязнений ушастый окунь, пескарь и форель. В чистой воде рыбы ведут себя спокойно, но достаточно в воду добавить примеси, как у рыб начинается приступ «кашля». Ученым удалось установить, что частота приступов зависит от степеней загрязнения, а это уже первый шаг к созданию «живого прибора», показывающего величину загрязнения. К настоящему времени закончено создание промышленных систем, которые автоматически регистрируют «кашель» рыб, его частоту и подают сигнал тревоги, если загрязнение превышает установленные нормы.

А вот западногерманские токсикологи пошли несколько иным путем. Они решили регистрировать частоту электрических разрядов у нильской щуки в нормальной водной среде и при ее загрязнении. Здесь электрическая рыба используется как «живой прибор» дважды. Во-первых, рыба хеморецепторами очень тонко ощущает состав примесей в воде, а во-вторых, она «проверяет» показания своих вкусовых ощущений электрохимическим и электрическим способами. Посылая электрические импульсы и принимая их электрорецепторами, рыба реагирует на изменение электропроводности воды при появлении в ней примесей. Если вода загрязнена, нильская щука увеличивает частоту генерируемых электрических сигналов и тем самым сооб-

щает, что пора принимать экстренные меры. Несмотря на высокую чувствительность живого электрического прибора, есть у него один недостаток — его нельзя использовать в шумной обстановке, при вибрациях, при наличии магнитных и электромагнитных полей. На все эти факторы нильская шука отвечает повышенной частотой генерируемых ею электрических импульсов.

Итак, рассмотрены интересные лабораторные и производственные биотесты, проводимые с помощью рыб. А можно ли проводить биотестирование непосредственно в водоеме? Здесь также достигнуты некоторые успехи. Французские ученые решили создать что-то наподобие рыбы-ищейки. Давно известно, что радужная форель обладает чрезвычайно острым «нюхом» и предпочитает жить в чистых источниках. Исследователи попытались установить, какова же способность форели реагировать на наличие примесей в воде. Выяснилось, что чувствительность необычайно высока: форель реагирует на примеси загрязнителей, величина которых не превышает десять нанограммов на литр. Для примера можно сказать, что такая концентрация регистрируется в автоцистерне с чистой водой, если в нее бросить щепотку соли. Оказывается, в мозгу форели существуют участки, ответственные за распознавание запахов. Причем электрическая активность этих участков и характер электрических импульсов зависят и от концентрации загрязнителя, и от его химической природы. В лабораторных условиях были расшифрованы электрические импульсы, соответствующие различным загрязнителям, таким, как пестициды, различные фенолы и другие вещества, содержащиеся в сточных водах. Появилась возможность по характеру электрических импульсов судить, какие вещества содержатся в воде и в каких концентрациях. Можно запускать форель-ищейку в водоем.

Для реализации этой цели биологи вживили в обонятельные области мозга радужной форели электроды и соединили их с миниатюрным передатчиком, прикрепленным к голове рыбы. Сигналы, передаваемые от рыбы, регистрировались приемником, расположенным на берегу. Правда, для их расшифровки понадобилось применение ЭВМ. Зато форель точно сообщала о присутствии в воде вредных примесей, об их концентрации и о месте, где произведен анализ. Обычными при-

борами такой анализ выполнить невозможно. Поскольку передатчик весит всего три грамма и не мешает форели, есть мнение, что рыба может успешно жить и «работать» с ним как «живой прибор» более двух лет.

Как видим, симбиоз сверхчувствительных живых датчиков и электронных анализаторов очень полезен.

Системы постоянного слежения

Токсикологам часто приходится не просто исследовать загрязнение отдельных проб, а постоянно следить за состоянием воды в водоеме или же воды, поступающей со стоками в водоем. Существуют ли живые системы, которые могут вести постоянный контроль, называемый мониторингом? Мы уже познакомились с некоторыми из них: форели в лотке с фотоэлементами — один из «живых приборов» мониторинга. Однако для мониторинга, работающего в любое время суток, форели всё же неудобны. У них меняется активность в разное время суток, и при изменении погоды или после кормления активность у них также падает. Может быть, можно найти животных более удобных, которые не нуждаются в искусственном кормлении и которых можно закрепить в устройстве слежения за загрязнением, чтобы в механических или электрических системах сигнализации они своим движением не вносили помех?

Такие животные нашлись. Это двустворчатые моллюски. Перловиц, или беззубок, можно наблюдать, бродя по щиколотку в воде по дну маленькой песчаной речки. Они медленно бороздят дно, оставляя за собой длинный прочерченный след. Если вынуть ракушку из воды, она быстро сомкнет створки, и раскрыть их очень трудно, скорее раковина лопнет между пальцами, чем створки раскроются. Этот организм и будет основной деталью в устройстве, которое сейчас рассмотрим. Он обладает рядом преимуществ: питается за счет фильтрации, отделяет мельчайшие водоросли и микроорганизмы и тем самым очищает воду от живой и мертвой взвеси. Одну створку перловицы можно зафиксировать, и перловица почти не пострадает — ведь протекающая мимо вода приносит ей кислород и пищу. Нако-

нец, ко второй, свободной, створке можно приделать рычаг или штангу, и тогда силой своих мышц, а она у двустворчатого моллюска немалая, перловица будет включать и выключать сигнализирующую систему. Остается только сказать, что перловица вооружена целой системой хеморецепторов, предпочитает чистую воду, и, как только в протекающей мимо воде появится вредное загрязнение, моллюск сомкнет свои створки.

Основной принцип работы «живого прибора» на двустворчатых моллюсках понятен. Только ко дну лотка с протекающей для анализа водой прикрепляют не одну ракушку, а десять, чтобы случайное закрытие створок не было воспринято как сигнал тревоги. Когда большинство моллюсков сомкнут свои створки, значит, действительно пошел токсичный сток — вот тогда и зазвучит сигнал опасности.

В других автоматических системах мониторинга химического загрязнения воды, основанных на активности двустворок, используют электромагнитную индукцию. Такая система может не только дать сигнал опасности загрязнения, но в какой-то мере и показать степень загрязнения. Такая автоматическая система мониторинга делается с более мелкими ракушками — дрейссенами. Дрейссены переносят прикрепление лучше, чем перловицы — ведь они сами прикрепляются к сваям и решеткам так называемыми бицусными нитями, очень близкими по составу к шелку. У дрейссен фиксируют одну створку, а вторую соединяют с катушкой, перемещающейся в переменном магнитном поле, создаваемом другой неподвижной катушкой. Сила тока в подвижной катушке пропорциональна перемещению створки. В систему включается сразу шесть моллюсков, и чем сильнее они захлопывают створки при появлении загрязнения, тем выше индуцируется ток в катушках, показывая на приборах степень загрязнения. Результаты опытов показали, что радужная форель более чувствительна, чем моллюски, к загрязнению воды химическими веществами, но к некоторым веществам, например меди, более чувствительны дрейссены.

В системах мониторинга все чаще начинают использовать очень мелкие, даже микроскопические обитатели вод, например простейшие и коловратки. Созданы специальные устройства, следящие за изменением скорости движения инфузорий при появлении в воде вредных примесей, особенно ионов металлов,

к которым наиболее чувствительны простейшие. Для этих целей подходят мелкие инфузории тетрахимены, культивирование которых, можно сказать, стандартизировано в лабораторных условиях. Проверка действия таких редких металлов, как селен, ванадий и цирконий, на скорость плавания тетрахимен позволяет через двадцать—тридцать минут определить наличие различных концентраций этих веществ в воде. Ведь в концентрациях всего пять—десять промилле веществ, они могут снизить скорость плавания на девяносто шесть процентов, которая у тетрахимен в норме составляет две тысячи семьсот микрометров в секунду, а большие концентрации вообще останавливают движение инфузорий.

Постоянное слежение за содержанием токсикантов в воде с помощью биологического мониторинга имеет неоспоримые преимущества по сравнению с химическим мониторингом, производимым различной аппаратурой. Но все, что разработано, относится главным образом к мониторингу, основанному на физиологических показателях. Однако сейчас человеку важно не только знать ближайшие последствия промышленного загрязнения, но и делать прогноз последствий загрязнения на месяцы и годы. Ведь многие из соединений, попадающих в окружающую среду, могут оказаться мутагенами, канцерогенами или могут нарушить процессы эмбрионального развития.

Мы уже говорили о критических стадиях развития, во время которых зародыш наиболее чувствителен к действию вредных веществ, загрязняющих природную среду. Ученые поняли, что именно на этих стадиях и нужно испытывать допустимые концентрации или контролировать вредность загрязнения. Санитарные токсикологи проверяют действие вредных веществ на эмбриональных стадиях развития экспериментальных животных — мышей и крыс, а токсикологи, занимающиеся охраной гидробиоценозов и отдельных видов подводного мира, берут в качестве экспериментальных объектов устриц, эмбрионы дафний, икру и личинки радужной форели и личинки водных нематод. Это очень чувствительные организмы, и критические стадии их развития приходятся на периоды наиболее сложных морфологических перестроек или выклева из зародышевых оболочек, когда организм попадает в новую, не свойственную для него среду. А можно ли эти короткие критические периоды

использовать для постоянного слежения за состоянием окружающей среды? Разрешима ли эта задача?

Оказывается, можно предложить эмбриологический мониторинг. У коловраток, у рачков-артемий, живущих в соленых и пересоленных водах, существуют покоящиеся яйца. Поэтому в любой момент, через равные промежутки времени можно заново «запускать» эмбриональное развитие у этих живых организмов и постоянно в наборе зародышевых и личиночных стадий иметь объекты, находящиеся в критических и наиболее чувствительных периодах развития. Можно использовать не только коловраток и артемий. В лабораторных условиях, применяя современные методы культивирования и гормональные препараты, круглогодично получают икринки моллюсков и рыб, например выюна, а также икру шпорцевых лягушек и тритонов.

Сейчас теоретически уже разработаны основы будущего центра слежения эмбриологического мониторинга. О том, как он будет выглядеть, и пойдет рассказ.

На управляющем пульте ряд телевизионных экранов, и на каждом из них видны различные стадии развития эмбрионов и личинок водных организмов. Телекамеры позволяют постоянно следить за развитием организмов под водой. А там организован настоящий конвейер. По миниатюрным штангам-рельсам периодически продвигаются камеры с развивающимися эмбрионами, напоминающие детскую железную дорогу, но в каждом вагончике-камере зародыши или личинки водных животных на одной из стадий развития. Если в этом составе в самые последние камеры помещают только что начавшие свой путь развития яйцеклетки, то первые уже с развившимися личинками снимаются с рельсов. В любой момент в этом составе есть все основные стадии развития, и самое главное — те критические, на которые загрязнение влияет в полной мере, приводя развитие к замедлению или даже к его полной остановке. На экранах телевизоров опытный взгляд эмбриолога-оператора в нужный момент отметит начавшееся загрязнение водной среды так же, как это бы сделал физик, исследующий частоту колебаний в электронных схемах, по фигуре Лиссажу на экране осциллографа.

