

ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ

ДОМАШНЯЯ ЛАБОРАТОРИЯ

НОЯБРЬ 2015



Статьи для журнала направ-
лять, указывая в теме пись-
ма «For journal».

Журнал содержит материалы
найденные в Интернет или
написанные для Интернет.

Журнал является полностью
некоммерческим. Никакие го-
норары авторам статей не
выплачиваются и никакие оп-
латы за рекламу не принима-
ются.

Явные рекламные объявления
не принимаются, но скрытая
реклама, содержащаяся в
статьях, допускается и даже
приветствуется.

Редакция занимается только
оформительской деятельно-
стью и никакой ответствен-
ности за содержание статей
не несет.

Статьи редактируются, но
орфография статей является
делом их авторов.

При использовании материа-
лов этого журнала, ссылка
на него не является обяза-
тельной, но желательной.

Никакие претензии за не-
вольный ущерб авторам, за-
имствованных в Интернет
статей и произведений, не
принимаются. Произведенный
ущерб считается компенсиро-
ванным рекламой авторов и
их произведений.

По всем спорным вопросам следу-
ет обращаться лично в соответ-
ствующие учреждения провинции
Свободное государство (ЮАР).
При себе иметь, заверенные ме-
стным нотариусом, копии всех
необходимых документов на афри-
каанс, в том числе, свидетель-
ства о рождении, диплома об
образовании, справки с места
жительства, справки о здоровье
и справки об авторских правах
(в 2-х экземплярах).



СОДЕРЖАНИЕ

	История
Внутренняя рыба (окончание)	3
Протонный цикл	80
	Ликбез
Мир микробов (продолжение)	112
Введение в планирование эксперимента	122
	Химичка
Некоторые методы органической химии	143
Исследование производных амфетамина	155
	Системы
Командно-информационные сети	197
	Практика
Варим пиво дома	216
Алюминиевый чайник	238
	Дискуссии
Голая обезьяна (окончание)	246
	Литпортал
Заводная	306
	Разное
Биологически активные растения	386

НА ОБЛОЖКЕ

Высокое, разумное, могучее
для пьянства я имею основание:
при каждом подвергнувшемся мне случае
я праздную мое существование.
(Игорь Губерман)

Для празднующих статья «Варим пиво дома».



ВНУТРЕННЯЯ РЫБА

Нил Шубин
(окончание)

ГЛАВА 6. ЛУЧШИЙ ПЛАН ТЕЛА

Тело каждого из нас представляет собой совокупность примерно двух триллионов клеток, собранных вместе строго определенным образом. Наши тела трехмерны, и все клетки и органы занимают в каждом из трех измерений некоторое отведенное им место. Наверху расположена голова. Вниз от нее идет позвоночник. Кишечник располагается в передней части живота. Руки и ноги крепятся к позвоночнику по бокам. Все эти особенности строения отличают нас от примитивно устроенных организмов, представляющих собой комки или диски из клеток.

Такого рода особенности строения не менее важны и для тел других живых существ. Подобно нам, рыбы, ящерицы и коровы тоже обладают двусторонне симметричными телами, у которых есть перед и зад, верх и низ, правая и левая сторона. Спереди (он соответствует нашему верху) у всех этих животных находится голова, которая наделена органами чувств и внутри которой расположен мозг. Вдоль спины у них тоже проходит позвоночник. Кроме того, у них, как и у нас, на одном конце туловища тоже расположен рот, а на другом – анальное отверстие.

Голова находится спереди, она смотрит в том направлении, в котором организм обычно движется — плывет, бежит или идет. Нетрудно понять, почему для большинства условий обитания (особенно для водной среды) не подошло бы строение организма, при котором спереди находился бы не рот, а анус. Это затрудняло бы не только питание, но и взаимодействие между особями.

Сложнее отыскать основы схемы нашего строения у более примитивных животных — например, у медуз. Тела у медуз имеют иное строение: их клетки образуют лишь два слоя, наружный и внутренний, а весь организм имеет форму диска. У них есть верх и низ, но нет переда и зада, головы и хвоста, правой и левой стороны, поэтому кажется, что они устроены совсем иначе, чем мы. Не стоит и пытаться сравнить план строения нашего тела с планом строения губки. Вы, конечно, можете попробовать, но результат будет принадлежать скорее области психологии, чем анатомии.

Чтобы должным образом сравнить самих себя с этими примитивными организмами, нам нужны определенные инструменты. История возникновения нашего плана строения, как и история появления наших рук и ног, во многом записана в нашем пути развития от оплодотворенной яйцеклетки до взрослого организма. В эмбрионах спрятаны ключи к решению величайших загадок жизни. Кроме того, эмбрионы все-разе расстроили мои собственные жизненные планы.

Общий план:
сравним
эмбрионы

Я поступил в магистратуру, собираясь изучать ископаемых млекопитающих, а через три года уже работал над диссертацией, посвященной рыбам и амфибиям. Я сбился с пути истинного, если можно так выразиться, занявшись изучением эмбрионов. В нашей лаборатории их было множество. Например, у нас развивались икринки саламандр и рыб, а также оплодотворенные куриные яйца. Я регулярно изучал их под микроскопом, отслеживая происходящие с ними изменения. Эмбрионы всех этих животных вначале напоминали небольшие беловатые группы клеток не больше трех миллиметров в длину. Наблюдать за ходом их развития было очень увлекательно. По мере роста эмбриона объем желтка, который служил для него источником пищи, в свою очередь, постепенно уменьшался. К тому времени, как желток заканчивался, организм обычно уже был достаточно велик, чтобы выйти из икринки или вылупиться из яйца.

Наблюдения за процессом развития эмбрионов сильно изменили мой образ мышления. Из такого скромного источника, как эмбрион на ранних стадиях развития, возникали удивительно сложные организмы птиц, лягушек, форелей, состоящие из триллионов клеток, организованных определенным образом. Но главное было даже не в этом. Эмбрионы рыб, амфибий и птиц были не похожи ни на что виденное мною ранее в ходе занятий биологией. Все они были устроены в общем одинаково. У всех была голова с жаберными дугами. Внутри головы из трех небольших вздутий у всех развивался головной мозг. У всех были маленькие зачатки конечностей. Собственно, именно конечностям и была посвящена моя диссертация, над которой я работал в течение последующих трех лет. Сравнивая развитие скелета у птиц, саламандр, лягушек и черепах, я убедился, что даже такие разные конечности, как птичьи крылья и лягушачьи лапки, на ранних стадиях развития устроены очень похоже. Глядя на все эмбрионы всех этих животных, я видел глубокое сходство их строения. Взрослые организмы выглядели по-разному, но истоки у них у всех были принципиально сходны. Если рассматривать эмбрионы, то кажется, что все различия млекопитающих, птиц, амфибий и рыб едва ли не бледнеют в сравнении с фундаментальным сходством всех этих существ. В то время я познакомился с открытиями Карла Эрнста фон Бэра.

В XIX веке было несколько естествоиспытателей, изучавших эмбрионы в поисках общего плана всего живого. Самым выдающимся из них был Карл фон Бэр. Он родился в знатной дворянской семье и поначалу учился на врача. Его преподаватели предложили ему изучить ход развития цыпленка, чтобы попытаться разобраться в том, как формируются внутри яйца его органы.

К сожалению, Бэр не мог себе позволить завести инкубатор. Не было у него и возможности исследовать множество яиц. Начало поэтому не сулило особых успехов. К счастью, у него был влиятельный друг, Христиан Пандер, располагавший средствами на проведение подобных экспериментов. Изучая куриные эмбрионы, Пандер и Бэр открыли одно фундаментальное правило: каждый орган цыпленка развивается из одного из трех слоев тканей эмбриона одной из ранних стадий. Эти три слоя получили название зародышевых листков. Это было поистине легендарное открытие, сохраняющее свое значение и по сей день.

Открытие этих трех слоев позволило Бэру задаться другими важными вопросами. У всех ли животных развитие идет по той же схеме? Развиваются ли из таких слоев сердца, легкие и мышцы и у других животных? И, что особенно важно, одинаковые ли слои дают начало одним и тем же органам разных видов?

Бэр сравнил три зародышевых листка эмбрионов пандеровских цыплят со строением ранних стадий развития всевозможных других животных, эмбрионы которых ему удалось раздобыть: рыб, рептилий, млекопитающих. Оказалось, что у всех этих животных каждый орган тоже развивался из тканей одного из трех зародышевых листков. Кроме того, из каждого зародышевого листка у разных видов формировались одни и те же органы. Например, сердца всех животных развивались из среднего зародышевого листка. Из другого, наружного листка у всех животных развивался мозг. Какими бы разными ни были взрослые представители тех или иных видов, будучи эмбрионами, они все проходили одни и те же стадии развития.