Особенностью эмбриологического мониторинга является то, что он с равным успехом применим как для слежения за за-

грязнением пресных вод, так и морских. Для контроля за состоянием морской водной среды особенно подходят ранние стадии развития иглокожих: морских звезд и ежей. Эмбрионы и личинки этих обитателей морей — любимый объект эмбриологов, у них, пожалуй, самые изученные стадии, нежели у других видов. К тому же икринки иглокожих почти не содержат желтка, что позволяет наблюдать на просвет в световой микроскоп за морфогенезом на ранних стадиях развития и за перемещением клеток внутри зародыша. К настоящему времени биологи научились активировать созревание икринок у морских звезд и ежей такими веществами, как ацетилхолин и метиладенин, поэтому получение оплодотворенных икринок в заданное время не представляет сложности. Следует отметить, что зародыши иглокожих в эмбриональной стадии очень чувствительны к загрязнению водной среды промышленными отходами. Теперь остается только представить, насколько четко будут видны на экранах телевизоров отдельные стадии развития этих прозрачных зародышей при организации системы эмбриологического мониторинга. «Живой прибор», не имеющий ни шкал, ни стрелок, как неусыпное око, и днем и ночью может следить за чистотой прибрежных вод морей в тех местах, где возможен сток промышленных вод, несущих ядовитые вещества.

Хорошо ли идет биологическая очистка воды?

С каждым годом нарастает мощность промышленных предприятий, и хотим мы этого или нет, в водоемы, пока не созданы системы замкнутого водооборота, попадает все большее количество загрязняющих веществ. На первых порах, когда промышленность еще не развивалась так бурно, гидробиоценозы сами справлялись с поступающими в водоемы загрязнениями; происходило, как говорят ученые, самоочищение водоема. Но в наш век индустриализации самоочищение можно использовать только как подсобную силу. Основную биологическую очистку сточных вод ведут с помощью искусственного биоценоза, мощность которого в биоокислении продуктов отходов производства в сотни, а то и в тысячи раз выше самоочищающей способности естественных живых сообществ.

Одним из наиболее перспективных и не ограниченных природными условиями очистных сооружений является аэротенк. Это огромный бетонный резервуар, принимающий сточные воды на биологическую очистку с помощью активного ила. Сточная вода смешивается в аэротенке с активным илом и постоянно продувается снизу мощным потоком мельчайших пузырьков воздуха. Избыток кислорода и приток органических веществ со сточными водами позволяют бактериальному населению и микроскопическим животным бурно развиваться в активном иле. Бактерии склеиваются в хлопья или зооглеи, образующие огромную рабочую поверхность — около одной тысячи двухсот квадратных метров в одном кубическом метре ила, и выделяют ферменты, расщепляющие органические соединения до простых минеральных молекул. Происходит так называемая минерализация органики. Поглощая в избытке органические вещества, бактерии растут, делятся, и масса активного ила постоянно возрастает.

Благодаря тому что бактерии склеены в хлопья, активный ил быстро оседает и отделяется от очищенной им воды.

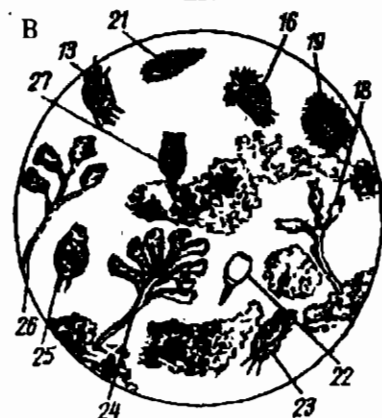
На поверхности бактериальных хлопьев и между ними обитает бесчисленное множество микроскопических животных: инфузорий, амёб, жгутиконосцев, коловраток, червей и клещей. Вот они-то и есть те «живые приборы», по которым технологи определяют, хорошо ли идет биологическая очистка воды. Правда, их роль не сводится только к роли организмов-индикаторов. Они еще несут и генетическую службу, питаются бактериями и уничтожают старые неработоспособные клетки и те бактерии, которые отрываются от хлопьев, а следовательно, при отстаивании активного ила от чистой воды не оседают и загрязняют ее. Но эти организмы уже выполняют роль датчиков экологического равновесия в аэротенке.

Прежде всего сам видовой состав может сказать многое о том, как чувствует себя активный ил. При хорошей очистке в активном иле в больших количествах встречаются брюхоносличные инфузории и прикрепленные формы — сувойки, напоминающие отдельные колокольчики, а иногда целые гроздья колокольчиков. В таком иле много коловраток и почти нет жгутиковых и амёб (рис. 16). Интересен также и морфологический показатель — строение зооглеи. Бактерии объединяются в круп-

Рис. 16. Микроорганизмы активного ила:

А — при плохой работе аэротенка;
Б, В — при хорошей работе аэротенка;

- 1 — эвглена (раковинная амеба);
- 2 — арцелла (раковинная амеба);
- 3 — инфузория туфелька;
- 4 — бодо (жгутиковое);
- 5 — амеба протей;
- 6 — нитчатые бактерии;
- 7 — сосущая инфузория;
- 8 — политома (жгутиковое);
- 9 — коловратка нотоммата;
- 10 — хлопья активного ила;
- 11 — амеба дисковидная;
- 12 — зооглея «оленьи рога»;
- 13 — аспидиска (брюхоресничная инфузория);
- 14 — коловратка филодина;
- 15 — солнечник;
- 16 — эуплотес (брюхоресничная инфузория);
- 17 — аэлозома (малоресничный червь);
- 18 — опекулария (колониальная инфузория);
- 19 — циклидум (инфузория);
- 20 — сувойка;
- 21 — окситриха (брюхоресничная инфузория);
- 22 — коловратка моностила;
- 23 — стилонихия (инфузория);
- 24 — каршезиум (колониальная инфузория);
- 25 — коловратка катипна;
- 26 — эпистилис (колониальная инфузория);
- 27 — фабдоса (прикрепленная инфузория);
- 28 — амеба террикола



ные хлопья с изрезанными краями, когда их рабочая поверхность максимальная.

При ухудшении очистки в активном иле появляются равноресничные инфузории, например всем известные туфельки. Прикрепленные организмы переходят в плавающее состояние. Сувойки отбрасывают ножку, на которой сидят, образуют дополнительный венчик ресничек и становятся «бродяжками», плавающими в толще воды. Коловраток по-прежнему много, но видовой состав их изменяется, появляются виды, способные переносить высыхание и впадать в анабиоз. Все организмы как бы ощущают приближающуюся катастрофу. Зато больше становится жгутиковых и амёб.

Наконец, при плохой биологической очистке сильно развиваются жгутиконосцы и амёбы. Совсем мало становится инфузорий и коловраток. А бактериальные хлопья либо измельчаются, либо округляются (рис. 17).

Смена биоценозов активного ила требует нескольких дней, но экстренные сообщения можно получить от «живых приборов» сразу же при рассматривании их в поле зрения микроскопа. Как узнать, например, что для активного ила не хватает кислорода? Это подскажут сувойки. Обычно их устья раскрыты, видно, как работает ресничный аппарат и гонит в их клеточный рот бактерий, которыми они питаются. При нехватке кислорода устья сжимаются, и на тонкой ножке вместо колокольчика виден шарик. Появился кислород в среде — сувойка раскры-

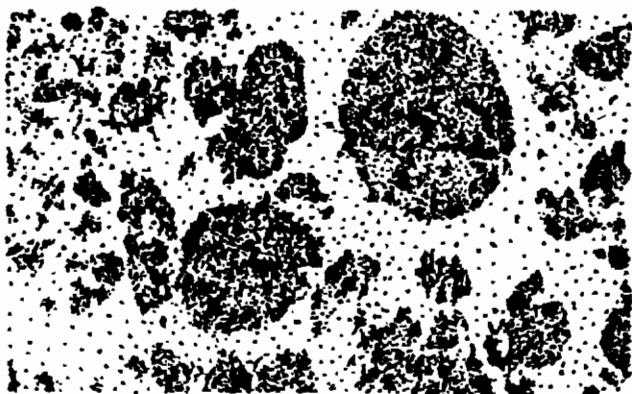


Рис. 17. Округлившиеся бактериальные хлопья

вает свой ресничный аппарат и начинает им работать. Но если в очищаемую воду был произведен залповый выброс токсических веществ, то сувойки лучше и быстрее любого химического анализатора укажут на это: они не только сжимаются, но и сворачивают ножку в пружинку. Одновременно с этим уменьшается скорость движения инфузорий, а коловратки втягивают голову и ногу в тело. Опасность налицо.

О появлении ядовитых соединений в очищаемой активным илом воде могут сказать бактериальные хлопья (зооглен). От токсических соединений эти бактериальные образования мельчают, а иногда становятся прозрачными. В сильно загрязненных водах при недостатке кислорода могут развиваться также нитчатые бактерии, напоминающие вату, от которых вода почти не отстаивается. Сами нитчатые бактерии, называемые сферотилус, прекрасно очищают воду от различных соединений, но активный ил, где они развиваются, вспухает. Приходится даже вести борьбу с нитчатыми бактериями, чтобы очистка воды не нарушилась.

Живые индикаторы загрязнения окружающей среды

Теперь перейдем к рассмотрению самых оригинальных «живых приборов» — организмов-индикаторов. Это, по существу, генетический прибор, ведь при определенных уровнях загрязнения могут жить только те организмы, наследственная программа которых приспособлена к экологическим сдвигам, вызываемым деятельностью человека. Живые индикаторы могут рассказать нам многое: где скапливаются вредные вещества, как они влияют на экосистему в целом и какова скорость происходящих изменений. По результатам химического и физического анализов можно узнать, в каких концентрациях скапливаются вещества, вредящие живым сообществам, но о тенденциях дальнейшего развития загрязнения и о его биологических последствиях такой анализ ничего не скажет. На помощь здесь могут прийти именно живые индикаторы.

Ежегодно в научной литературе появляется много статей, в которых рассказывается о новых организмах-индикаторах.