Чтобы вполне оценить важность этого открытия, нужно вновь обратиться к первым трем неделям развития наших собственных эмбрионов. В момент оплодотворения в яйцеклетке происходят существенные изменения: генетический материал сперматозоида сливается с генетическим материалом яйцеклетки, и яйцеклетка начинает делиться. Вскоре те клетки, на которые она разделилась, образуют полую сферу. У человека за первые пять дней после зачатия клетки делятся четыре раза и образуют сферу из шестнадцати клеток. Эта сфера, которую называют бластоцистой, напоминает шарик, заполненный водой. Тонкая оболочка из клеток окружает жидкость, заключенную внутри. На стадии бластоцисты у эмбриона по-прежнему не видно никакого плана строения: у него еще нет ни переда, ни зада и определенно нет разных органов и тканей. Примерно на шестой день после зачатия эта сфера из клеток прикрепляется к стенке материнской матки и начинает срастаться с ней, чтобы в конечном итоге совместить кровоток эмбриона с кровотоком матери. На шестой день развития эмбриона план строения его тела по-прежнему незаметен. Этой сфере из клеток еще очень далеко до организма, в котором можно было бы узнать млекопитающее, рептилию или рыбу — или тем более человека.

Если повезет, бластоциста прирастает к стенке материнской матки. Если она прирастает не внутри полости матки, а в каком-нибудь неправильном месте (такое явление называют внематочной беременностью), последствия могут оказаться плачевными. Около 96% случаев внематочной беременности приходится на приращивание эмбриона к стенкам маточных труб (они же фаллопиевы трубы) недалеко от того места, где произошло оплодотворение. Это может происходить от того, что слизистые выделения перекрывают выход из фаллопиевой трубы в матку, из-за чего бластоциста и прирастает к стенке трубы. Если внематочную беременность не диагностировать вовремя, она может привести к разрывам тканей и внутренним кровотечениям. В очень редких случаях бластоциста может даже выходить из ма-

точной трубы в брюшную полость, то есть в пространство между кишечником и стенкой живота. В еще более редких случаях такие бластоцисты прирастают к выстилкам брюшную полость покровам матки или даже к покровам прямой кишки матери. Более того, такой зародыш может даже полностью развиться! В некоторых случаях возможно рождение таких младенцев с помощью разреза брюшной стенки, но в целом внематочная беременность очень опасна, потому что в 90 раз по сравнению с нормальной, внутриматочной, беременностью увеличивает для матери риск смерти от кровотечения.

В любом случае взглянем мы на этом этапе развития более чем невзрачно. Где-то в начале второй недели после оплодотворения бластоциста уже имплантирована, то есть приросла к стенке матки. Одна ее сторона при этом остается свободной, а другая прикрепляется к стенке матки. Представьте себе воздушный шарик, прижатый к стене. В месте соприкосновения шарика со стеной его оболочка образует плоский диск. Именно из такого диска и будет развиваться человеческий эмбрион. Наше тело полностью формируется на основе одной лишь верхней части бластоцисты — той, что прижата к стенке матки. Остальная часть бластоцисты, расположенная под диском, покрывает собой запас желтка. На этом этапе развития мы похожи на тарелку фрисби — простой двухслойный диск.

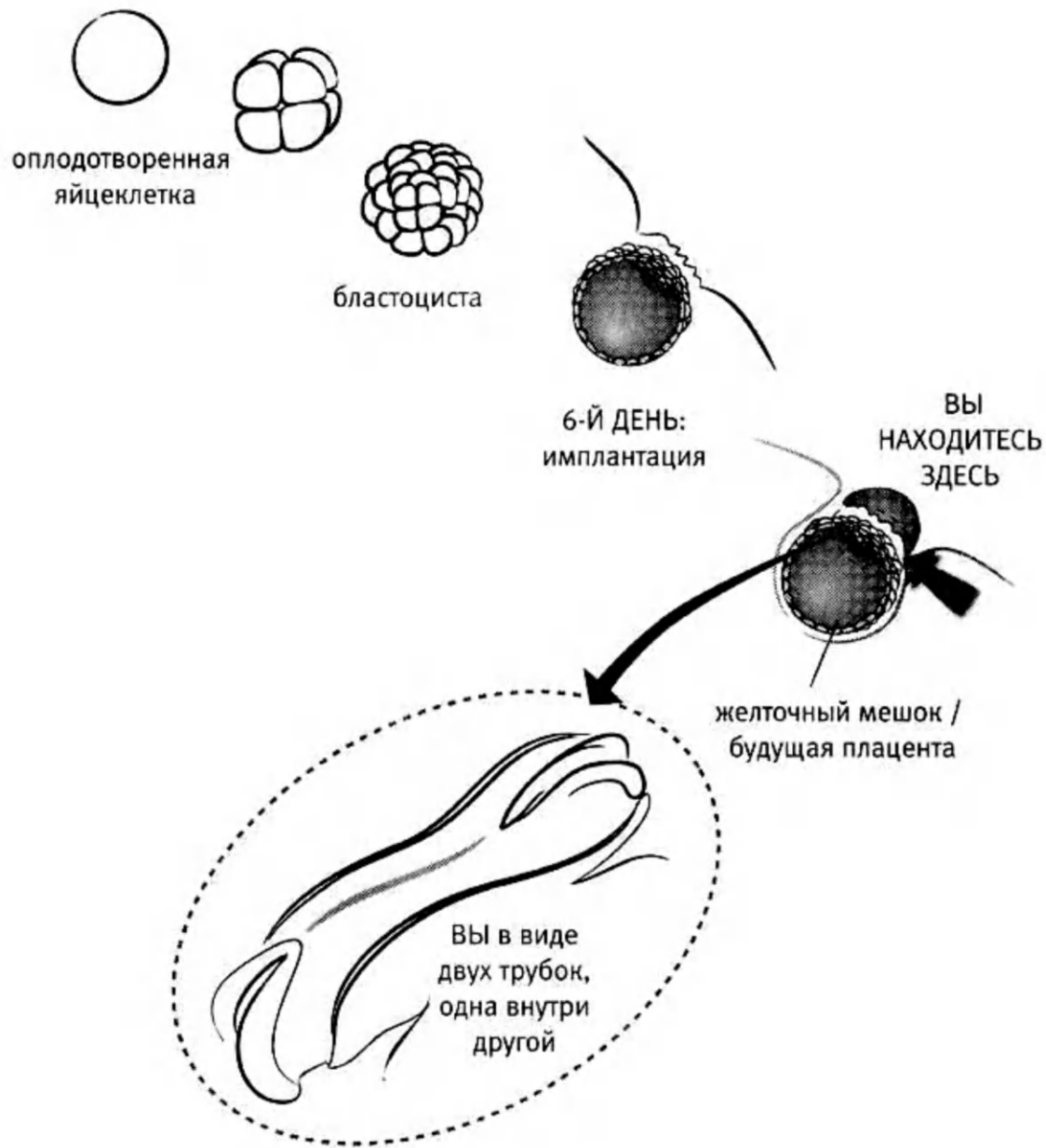
Каким образом из этой округлой тарелки возникают зародышевые листки Карла Бэра? И как из них развивается что-то похожее на человеческий организм? Вначале клетки делятся и перемещаются, в результате чего ткань эмбриона образует складки. Перемещение тканей и образование этих складок в конечном итоге приводит к тому, что мы становимся похожи на трубку со складчатым утолщением на головном конце и еще одним таким утолщением на хвостовом конце. Если бы мы разрезали эмбрион на этом этапе, мы бы увидели не одну трубку, а две: вторая расположена внутри первой. Из наружной трубки впоследствии сформируется стенка нашего тела, а из внутренней — пищеварительный тракт. Эти две трубки разделены небольшим промежутком — на его месте впоследствии разовьется полость тела. Эта принципиальная схема строения — одна трубка внутри другой — останется с нами на всю жизнь. Внутренняя трубка будет постепенно усложняться: на ней возникнет большое утолщение (желудок), а идущий за ним кишечник удлинится и причудливо изогнется. Внешняя трубка тоже изменится: из нее образуется кожа, на которой вырастут волосы, а форма поверхности в ходе развития конечностей и других частей тела станет намного более сложной. Но в своей основе этот план строения сохранится. Наши тела, может быть, и устроены сложнее, чем были в первые три недели после зачатия, но, по сути, по-прежнему представляют собой две трубки, одна внутри другой, и все без исключения наши органы развились из трех слоев ткани, обособившихся в течение второй недели после оплодотворения.