Это и низшие, и высшие растения, беспозвоночные и позвоночные животные. Но многие виды стали классическими живыми индикаторами. Кто не видел лишайников, зеленой бородой свисающих с дремучих деревьев! Но их все меньше и меньше встречается в наших лесах — признак загрязнения воздуха. Меньше стало в подмосковных лесах и муравейников. Одна из причин этого — в загрязнении окружающей среды. Муравьи не могут жить в загрязненной атмосфере и при появлении пестицидов в почве. Первыми из загрязненных мест уходят крупные рыжие муравьи.

Со шляпочными грибами происходит сходная история. С одной стороны, их урожайность снижается от неправильного сбора, когда грибники повреждают грибницу. Однако и загрязнения вносят свою лепту. Такие ценные грибы, как белые, подосиновики и подберезовики, выступают и в качестве индикаторов загрязнения окружающей среды. Они не выдерживают загрязнения окружающей среды, поэтому и снизилась их урожайность за последние двенадцать лет на 50,5 %.

В систему индикаторных организмов включают самые разнообразнейшие группы. Это и мокрицы, и дождевые черви, и даже почвенные простейшие. Экологи изучают на этот предмет и крупных позвоночных животных. Например, чешские исследователи в качестве вида-индикатора предлагают использовать зайца-русака. Оказывается, промышленные загрязнения далеко не безразличны для зайцев, которые чутко реагируют на токсические вещества в среде. В зонах промышленного загрязнения в их крови увеличивается фракция γ -глобулинов и меняется отношение калция к фосфору. В шерсти накапливаются тяжелые металлы. Анализ шерсти покажет, какие из металлов являются главными загрязнителями. При сильном загрязнении рост зайцев замедляется, в их популяции увеличивается число самок.

В качестве живых индикаторов можно также с успехом использовать мелких грызунов. Для этой цели подходят полёвки, лесные мыши.

Вопрос о роли наземных живых индикаторов в охране окружающей среды находится в стадии изучения. Оказывается, загрязнения на суше можно определить по состоянию не только отдельных видов, но и целого сообщества. Разрабатывается аэрокосмический мониторинг природоохранных экосистем. Со спутников можно следить за состоянием растительности,

почв и сменой живых сообществ под воздействием человека. Только в этом случае «живым прибором» служит уже не отдельное растение или даже их группа, а отражающая свет экосистема в целом, например тундра, лес, пастбище. Причем оценка природного контраста охраняемой системы с хозяйственно используемым фоном позволяет из космического пространства

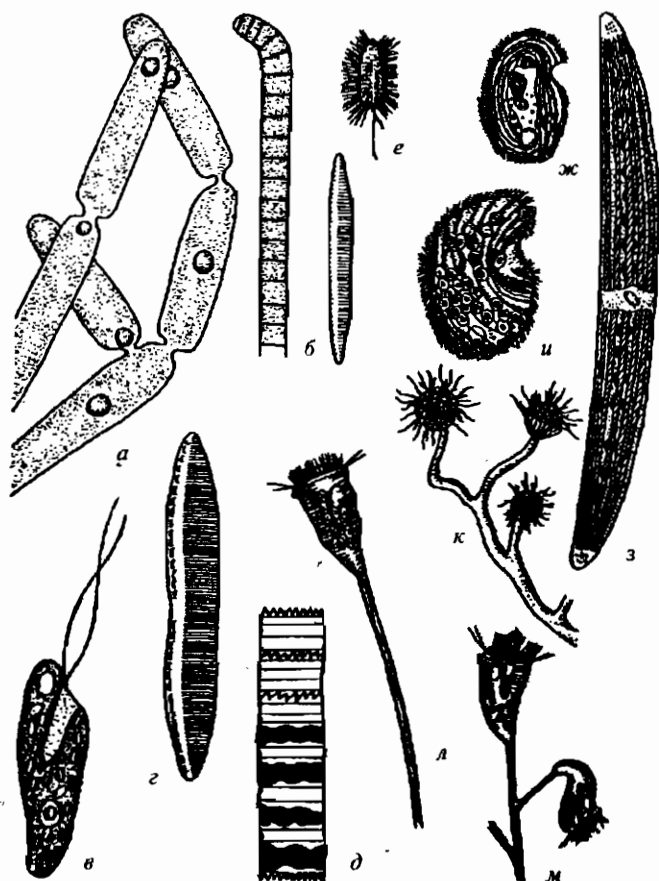


Рис. 18. Организмы α -мезосапробной зоны:

а — сточный гриб; б — осциллятория; в — водоросль нитиша; з — жгутиконосец хиломонас; д — водоросль стефанодискус; е — инфузория уронема; ж — инфузория хилонелла; з — водоросль кластериум; и — инфузория кольпода с зоохлореллами внутри; к — антофиза; л — сувойка ландышевидная; м — круглоресничная инфузория каршезиум

определить, насколько сильно человек эксплуатирует ту или иную экосистему, а заодно и дать прогноз динамики восстановления экологического равновесия.

Очень сложны по составу видов наземные биоценозы. К их изучению приложим только биогеографический подход, когда в каждом регионе приходится выделять свои виды-индикаторы и биоценозы, характерные для охранных лесов. Все это создает трудности в создании единой системы организмов-индикаторов для каждой зоны загрязнения наземных систем.

Несколько по-иному обстоит дело с пресноводными биоценозами. Почти во всех пресноводных водоемах встречаются виды-космополиты, способные жить при определенном загрязнении. Это позволило создать шкалу сапробиости, то есть степени загрязненности отдельных водоемов или их зон органическими веществами, в которых способны жить определенные организмы. Загрязнение вод по шкале сапробиости подразделяется на четыре зоны; поли-, α -мезо-, β -мезо- и олигосапробную. Посмотрим, какие организмы-индикаторы живут в каждой из этих зон.

Полисапробные воды характеризуются полным отсутствием кислорода, наличием в воде неразложившихся белков и значительного количества сероводорода и углекислого газа. Это самая грязная, отвратительно пахнущая вода. Однако и в ней есть жизнь. В этой воде прежде всего можно встретить следующих бактерий: самых крупных серных бактерий и нитчатых бактерий сферотилус. В такой воде живут жгутиконосцы и инфузории путри-нум. Есть даже сувойки, но только напоминающие не ландыш, а скорее шарик на тонкой ножке. У этих сувоек очень маленький рот, поэтому и называют их микростомата. В иле развивается множество червей трубочников, и, как подводная лодка, выставив свою дыхательную трубку в виде перископа, по дну таких грязных стоков ползает личинка мухи-крыски.

Серобактерии разлагают органические остатки в полисапробной воде, выделяется сероводород и метан. Им помогают другие бактерии и все население этого царства сточных вод. Так и идет процесс самоочищения.

В воде α -мезосапробной зоны (рис. 18) еще есть аммиак, вода пахнет сероводородом, но уже появляется и кислород. В такой воде бактерии многочисленны: есть грибы мукор, но и водоросли, пусть даже синезеленые, находят себе здесь приют.

Плавают в поле зрения микроскопа окрашенные жгутиконосцы хламидомонады, эвглены и огромные инфузории-трубачи. Появляются в этой зоне сапробности коловратки, моллюски сфериум, рачки водяные ослики, и в иле, в огромном количестве, развиваются личинки комаров хирономид, многие крупные виды которых рыбоводы и аквариумисты называют моты-

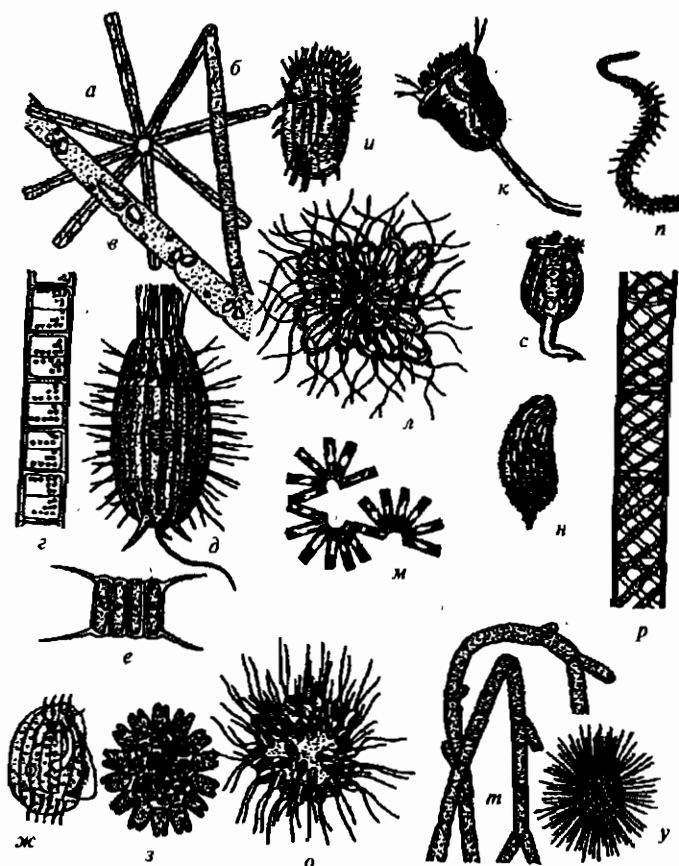


Рис. 19. Организмы β -мезосапробной зоны:

а — астрионелла; б, в — различные виды осцилляторий; г — мелозира; д — ко-
лепс; е — сценедесмус; ж — инфузория аспидиска; з — педиаструм; и — эуплотес;
к — сувойка; л — синура; м — диатомовая водоросль табеллярия; н — парамеция;
о — колониальный жгутикоосец; уроглена; п — червь стилирия; р — нитчатая
водоросль спирогира; с — коловратка брахионус; т — кладофора; у — солнечник

лем. За счет работы бактерий и всего населения органическое вещество в воде еще больше минерализуется и вода переходит в следующую зону сапробности.

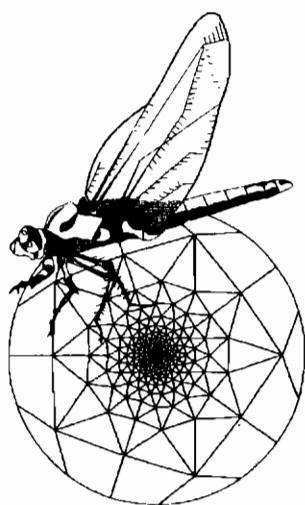
Следующая, β -мезосапробная зона наиболее знакома человеку. В прудах, водохранилищах аминокислот нет, незначительное количество сероводорода, зато вода насыщена кислородом. Видовое разнообразие организмов-индикаторов в этой зоне выше, чем в других зонах (рис. 19). Из водорослей чаще всего встречаются диатомовые и зеленые. Например, известная всем хлорелла из протококковых водорослей или спирогира из нитчатых водорослей, образующих тину. В этих водах уже встречаются цветковые растения, а также ракообразные и рыбы.