Названия этих трех важнейших слоев (зародышевых листков) соответствуют их положению: наружный слой называют эктодермой, внутренний — энтодермой, а средний, расположенный между ними, — мезодермой. Из эктодермы образуются наши покровы (то есть кожа) и нервная система. Из энтодермы (внутреннего слоя) развиваются органы пищеварительного тракта и связанные с ним железы.

Средний слой (мезодерма) формирует многочисленные ткани, расположенные между пищеварительным трактом и кожей, в том числе скелет и мускулатуру. Не только у человека, но и у лосося, курицы, лягушки, мыши все органы развиваются из эктодермы, энтодермы и мезодермы.

Изучая эмбрионы, Бэр открыл фундаментальное свойство живых существ. Для этого он выделил у развивающихся эмбрионов два типа признаков: общие для разных видов и изменчивые в зависимости от вида. Такие признаки, как устройство в виде двух трубок, одна внутри другой, являются общими для всех позвоночных животных: рыб, амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих. Эти общие признаки проявляются в ходе развития довольно рано. В свою очередь те признаки, по ко-

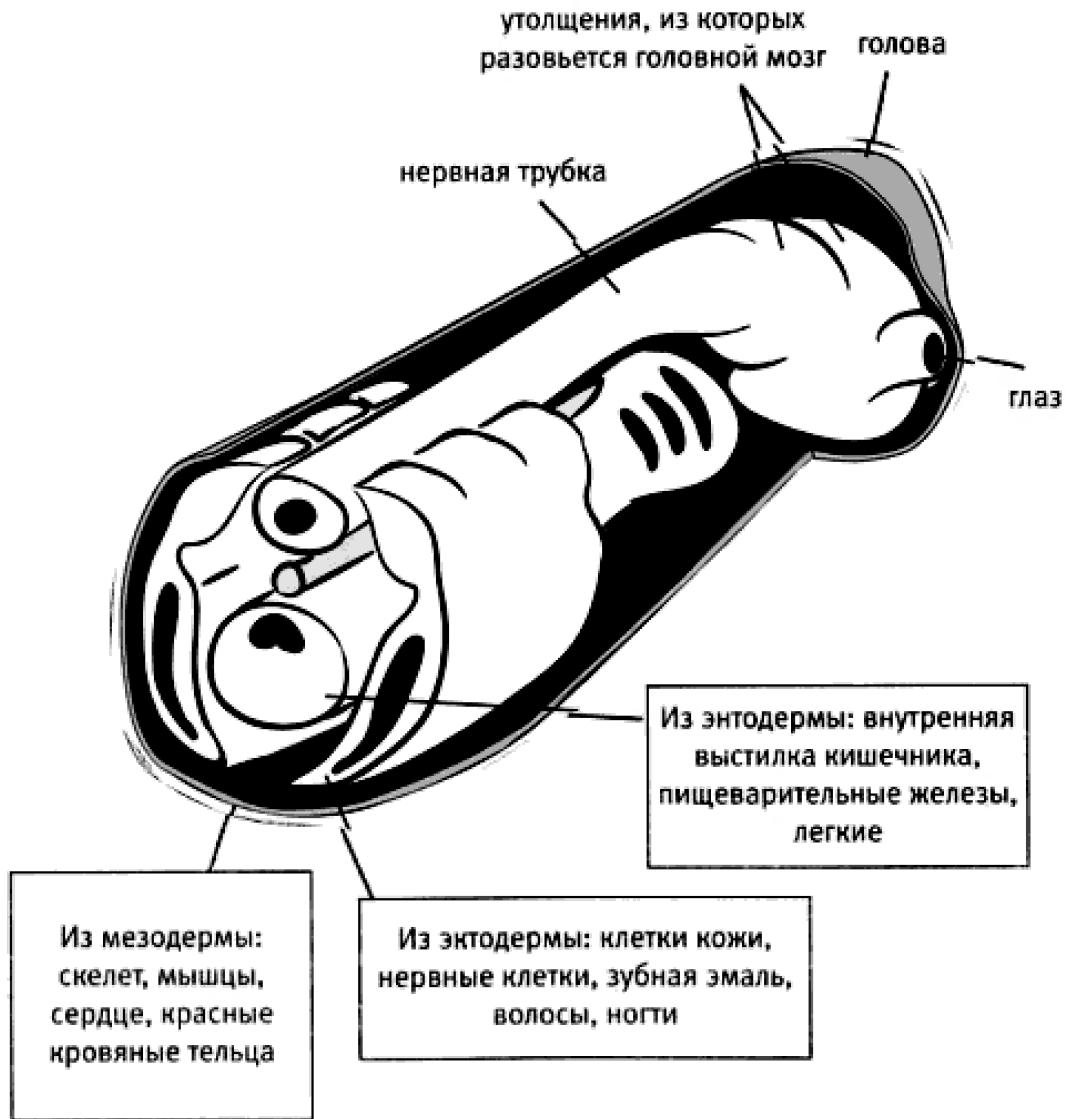
торым мы отличаемся друг от друга, например увеличенный мозг человека, панцирь черепахи, перья птиц, появляются в ходе развития несколько позже.