Последняя зона олигосапробная — зона самой чистой воды. Бактерий в такой воде мало, видов животных и растений много, но число особей каждого вида невелико. Организмами-индикаторами олигосапробной зоны могут быть как водоросли, так и микроскопические животные, например сувойки-нубилиферы. Здесь встречаются дафнии-лонгиспины, у которых раковина заканчивается длинным отростком. Высшая водная растительность — полушник озерный и полушник иглистый — тоже указывает на чистоту воды в водоеме. Рыбы, обитающие в олигосапробной зоне, обычно холодолюбивые, предпочитают высокое содержание кислорода в воде. Это радужная и ручьевая форель, красноперки, сиг, рипус.

Однако в настоящее время, когда приток сточных вод в водоемы с промышленными токсичными веществами усилился, для оценки загрязнения одной шкалы сапробности уже недостаточно. Ученые считают, что настало время разработки трех шкал, которые позволили бы оценить степень загрязнения воды с помощью живых индикаторов. Оценку загрязнения предлагается вести по сапробности, по токсобности и сапротоксобности. Токсобность сходна по своему понятию с сапробностью, только здесь подразумевается выживаемость определенных видов не вообще при загрязнении воды органическими соединениями, а способность организмов существовать в водах, содержащих токсические вещества — как минеральные, так и органические. И вполне понятно, что третья шкала сапротоксобности объединяет в себе и сапробность, и токсобность. Академик В. И. Жадин предложил четыре зоны токсобности: гипертоксобную, где организмы-индикаторы вообще жить не могут; поли-, мезо- и

олиготоксодную зоны соответственно с сильной, средней и слабой степенью загрязнения токсическими веществами. Однако окончательной шкалы токсодности и сапротоксодности не создано. Гидробиологи и не ожидали, что на их пути встретится столь трудная задача, так как механизм реагирования гидробионтов на токсические вещества до необычайности сложен и зависит как от физических и химических, так и от биологических факторов окружающей среды.

Глава десятая



Биоприборы исследуют аномальные зоны

В окуляре микроскопа — НЛО

Речь пойдет об изучении под микроскопом мест посадок НЛО, точнее, предполагаемых мест воздействия НЛО на почву. Ведь необязательно странные объекты должны садиться на нее.

Контакт может происходить с разумными существами не только с других планет Солнечной системы, но и из других галактик. За нами могут наблюдать и контактировать с нами «эфирные» существа, построенные из иной материи, которые сосуществуют с нами на одной планете. Каким бы ни был этот мир разумных, а возможно, и неразумных существ, его представители оставляют на Земле свои следы.

Есть тысячи и тысячи свидетельств касательно наблюдений неопознанных летающих объектов. Эти сведения нельзя свести к описанию известных явлений природы или эффектов технологической деятельности человека. Чаще всего эти визуальные наблюдения субъективны. Но есть способ, позволяющий экспериментально подтвердить факты появления интересующих нас объектов. В результате прямого или дистанционного контакта НЛО с почвой образуется след, который в дальнейшем годами сохраняется. Правда, следы механического воздействия исчезают за несколько месяцев, но влияние наведенных полей на биологические объекты сохраняется в некоторых местах в течение десяти—двенадцати лет.

Я использовал биоиндикацию и биотестирование при работе с бактериями, простейшими, плоскими и круглыми червями, земноводными и млекопитающими, включая человека. В качестве тест-систем я применял, главным образом, одноклеточные существа, которыми наполнял различные емкости. Кроме этого, с 1976 года я исследовал и действие НЛО на естественные экосистемы почвы.

Биоиндикация почвы с мест посадки НЛО

Живые свидетели в комочке почвы. Наряду с гидросферой и атмосферой ученые выделяют еще и педосферу, то есть подножную сферу, или почву. Если бы на Земле не было жизни, то не было бы и почвы, которая образовалась в результате совместного действия климатических факторов и организмов на материнскую породу.

Жизнь кишит в каждом комочке почвы. Между минеральными частицами и органическими остатками есть вода, воздух. Есть там и обитатели, которых можно увидеть и без микроскопа: мелкие черви, личинки насекомых, а также клещи, ногохвостки.

В почве можно встретить и крупные существа: дождевых червей, насекомых, роющих позвоночных, червяг, кротов, сусликов и некоторых видов крыс. Перечисленные живые существа могут стать объектами воздействия полей НЛО при очень низком их зависании. Можно убедиться, что в таких случаях меняется не только структура почвы, но и состав ее флоры и фауны.

Известны существа, встречающиеся повсеместно, в любых почвах. Это простейшие и коловратки. Правда, микрофауна почв — лесных, болотистых и пахотных — по составу различна. Мало того: даже при наличии сходных видов количественные показатели на соседних участках могут оказаться настолько раз-

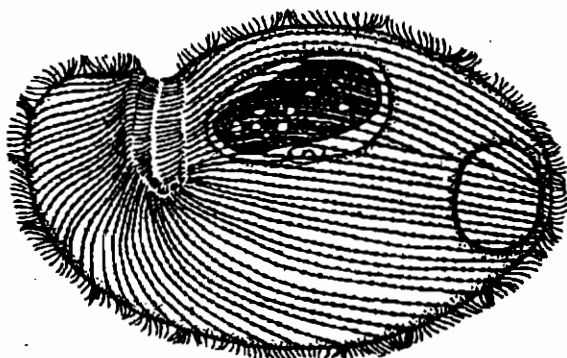


Рис. 20. Почвенная инфузория-кольпода

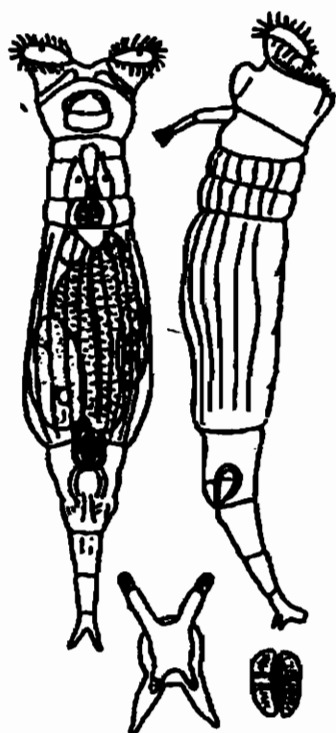


Рис. 21. Коловратка Филодина

ными, что нелегко установить, к стимуляции или к подавлению развития простейших приводит воздействие НЛО.

Как узнать, сколько простейших содержится в почвенной пробе, если неизвестно, какая часть инцистировалась? Наиболее разумный путь — «вытянуть» из почвы инцистировавшихся одноклеточных, а затем разделить по видам. Тут нам поможет классический эксперимент эколога Вудруффа. Он брал прокипяченный сенной раствор и добавлял в него немного прудовой воды, содержащей зачатки культур простейших и бактерий. В результате начиналась смена популяций в питательной среде.

Первыми в этой микроэкосистеме развились бактерии, через неделю начали до-

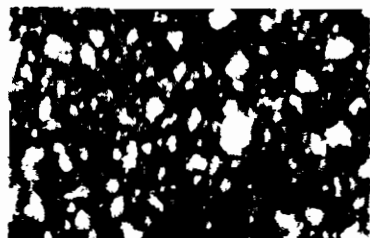
минировать жгутиконосцы, еще через неделю наблюдалось массовое развитие почвенных инфузорий-кольпод (рис. 20), затем следовал пик роста инфузорий-туфельки и амёб, а через два месяца появились на тоненьких ножках-пружинках сувойки. У меня возникла идея заменить затравку из прудовой воды почвенной пробой. В пробирку, содержащую питательный раствор, добавлялась проба почвы с места посадки НЛО. В такой микроэкосистеме не только происходила закономерная смена развивающихся популяций простейших, но и вместе с одноклеточными существами появлялись коловратки — микроскопические существа величиной едва ли больше инфузории-туфельки, относящиеся к многоклеточным (рис. 21).

Биоиндикация мест с помощью простейших

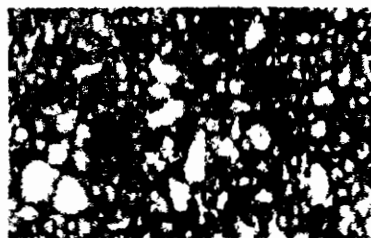
Впервые система с простейшими была применена в пробах, взятых в Подмоскowie, в районе станции Шарапова Охота, где очевидцы наблюдали посадку НЛО 19 августа 1977 года. К изучению оставшегося следа удалось приступить только через четыре месяца после события. Несмотря на это, было отмечено много удивительного. Ярко выделялось пятно пожелтевшего пырея, хотя все остальное поле поражало наблюдателей яркой зеленью на фоне чернеющего леса, сбросившего уже листву. Пырей выкопали — оказалось, что его корневища обгорели. А его стебли, хотя и пожелтели, но сохранились.

Почва была какая-то странная. Брошенная в стакан с водой, она не тонула, а поднималась вверх. Сразу же захотелось посмотреть ее под микроскопом. Под интерференционно-поляризационным микроскопом очень хорошо можно рассмотреть песчинки, обычно круглые, окатанные. В этом же случае они были раздробленными, острыми, иногда напоминавшими иголочки (рис 22). Нечто подобное происходит, если участок почвы обработать ультразвуком.

А в 1990 году мне удалось исследовать другое место посадки НЛО неподалеку от Московской кольцевой автомобильной дороги. Там тоже были мелко раздроблены песчинки, а, кроме того, и галька. Но впереди предстояла еще более трудная рабо-



а



б

Рис. 22. Почва под микроскопом (Шарапова Охота, Московская область):
а — почва фона; б — почва с предполагаемого места посадки НЛО

та. Необходимо было подсчитать количество простейших, выросших в пробах с питательной средой, и провести сравнение данных по месту посадки и фону.

Удалось выяснить, что в некоторых культурах простейшие отсутствовали, развивались только бактерии. Стало быть, все существа, которые могли двигаться, покинули место контакта НЛО с почвой. Поскольку на местности, откуда они были взяты, таких проб было много, выявились любопытные закономерности.

Самым удивительным оказался песок с места посадки в районе города Заравшан (Узбекистан). Песок был взят с предполагаемого места посадки НЛО из-под сплавившейся корки. Некоторые уфологи, исследовавшие место, считают, что окружность диаметром в несколько метров подвергалась температурному воздействию (более двух тысяч градусов Цельсия). Песок имел коричневатый цвет. В некоторых местах он был почти черным, но, что самое интересное, не содержал угля или обугленных остатков растений. При отмывании он давал воду, по виду напоминающую крепкий чай. Исследуемый раствор был совершенно не токсичен для дафний, мельчайших рачков, на которых проверяли ядовитость водного раствора проб. Мало того, дафнии не только жили в этом крепком настое, но и размножались.

Пробы песка простояли на лабораторном столе почти год, пока у меня не нашлось времени исследовать их под микроскопом досконально. До этого, конечно же, я рассматривал этот странный песок в микроскоп — просто помещал на предметное стекло в сухом виде и изучал песчинки под разными увеличениями. Ничего странного. Только неестественная окраска песчинок на поверхности. Однако в октябре 1992 года я приготовил из них обычный препарат, капнул на песчинки отстойной водопроводной воды и накрыл покровным стеклом. Нечто необычное пришлось увидеть в поле зрения микроскопа. Черные мелкие точки беспорядочно кружились в воде, движением напоминая мелких простейших или подвижных бактерий. Под их ударами, а возможно, и сами по себе колебались мелкие песчинки, которые в сотни раз превышали по размеру черные снующие точки. Спектральный анализ и зондовый рентгеновский анализ не дали пока возможности расшифровать состав коричневого красителя на песчинках. Но самым необъяснимым оста-

ется движение песчинок и гранул черного цвета. Можно подумать, что эти гранулы, растворяясь в воде, дают хаотические траектории.

В зоне посадки всегда есть центральный круг, в котором отсутствуют простейшие и коловратки *Rotatoria*. От него обычно идет спиральная полоса шириной тридцать—тридцать пять сантиметров. Она может прерываться, как это отмечалось при посадке НЛО в районе подмосковной станции Подрезково в 1978 году. Спираль может быть лево- и правозакрученная. Иногда бывает двойная, чем-то напоминающая нашу Галактику, как это было выявлено в районе деревни Полунинно Можайского района Московской области (посадка 28 июля 1980 года).

Что же это за спирали? Можно сделать два предположения.

Первое: спираль наводит НЛО своим воздействием при посадке и взлете. Второе предположение — противоположное: сами НЛО наводят энергетические поля на места посадок. Биолокацией выявляют на почве активные или геопатогенные зоны. В местах наиболее интенсивного выхода энергии, по видимому, существуют спиралевидные воздействия. Их-то и повторяют своим распределением простейшие. Можно предположить, что НЛО получают энергию из активных зон, и это способствует посадке и взлету необычного объекта. Однако возникает вопрос: а как же вообще распределены простейшие по поверхностному слою почвы — равномерно или образуют какие-либо структуры?



Рис. 23. Простейшие в зоне посадки НЛО распределены по спирали

Многую были обследованы отдельные участки луга и пашни площадью в одну сотку. Пробы брались по сетке через двадцать пять сантиметров с глубины пять сантиметров. При отсутствии на обследуемой площади кустарников и деревьев простейших обнаружили лишь в полосах толщиной двадцать пять—тридцать сантиметров, которые идут через каждые тридцать—сорок сантиметров. Полосы, конечно, не прямолинейные, а волнистые. Расположены они на разных участках, и направления их неодинаковы. В тихую погоду сходные полосы образуют жгутиконосцы и окрашенные водоросли, их мне удалось наблюдать на Брославских озерах в Белоруссии и в других водоемах с цветущей водой.

Таким образом, складывается общая картина узоров распределения простейших в верхнем слое почвы. Волнистые полосы имеют и третье измерение — глубину, напоминая чем-то изгибающуюся ленту, которая в некоторых местах закручивается по спирали вокруг осевого стержня, там, где отмечается наибольший выход энергии. В такого рода аномальных зонах чаще всего наблюдаются НЛО и другие необычные явления. Отмечаются электрические разряды, свечение атмосферы, странное воздействие на людей и животных. В этих зонах плохо растет трава, возникают биоценозы растений, не соответствующие обычным геоботаническим закономерностям. Иногда там появляются виды животных и растений, не характерные для данной местности.

Многие авторы пытались подсчитать количество простейших в почве. Одни утверждают, что в грамме почвы их 1 000, другие — 100 000, называют и цифры в несколько миллионов. Видимо, тут сказывается зависимость не только от состава почвы, но и от места отбора инфузорий. При отборе проб, как выясняется, надо фиксировать место их распределения в узоре. Причем лентовидные полосы с простейшими обычно идут на глубину до двадцати—тридцати сантиметров. Отдельные жгутиконосцы углубляются до двух метров, амёбы — до девяноста сантиметров, а инфузории — до шестидесяти сантиметров. У корней деревьев инфузории образуют скопления, а жгутиконосцы не подвержены этому влиянию, то есть даже корни растений не нарушают узора их распределения в почве.

Почему же инфузории особым образом распределены в местах посадки НЛО?

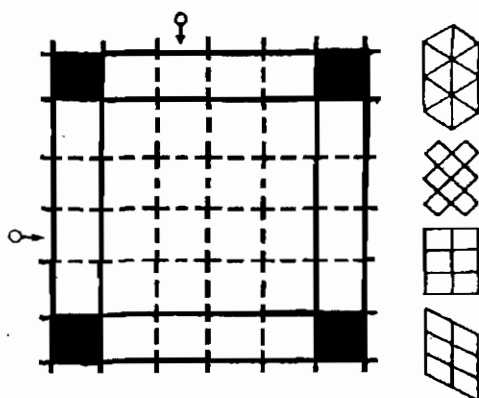


Рис. 24. Виды энергетических сетей на почве

Сейчас уже известно, что выходящие из земли энергетические линии образуют своеобразную сеть. По-видимому, они оказывают воздействие и на формирование почвенных структур, которые напоминают сетку с параллелограммическими решетками (рис.24).

В тундре, например, находят и спиралеподобные образования. Русский исследователь И.Степанов обнаружил сложные криволинейные и ветвящиеся формы. Вероятно, почвенные структуры повторяют энергетические силовые линии, выходящие из глубин земли.

Общую картину распределения энергетических полей можно представить так. По поверхности почвы или воды идут волнистые борозды, а в некоторых местах они закручиваются в спирали. Вот в этих активных зонах свидетели и отмечают появление НЛО, а также обнаруживают круги из полеглих и закрученных по спирали злаков.

Правомерна и гипотеза, согласно которой сами НЛО наводят энергетические поля на участки почвы, с которыми контактируют.

Под влиянием поля НЛО возможна трансмутация, когда одни химические элементы превращаются в другие за счет распада и синтеза атомных ядер. Вспомним, что при появлении НЛО свидетели иногда чувствуют запах серы (эту деталь встречаем и в книгах по демонологии). Если поля НЛО способны вызывать трансмутацию элементов, то можно представить себе,

что два атома кислорода (атомный вес 16), объединяясь, дают серу (атомный вес 32). Возможна трансмутация и других элементов.

Ни одной из рассмотренных гипотез еще нельзя отдать предпочтение. Однако топологию воздействия полей НЛО на поверхность почвы с помощью простейших можно выявить практически.

Реакция простейших на зону от НЛО

Биотестирование хламидомонад в трубках. Биотестированием называют метод внесения культуры простейших в зону посадки. Мысль о биотестировании пришла неожиданно. Если простейшие уходят из зоны воздействия, то, возможно, они уйдут и из одного конца длинной стеклянной трубки, помещенной в аномальную зону. А затем соберутся в менее опасном для них конце. Для опыта подходят микроскопические жгутиконосцы, особенно окрашенные. Я решил использовать хламидомонады. До сих пор биологи спорят, к какому царству отнести их. Они напоминают водоросли и в то же время проявляют все признаки, характерные для животных (рис.25).

Впервые я приехал с метровой стеклянной трубкой диаметром десять миллиметров, заполненной культурой с хламидомонадами, в Подрезково. Это было в 1978 году. Специалист по биолокации А.Плужников рамкой уточнил место посадки НЛО.

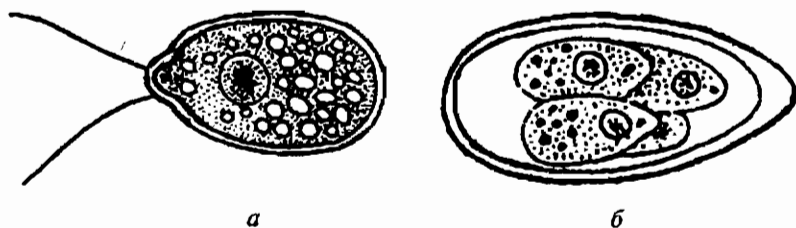


Рис. 25. Хламидомонада:
а — особь со жгутиками; б — зооспоры



Рис. 26. Хламидомонады, помещенные в трубку, образуют поперечные зеленые полосы, которые исчезают в зоне НЛО

Тогда я начал приближать трубку к зоне воздействия НЛО и увидел, что вся она оказалась исчерченной поперечными зелеными полосами, потому что хламидомонады образовали скопления толщиной пять миллиметров (рис.26).

Чем ближе я подносил трубку к месту посадки, тем тоньше становились эти полосы. Они стали очень четкими и сузились до двух миллиметров при внесении трубки в восемнадцатиметровую, так называемую охранную зону. Ранее очевидцы утверждали, что не могли приблизиться к НЛО менее чем на восемнадцать метров, ибо упирались в невидимую стену. Когда же трубка оказалась помещенной в посадочное пятно, образованные скоплением хламидомонад полосы исчезли прямо на глазах. Жидкость в трубке будто озарилась вспышкой света, и клетки жгутиконосцев тотчас равномерно распределились по всей жидкости.

Я вынес трубку из пятна и удалил ее метров на пятьдесят от рокового места. Через минуту в ней снова появилась прежняя поперечная исчерченность. Новый заход в пятно — полосы пропали опять. Так повторялось четыре раза, пока хламидомонады не привыкли к неизвестному для них воздействию и не наступила адаптация. Через несколько дней, когда хламидомонады как бы отдохнули, в том же месте они могли опять несколько раз реагировать на вход в посадочное пятно и выход из него.

Позже выяснилось, при каких искусственно созданных условиях полосы в трубке исчезают. Это, например, происходит возле источников с мигающим светом, скажем, на расстоянии менее одного метра от экрана телевизора либо при приближе-

нии к лампам дневного света. Магнитные поля (переменные и постоянные) почти не влияли на расположение полос в трубке. Рентгеновское излучение (до одного рентгена в минуту) почти не влияло на распределение полос, зато через пять минут после окончания его воздействия отмечалась их явная перестройка.