Начальные стадии нашего развития — первые три недели после зачатия. Из одной клетки наш организм превращается в сферу из клеток а затем в две трубки, одна внутри другой.

Бэр подходил к изучению эмбрионов совсем иначе, чем работавший через несколько десятилетий после него Эрнст Геккель, сформулировавший так называемый биогенетический закон, согласно которому индивидуальное развитие (онтогенез) повторяет историческое развитие (филогенез). Бэр сравнивал только эмбрионы и отметил, что эмбрионы разных видов намного больше похожи друг на друга, чем взрослые особи тех же видов. Согласно же Геккелю, ход развития организма каждого вида во многом повторяет эволюционную историю этого вида. Соответственно, человеческий эмбрион проходит через стадии, напоминающие рыбу, рептилию и, наконец, млекопитающее. Геккель сравнивал человеческий эмбрион с взрослой рыбой или взрослой ящерицей. Различия между взглядами Бэра и Геккеля могут показаться незначительными, но это не так. Новые данные, полученные за по-

следние сто лет, подтверждают правоту скорее Бэра, чем Геккеля. Когда Геккель сравнивал эмбрионы одного вида с взрослыми особями другого, он во многом сравнивал круглое с красным. Развитие большинства животных отчасти действительно повторяет ход их эволюции, но для того, чтобы выявить механизмы эволюционных преобразований, плодотворнее сравнивать эмбрионы одного вида с эмбрионами другого, а не эмбрионы одного с взрослыми особями другого. Эмбрионы разных видов отнюдь не во всем одинаковы, но между ними есть черты глубокого сходства. У эмбрионов всех позвоночных имеются жаберные дуги и хорда, и все они на определенном этапе развития оказываются устроены как две трубки, одна внутри другой.



Через четыре недели после оплодотворения мы представляем собой две трубки, одна внутри другой, и состоим из трех зародышевых листков, из которых разовьются все наши органы.

И, что особенно важно, даже эмбрионы таких разных организмов, как рыбы и люди, обладают одними и теми же тремя зародышевыми листками, открытыми Пандером и Бэром.

Результаты подобных сравнений подталкивают нас к новым фундаментальным вопросам. Как получается, что эмбрион "знает", где нужно сформировать голову, а где анус? Какие механизмы управляют развитием и позволяют клеткам и тканям эмбриона развиваться в сложное многоклеточное тело?

Чтобы ответить на эти вопросы, нам нужен совершенно новый подход. Вместо того чтобы просто сравнивать эмбрионы, как делали во времена Бэра, мы должны применить новый способ их изучения. Научные достижения второй половины XIX века подготовили почву для периода, который мы обсуждали в третьей главе, когда эмбрионы резали на части, прививали кусочки их тканей на новые места, расчленяли им конечности и воздействовали на них всевозможными химическими соединениями. Все во имя науки.



Человеческий эмбрион – 3-я неделя.

Эксперименты с эмбрионами

Вначале XX века биологи задались фундаментальными вопросами о строении и развитии организмов. Где именно в эмбрионах хранится информация о пути их развития? Содержится ли она в каждой клетке или лишь в некоторых клетках эмбриона? И в каком виде записана эта информация – может быть, в виде какого-то химического вещества?