Затем стеклянную трубку я заменил плоскими ванночками из белого фарфора и чашками Петри. Оказалось, что хламидомонады в плоских сосудах образуют скоплением клеток рисунок, похожий по форме на дерево (рис.27).

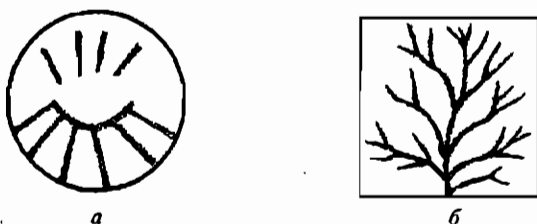


Рис. 27. Хламидомонады образуют паттерны (узоры) в чашке Петри (а) и в плоской ванночке (б)

При внесении плоской ванночки в посадочное пятно НЛО древовидного узора не образовывалось. Оставленная там культура через пятнадцать минут начинала сильно страдать, хламидомонады опустились на дно сосуда и окончательно отказались работать. После отдыха (два-три дня) состояние культуры улучшилось и ее можно было снова использовать.

Возникает желание знать: а как воздействует это неизвестное поле на наследственный аппарат и не вызывает ли оно мутаций? Насколько оно вредно?

Мухи и НЛО

Близко к месту посадки НЛО насекомые попадают редко, а немного в отдалении — в большом количестве. Я помню место посадки, которое мы исследовали в подмосковном Строкино. Множество слепней садилось на руку, и отбиться от них было почти невозможно. Но на поляне, где свидетель наблюдал сигарообразный НЛО, слепней почти не было.

А может быть, действительно у насекомых есть какие-либо рецепторы, улавливающие наведенные или естественные физические или биологические поля? Тогда в наших исследованиях можно применить «живой прибор», где основным «датчиком» будут мухи.

Удобнее всего работать, конечно, с хорошо изученными мухами, о которых биологи знают почти все. Для нашей цели могут подойти дрозофилы или мелкие плодовые мушки с красными глазами. Но как бы хотелось, чтобы они не летали! Это условие выполнимо: среди дрозофил есть бескрылые особи. Действие нашего прибора, определяющего воздействие каких-либо полей на мух, основано на двигательной активности насекомых. Ее повышение может означать, что мухи ощущают необычное и даже опасное для них воздействие.

Мух мы поместили в круглую коробочку с небольшими отверстиями, сделанными иголкой, чтобы внутрь мог проникать воздух. Ее дно служило как бы мембраной, от которой сигналы шли к усилителю (его изготовил Р. Г. Варламов, доктор технических наук, известный исследователь-уфолог), а далее от него — к наушникам. Так что «топот» каждой мухи можно было услышать. В коробочке было почти темно, так как отверстия для воздуха были экранированы. В темноте мухи почти не двигались, и в редких случаях были слышны их отдельные перемещения. Вот с этим прибором мы и отправились к месту посадки НЛО в районе станции Шарапова Охота...

Я вхожу в зону с прибором, приближаюсь к вбитому в землю колу, означающему центр места посадки. В наушниках слышится сплошной шум, мухи возбуждены. Выхожу из посадочного пятна, дрозофилы успокаиваются. Второй, третий заход — картина все та же. Но в четвертый раз она резко меняется, мухи перестают реагировать.

Что происходит? Сходная картина наблюдалась с хламидомонадами, и те после четвертого внесения переставали отвечать перестройкой рядов на воздействие неизвестных полей. Пока мы не можем объяснить, почему биологические датчики так быстро вырабатывают рефлекс знакомства с полями, наведенными НЛО. Это почти молниеносное обучение. А чтобы в других условиях выработать рефлекс у простейших и даже мух, нужно не менее двадцати—тридцати повторений воздействия одного и того же фактора.

Но разве мух, а тем более простейших можно чему-то научить? Оказывается, можно. Знаменитый французский ученый Р. Шовен в книге «Поведение животных» сообщает об экспериментах исследовательницы Джельбер, которая занималась обучением инфузорий (туфельек-парамеций). За пятнадцать лет она провела огромное количество опытов и доказала, что это осуществимо. Правда, все обучение заключалось в том, что она приучила их кормиться бактериями с платиновой иглы. После обучения инфузории собирались и у чистой иглы, опущенной в воду. Ну а про мух и говорить нечего. Это — гении, по сравнению с парамециями!

Высказывалось мнение, что насекомые способны находить ячеистые структуры по излучению, идущему от них. Так, дикие пчелы находят свои соты в земле или дуплах деревьев. Энтомологу из Новосибирска В. М. Гребенникову удалось показать, что не только пчелы и насекомые, но и люди тоже способны воспринимать излучение, идущее от ячеистых структур. При этом возникает ощущение теплового потока, иногда сопровождающегося вибрацией. Одни испытывают страх, другие видят световые вспышки при закрытых глазах. По телу пробегают мурашки, возникают тики, появляются ощущения падения. Ощущения при воздействии ячеистых структур напоминают те, что испытывают наблюдатели при встрече с НЛО.

Дрозофилы обычно уходят из зоны действия генератора решетчато-слоистой конструкции. Так не возбуждаются ли они при внесении их в посадочное пятно от того, что сходное излучение идет от земли? Возможно, в этих местах на глубине находятся решетчато-слоистые или ячеистые структуры, которые и обуславливают активность исследуемых зон. Не исключено, что это излучение улавливается человеком во время биолокации. Можно предположить, что и НЛО пользуются столбом структурированного ячеистого излучения, совершая в этих местах приземление и взлет при меньших затратах энергии, чем это было бы в точках, лишенных подобных загадочных «генераторов».

Жизнь в пробирке в зоне воздействия НЛО

Если в пробирку с водой добавить лишь каплю молока, через некоторое время на поверхности воды появится много молочнокислых бактерий. Они как раз и служат пищей инфузориям (туфелькам-парамециям — *Rarameacium caudatum*). Можно заготовить целые батареи пробирок с этой культурой и подсчитывать, с какой скоростью парамеции развиваются. Такую пробирку я закопал на неделю в месте появления НЛО в Подмосковье, в районе поселка Новый Иерусалим. Объект там не садился непосредственно на почву, а как бы стоял в световом конусе, напоминая гигантский гриб. В ста пятидесяти метрах от этого места на ту же глубину (пять сантиметров) были помещены контрольные культуры парамеций. Срок пребывания тех и других в подземной мгле — семь дней. За это время они должны дать огромное потомство, ведь деление клеток у них происходит каждые двадцать четыре часа.

По истечении заданного срока парамеции были видны без микроскопа в верхней части пробирки с культурой как мелкая белая пыль. Они — живые! Их значительно больше, чем в фоновой точке!

В зоне посадки НЛО парамеции оказались крупными. Они не несли никаких уродств, их было на двадцать пять процентов больше, чем в контроле. Значит, само остаточное воздействие НЛО (наведенное поле) не снижает темпа деления клеток инфузорий и даже несколько повышает его. Ядра парамеций не несли отклонений, жизненные процессы и пульсация сократительных вакуолей не отличались от нормы.

Может быть, нарушен генетический материал, снижено количество дезоксирибонуклеиновой (ДНК) и рибонуклеиновой (РНК) кислот? Окрашивание ядер и цитоплазмы парамеций особыми реактивами, а затем измерение содержания этих кислот микроспектрофотометром показали, что и тут нет отклонений.

Следовательно, клеточное деление у простейших под влиянием наведенных НЛО полей не нарушается, а генетический материал в количественном отношении не претерпевает изменений. Обычно в почве встречаются простейшие (рис. 28).

Чем же можно объяснить отсутствие там простейших? Первая версия: они воспринимают наведенные поля, испытывают

«испут» и уходят туда, где опасного для них воздействия нет. Вторая: в месте посадки появляются области, в которых идет трансмутация химических элементов, появляются тяжелые металлы, которых инфузории избегают. Все же задачу с воздействием на наследственный аппарат живых организмов окончательно пока нельзя считать решенной.

Может быть, исследуя НЛО, люди попадают как раз в те каналы, по которым передается информация о перенесении жизни с планеты на планету, из одной галактики в другую? И так осуществляется панспермия — рассеивание жизни в космическом пространстве. Наверное, это один из наиболее вероятных путей — посылать только созидательную информацию, а не тащить с одной планеты на другую материальные частицы, которых и так полно во Вселенной. Многие ученые всерьез обсуждают гипотезу о передаче генетической информации с помощью полей, а не материальных частиц. Здесь уместно вспомнить опыты хабаровского ученого Цзяна и сконструированный им СВЧ-биогенератор для переноса генетической информации, например, с утки на курицу, в результате чего получается куроутка и другие «невозможные» гибриды.

Ныне объективно зарегистрирован эффект дистантных взаимосвязей биологических объектов — материальное биологическое поле. Под руководством академика В. П. Казначеева проводятся опыты по передаче информации от одних клеточных структур другим, удаленным друг от друга на значительные расстояния.

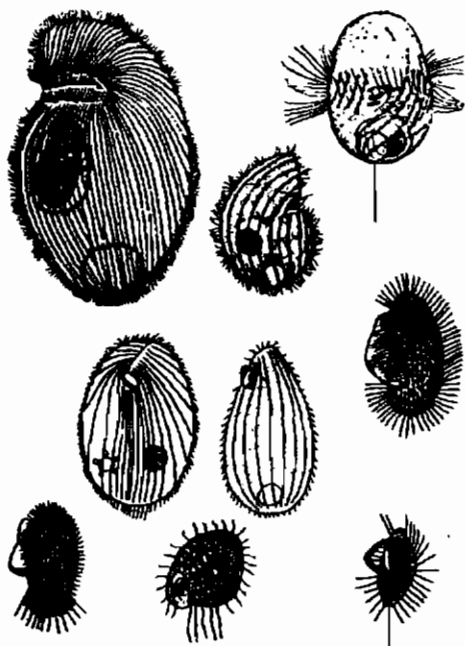


Рис. 28. Так выглядят почвенные простейшие под микроскопом

Нам при исследовании биоценоза на месте посадки НЛО в Подмоскowie (Подрезково) удалось отметить сочетание самых необычных растений, которые при нормальных условиях вместе не встречаются. К тому же в почве появились виды коловраток, не характерные для Подмоскowie.

У коловраток — многоклеточных существ — очень короткий жизненный цикл. Некоторые виды живут всего неделю, а считающиеся долгожителями — месяц-два. За это время они развиваются из яйца, достигают зрелого возраста, а затем начинают стареть. Это прекрасный объект для исследований! Можно поставить эксперимент с целью выяснить, как влияет навешенное излучение НЛО на продолжительность их жизни.

Наиболее подходящий метод биотестирования — внесение коловраток в зону посадки в культурах. Был подобран их особый вид — коловратка Филодина, и культура помещалась в посадочном пятне в районе Подрезково. Филодины отличаются тем, что их сообщество состоит из одних только самок. Они размножаются девственным путем, следовательно, культура их однообразна. Чтобы исключить случаи естественной смерти от старости, культуру коловраток синхронизировали по возрасту. Для эксперимента отобрали молодых, только что вышедших из яиц особей. По размерам они меньше взрослых. Филодин можно держать в активных точках только одну неделю. Позднее у них появится потомство, которое надо будет отобрать, так как через несколько дней его уже не отличишь от старшего поколения.

Поведение коловраток соответствовало норме: сходно с контролем формировались яйцеклетки, и количество отложенных яиц было таким же, что и у филодин, закопанных в почву в двухстах метрах от места посадки НЛО. Однако филодины, проводившие первые семь дней жизни в активном пятне, жили существенно дольше своих собратьев, в среднем на десять дней, что очень много для коловраток.

Что же могло повлиять на продление срока их жизни? Уж не хрональный ли эффект? Правда, измеренное «забегание» часов в посадочном пятне было очень мало и составило всего 0,017 секунды в час, то есть за неделю набегало лишь несколько секунд. Видимо, продолжительность жизни зависит от физиологического влияния остаточного поля.

Биоиндикаторы магнитных полей

В посадочных пятнах всегда стараются выявить изменение магнитного поля. Эту задачу можно решить не только с помощью физических приборов, но и благодаря биоиндикации. К магнитным полям очень чувствительны «родственники» (относящиеся к одному отряду) хламидомонад: вольвоксы, эудорины и пандорины. Исследования велись в кристаллизаторах емкостью два литра. Культурой с вольвоксами (они выглядят как мелкие зеленые шарики) тонким слоем покрывали дно, а для наблюдений применяли стереоскопический микроскоп. Но даже и без микроскопа в толще воды можно отметить траектории движения зеленых крутинок.

В контрольных кристаллизаторах вольвоксы двигались в основном с севера на юг или наоборот, что указывает на их выраженную способность различать направление магнитных силовых линий Земли. Совершенно иная картина наблюдалась на месте, где побывал НЛО. Некоторые шарики как бы застыли на месте, а вокруг них, как планеты вокруг Солнца, вращались другие вольвоксы. Это говорит о явно измененном характере магнитных полей. Появление таких вращающихся колоний указывает на вихревой тип магнитных линий в зоне посадок. Правда, биоиндикация не дает ответа на вопрос, индуцировал ли эту аномалию НЛО или же объект совершил посадку в месте магнитной аномалии.

Чувствуют изменение магнитных полей и дафнии, мелкие ракообразные, которые летом кишат во многих прудах. Мне удалось установить, что дафнии ощущают магнитное поле, собираясь в том месте, где его напряженность повышена. Достаточно в кристаллизатор с дафниями насыпать немного магнитных опилок, как все дафнии оказываются возле них. А вот в посадочном пятне в районе Подрезково эти ветвистоусые рачки собирались в центре кристаллизатора (тогда как в норме они бывают равномерно распределены по всей толще воды).

Индикаторами изменения магнитных полей могут быть одуванчики, цветки шиповника, мать-и-мачехи, цикория. Ибо венчики цветков разных растений открываются и закрываются в строго определенное время. Например, цветки мать-и-мачехи распускаются примерно в девять часов утра. В подрезковской

посадочной зоне наблюдалась задержка на сорок—пятьдесят минут. Так что из-за вмешательства НЛО на цветущем лугу можно увидеть темный круг, где цветки еще не раскрылись. Можно наблюдать и запаздывание закрытия венчиков, например, у одуванчика.

Столь же высокой чувствительностью обладают озерные обитатели — планарии (плоские свободноживущие черви). Я брал их в озере Долгом, что неподалеку от Сходни.

В трехстах метрах от места посадки они выходили из садка, ориентированного отверстием на север, и далее двигались вправо под углом двадцать градусов. Затем ванночка устанавливалась там, где было охранное кольцо (вспомните, хламидомонады реагировали на него перестройкой рядов). На этот раз планарии двигались прямо на север без всякого отклонения. А в самом посадочном пятне они снова отклонялись, но не вправо, а влево. Все это доказывает, что магнитное поле в зоне посадки НЛО как-то изменено. Однако физические приборы его не улавливают.

Наведенные поля и хромосомы

В хромосомах, как известно, находятся ответственные за наследственность гены. Поэтому нарушение строения хромосом, или мутации, крайне опасны для организма. Генетический код универсален, одинаков у всех живых существ на Земле. И механизм воздействия вредных факторов на генетический аппарат сходен у разных многоклеточных организмов.

Это не значит, что все они одинаково чувствительны к действию излучений, например радиации. Те же самые хромосомы у одних видов окажутся пораженными и разорванными на части, а у других и видимых следов воздействия не замечается. Последнее связано с высокой способностью к восстановлению (репарации) пораженных хромосом. Фактор излучения действует на генетический материал идентично для всех организмов, а дальше многое зависит от их способности к «ремонту» хромосом. Организмы с высоким уровнем репарации выживут. Так, на атоллах, где проводятся испытания ядерного оружия, живут сине-зеленые водоросли, а другие организмы гибнут.

Когда клетки работают, а не делятся, хромосомы в их ядрах длинные (деспирализованы) и в микроскоп не видны. При митозе (делении) они принимают спиралевидную форму и становятся видимыми в микроскоп. Следы вредных воздействий можно заметить на стадии анафазы, когда спирализованные хромосомы расходятся: это фрагменты, слипания, мосты и кольца.

При подобных опытах следует позаботиться о том, чтобы исследуемые объекты не подвергались стрессам. Ведь тогда невозможно сделать однозначного вывода.

В предполагаемое место посадки НЛО мы пробовали помещать личинок хирономид. Многие с ними знакомы. Ими кормят аквариумных рыб и в обиходе называют мотылем. Зато в генетическом плане они уникальны. В их слюнных железах есть гигантские хромосомы, на которых видны участки работающих и молчащих генов. Ведь у всех известных нам живых существ работают не все гены, заключенные в хромосомы, а только те, которые отвечают за синтез белка определенным органом. У од-

ноклеточных также есть гены, которые включаются в работу на определенных стадиях жизненного цикла, как и у многоклеточных организмов. Если закон работы генов будет нарушен, одноклеточные могут погибнуть, а изменение генетического программирования у многоклеточного организма может привести к злокачественным опухолям. Нам очень важно знать, не обладает ли наведенное с помощью НЛО поле генетическим репрограммированием. Выяснить это можно с помощью личинок комара-хирономуса (рис. 29).



Рис. 29. Комар-хирономус «помогает» ученым выяснить — обладает ли наведенное с помощью НЛО поле генетическим репрограммированием. На рисунке изображены политенные хромосомы в слюнных железах комара-хирономуса. Видны диски (темные) и междиски, а также вздутия (пuffy)

На гигантских хромосомах работающие участки вздуты, дают так называемые пuffy. Если поле, наведенное НЛО, вызывает генетическое репрограммирование, то пuffy появятся на гигантской хромосоме в несвойственных для определенной стадии развития личинки местах.

Пребывание личинок хирономид в зоне посадки НЛО на фазе предкуколки, когда идет метаморфоз и пuffy четко выражены, не привело к возникновению нетипичных пuffy в гигантской хромосоме. Пока результат радует. Мы не нашли хромосомных мутаций у тест-объектов, помещенных в «странное» пятно, не произошло и генетического репрограммирования в хромосомах, которое могло бы привести к возникновению злокачественных опухолей. И все же это не повод для успокоения. Мы еще не исследовали генных мутаций, которые уже не видимы в микроскоп. Только дальнейшие исследования позволят сделать окончательные выводы о влиянии «мест посадок НЛО» на живые существа, в том числе и на нас с вами.

Заключение

Подошло к концу наше знакомство с «живыми приборами». Надеюсь, что из этой книги читатель получил полезные сведения и понял, какие широкие перспективы открываются перед учеными, занимающимися проблемами прогноза природных явлений и биоиндикации. Многие, очень многие используют человек в своих практических целях из того, что создано природой, — способности живых существ анализировать запахи, примеси в воде и улавливать слабые энергетические взаимодействия. Но, как видно из всех глав, на большое количество вопросов исследователи «живых приборов» еще не могут дать окончательного ответа. Эти белые пятна в биологии ждут своих первооткрывателей.

Исследователи «живых приборов» сталкиваются с необычайно широким спектром проблем. Здесь и изучение строения тонких органов чувств у животных и человека, и проблемы биологии клетки, и проблемы морфогенеза — наиболее загадочного явления во всей биологии. По существу, мы рассмотрели представителей всех царств живого мира. Все они наделены «живыми приборами», тонко отточенными в процессе эволюции и испытанными временем. Никакие созданные человеком анализаторы не могут быть столь компактны, столь экономичны в энергетическом отношении при высокой чувствительности и универсальности.

Особое внимание в книге уделено «приборам», контролирующим рост организмов и морфогенез. Формообразование у животных и растений — один из сложнейших процессов. Оно может контролироваться только «приборами», ощущающими трехмерное, а возможно, и многомерное пространство и форму живого организма. До настоящего времени механизм пространственной дифференциации у живых форм не познан человеком,

поэтому здесь приведены только гипотезы, частично подтвержденные экспериментами. Но решение проблем формообразования не за горами. Все ближе и ближе подходят ученые к его разгадке. Появляются гипотезы о формах-голограммах, контролирующих пространственное расположение и развитие частей у целостного организма, очень близко стоящее к описанному в одной из глав настоящей работы — информационному полю. Если бы человек познал механизмы, управляющие ограничением роста организма и его отдельных органов, то первый шаг в раскрытии процессов формообразования был бы сделан. Несомненно, приборы, контролирующие рост организма как целого, связаны с генетической программой, пространственно-временными отношениями. Мы не можем исключить и тот вариант, что эволюционное развитие, тоже преформировано или предопределено ограниченным набором информационных матриц. Окончательно выдвигаемую концепцию эволюции предопределен и в информационном плане обеспечен пространственными онтогенетическими матрицами, которые живые организмы используют во время своего индивидуального развития, переходя к все более и более сложным матрицам по мере реализации информации на уже использованных индивидуальных программах.

Со временем человек найдет новые способы применения «живых приборов». И здесь, видимо, немалую роль сыграют приборы смешанного типа, мысль о которых также высказывалась в этой книге. Живые датчики вместе с самой современной электроникой уже применяются на практике. Примером могут служить, как мы говорили, передатчик сенсорной информации у форели и анализирующая сигналы ЭВМ.

Ученые еще мало знают о приборах животных и растений, помогающих им с необычайной тонкостью анализировать химические соединения. Возможно, существуют такие «живые приборы», о которых человек и не подозревает. Их раскрытие и изучение помогут установить неизвестные закономерности в науке о живом.

ЛИТЕРАТУРА

- Бертон Р.* Чувства животных. М., Мир, 1972.
- Броун Г. Р., Ильинский О. Б.* Физиология электрорецепторов. Л., Наука, 1984.
- Вольперт Л.* Морфогенез в процессе развития. В кн.: Молекулы и клетки. М., Мир, 1982.
- Гудвин Б.* Аналитическая физиология клеток и развивающихся организмов. М., Мир, 1979.
- Гурвич А. Г.* Теория биологического поля. М., Советская наука, 1944.
- Дубров А. П.* Геомагнитное поле и жизнь. Л., Гидрометеоиздат, 1974.
- Дьюкар Э.* Клеточные взаимодействия в развитии животных. М., Мир, 1978.
- Жерарден Л.* Бионика. М., Мир, 1971.
- Зюсс Р., Киндель В., Скрибнер Дж. Д.* Рак. Эксперименты и гипотезы. М., Мир, 1977.
- Капуччинелли П.* Подвижность живых клеток. М., Мир, 1982.
- Киришенблат Я. Д.* Телергоны — химические средства воздействия животных. М., Наука, 1968.
- Кишвинк Д., Джонс Д., Мак-Фаден Б.* Биогенный магнетит и магниторецепция. В 2 т. М., Мир, 1989.
- Лаздин А. В., Протасов В. Р.* Электричество в жизни рыб. М., Наука, 1977.
- Литинецкий И. Б.* Беседы о бионике. М., Наука, 1968.
- Мэттсон П.* Регенерация — настоящее и будущее. М., Мир, 1982.
- Протасов В. Р., Бондарчук А. И., Ольшанский В. М.* Введение в электроэкологию. М., Наука, 1982.
- Симаков Ю. Г.* Жизнь пруда. М., Колос, 1982.
- Симаков Ю. Г.* Информационное поле жизни. В жур.: Химия и жизнь. 1983, № 3.
- Ревель П., Ревель Ч.* Среда нашего обитания. М., Мир, 1995.
- Сингер М., Берг П.* Гены и геномы. В 2 т. М., Мир, 1998.
- Уорд Р.* Живые часы. М., Мир, 1974.
- Холодов Ю. А.* Реакции нервной системы на электромагнитные поля. М., Наука, 1975.
- Холодов Ю. А.* Мозг в электромагнитных полях. М., Наука, 1982.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От редактора	5
Глава первая. ХИМИКИ-АНАЛИТИКИ ЖДУТ ИХ	7
Муху странную бери	9
Анализаторы запахов и молекул	15
Глава вторая. СЕЙСМОГРАФЫ ПЛАВАЮЩИХ, БЕГАЮЩИХ, ПОЛЗАЮЩИХ	25
Рыбы предупреждают о землетрясении	27
Прыгающие сейсмографы	29
Что еще непонятно	32
Глава третья. БАРОМЕТРЫ НА СУШЕ, В ВОДЕ И В ВОЗДУХЕ	37
Какая будет погода завтра?	39
Прогноз на все лето	47
Глава червертая. ЗВУКОВЫЕ ЛОКАТОРЫ	51
Можно ли видеть эхо?	53
Самые различные звуковые приборы	56
Глава пятая. АНАЛИЗАТОРЫ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ	63
Компас в языке	65
В мире электрочувства	72
Как пахнет электромагнитное поле?	80
Самые необычные глаза	86
Загадки биолокации	94
Глава шестая. «ЖИВЫЕ ПРИБОРЫ» ВРЕМЕНИ	101
Часы внутри нас	103
Человек учится концентрировать и удлинять биологическое время	109
Глава седьмая. ЖИВАЯ КЛЕТКА КАК ПРИБОР	115
Микроскопические приемники и передатчики информации	117
Биоконтакт	121

Приборы клеточных делений	124
Живая клетка — приемник электромагнитных полей	135

Глава восьмая. РЕГУЛИРОВЩИКИ

ФОРМООБРАЗОВАНИЯ	139
Тайны клеточной дифференцировки	141
Информационное поле жизни	154
Самые различные взгляды	160
Электростимуляторы роста и регенерации	166

Глава девятая. ДАТЧИКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО

РАВНОВЕСИЯ	171
Там, где отстают физика и химия	173
Рыбы-контролеры	177
Системы постоянного слежения	180
Хорошо ли идет биологическая очистка воды?	184
Живые индикаторы загрязнения окружающей среды	188

Глава десятая. БИОПРИБОРЫ ИССЛЕДУЮТ

АНОМАЛЬНЫЕ ЗОНЫ	195
В окуляре микроскопа — НЛО	197
Биоиндикация почвы с мест посадки НЛО	198
Биоиндикация мест с помощью простейших	200
Реакция простейших на зону от НЛО	205
Мухи и НЛО	207
Жизнь в пробирке в зоне воздействия НЛО	210
Биоиндикаторы магнитных полей	213
Наведенные поля и хромосомы	214

Заключение	217
-----------------------------	-----

Литература	219
-----------------------------	-----

*Научно-популярное издание
Серия «Мироздание»*

Симаков Юрий Георгиевич
Животные анализируют мир

Генеральный директор издательства *С. М. Макаренков*
Автор проекта и ведущий редактор серии *З. П. Львова*
Художественное оформление: *А. Б. Сидоренко*
Компьютерная верстка: *Е. Ю. Морозова*
Технический редактор *Е. А. Крылова*
Корректор *Н. П. Иванова*

Оригинал-макет подписан в печать 19.12.2002 г.
Формат 60×90/16. Гарнитура «Ньютон». Печать офсетная.
Печ. л. 14,0. Тираж 5000 экз.
Заказ № 6123.

Адрес электронной почты: info@ripol.ru.
Сайт в Интернете: www.ripol.ru

«РИПОЛ КЛАССИК»,
125315, Москва, Амбулаторный 2 пр., д. 8, стр. 1, комн. 12
ЛР № 064925 от 16.01.97 г.

ИД «РИПОЛ КЛАССИК»
107140, Москва, Краснопрудная ул., д. 22а, стр. 1
Изд. лиц. № 04620 от 24.04.2001 г.

Отпечатано с готовых диапозитивов издательства.
ОАО «Тверской полиграфический комбинат».
170024, г. Тверь, пр-т Ленина, 5.



**В серии «Мироздание» в 2002 году
вышли в свет книги:**

Майя Бадалбейли
«Голоса Вселенной»

Автор книги на протяжении восьми лет находится в контакте с «Непознанным Разумом». Человек общается с Космосом, возможно ли это? Где грань между чудом, фантазией и реальностью? Какова сила мысли? Кто мы и откуда? Одиноки ли мы во Вселенной? Какими возможностями мы еще обладаем? Эти и другие вопросы рассматриваются автором, которого называют «контактером высшего уровня», феноменом, и этот феномен исследуют научные институты.

Вследствие полученной универсальной информации в процессе контакта Майя приобрела знания в различных областях науки, стала философом, поэтом, художником.

Книга богато иллюстрирована авторскими рисунками.

Брайан Сайкс
«Семь дочерей Евы»

Книга профессора Брайана Сайкса стала мировой сенсацией. Она рассказывает об уникальном исследовании обнаруженных на севере Италии останков Тирольского ледового человека, пролежавшего в леднике не менее пяти тысяч лет. Профессору Сайксу путем генетических исследований удалось обнаружить прямого потомка Ледового человека — нашу современницу, которая живет в Британии.

В книге подробно описаны события, связанные с проведением идентификации останков Романовых — членов семьи русского императора, — для которой был приглашен профессор Сайкс.

Читатель совершит увлекательное путешествие в далекое прошлое Земли и узнает о нашей генетической родоначальнице.

**В серии «Мироздание» в 2003 году
готовятся к выходу в свет следующие книги:**

Виктор Ягодинский
«Нами правит Космос»

Эта книга — яркое, запоминающееся повествование о влиянии Космоса на жизненные процессы. Влияют ли солнечно-магнитные возмущения на землетрясения и авиационные катастрофы, наше самочувствие и творческие порывы?

Автор — действительный член Московской психотерапевтической академии приводит неизвестные факты и идеи из работ А. Л. Чижевского, К.Э. Циолковского, Л.Н. Гумилева и других русских космистов.

Для широкого круга читателей.

Геннадий Белимов
«На связи — иные миры»

Книга известного уфолога и исследователя посвящена одному из загадочных феноменов — контактам людей с иным Разумом. В наши дни этот феномен получил наиболее широкое распространение. Создается впечатление, что такая акция идет, по-видимому, со стороны Высших Сил, опекающих в собственных целях человечество, и направлена на изменение менталитета людей, считающим себя «венцом природы»...

На основе собственных поисков автор знакомит читателей с материалами, имеющими высокую степень достоверности, за каждым стоят конкретные люди, имена, истории. В ряде случаев наблюдения за контактерами продолжаются.

Книга рассчитана на самого широкого читателя — от ученых до школьников, на тех, кого интересуют тайны и загадки Земли.

ЖИВОТНЫЕ АНАЛИЗИРУЮТ МИР



Из большинства клеток взрослого организма можно вырастить точные копии того существа, от которого взяты ядра клеток — это клонирование.

Таракану сделана сложнейшая микрохирургическая операция — пересадка подглоточного ганглия (части мозга) от другого таракана... и он «сошел с ума»...

При особых условиях электростимуляции, у значительной части животных реконструировалась целая плечевая кость, практически неотличимая от нормальной... Возможна ли регенерация всей конечности у млекопитающих и человека?

Может быть, исследуя НЛО, люди попадают как раз в те каналы, по которым передается информация о перенесении жизни с планеты на планету, из одной галактики в другую? И так осуществляется панспермия — расселение жизни в космическом пространстве?

ISBN 5-7905-1693-9



9 785790 516931 >

интернет-магазин

OZON.ru



15469636

КЛАССИК