Начиная с 1903 года немецкий эмбриолог Ханс Шпеман исследовал механизмы, позволяющие клеткам эмбриона преобразовываться в ходе развития в клетки и ткани взрослого организма. Главная поставленная им задача состояла в том, чтобы узнать, содержится ли в каждой клетке эмбриона достаточно информации, чтобы сформировать целый организм, или же часть этой информации записана в одних клетках, а часть – в других.

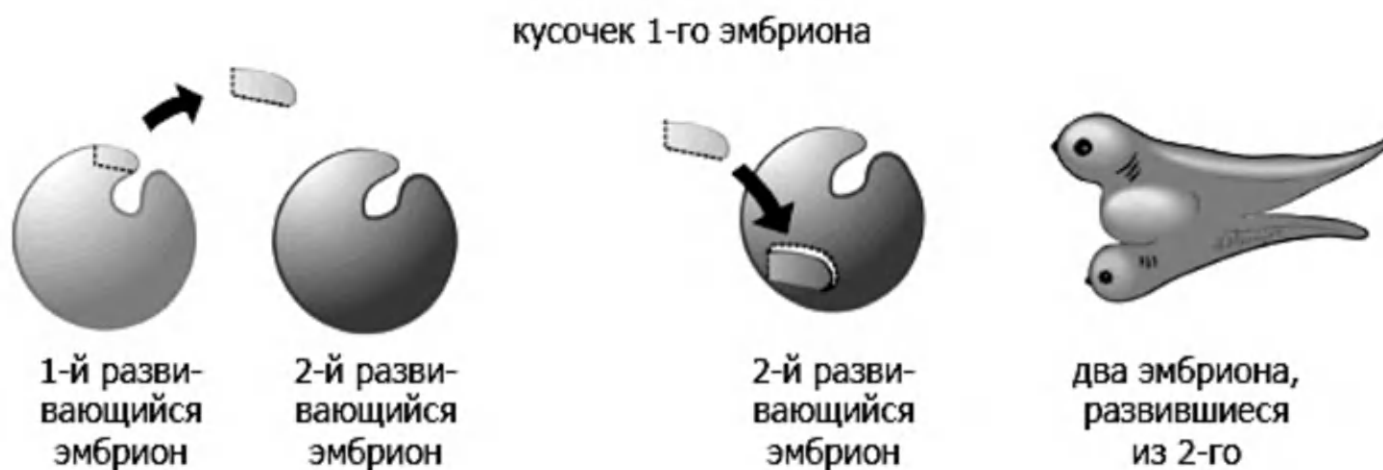
Работая с икринками тритона, которые легко раздобыть и которыми довольно просто манипулировать в лабораторных условиях, Шпеман придумал остроумный эксперимент. Он отрезал прядь волос у своей маленькой дочери и сделал из них миниатюрные затяжные петли. Волосы младенцев – замечательный материал: мягкие, тонкие и гибкие, они прекрасно подходят для изготовления инструмента, позволяющего поймать в затяжную петлю и разделить на две половинки крошечный шарик тритоновой икринки. Именно это Шпеман и проделывал с икринками, перетягивая их пополам вместе с заключенными в них развивающимися эмбрионами. Проведя некоторые манипуляции с ядрами клеток, он давал полученным половинкам икринок развиваться дальше и смотрел, что из этого выйдет. А выходило вот

что: из обеих половинок разделенного надвое эмбриона развивалось по тритону-близнецу с совершенно нормальным строением тела. Оба близнеца были вполне жизнеспособны. Отсюда следовал очевидный вывод: из одной оплодотворенной яйцеклетки может развиваться более одной особи. Примерно так и возникают однояйцевые (или монозиготные, то есть произошедшие из одной яйцеклетки) близнецы. Этими экспериментами Шпеман доказал, что у эмбриона на ранних стадиях развития некоторые клетки способны сами по себе развиваться в полноценный взрослый организм.

Но это было только начало. За этим экспериментом последовали новые, которые принесли с собой новые открытия.

В двадцатых годах XX века Хильда Мангольд, аспирантка Шпемана, работавшая в его лаборатории, начала свои исследования крошечных эмбрионов. Она отличалась удивительной ловкостью рук, и эта способность позволила ей поставить ряд исключительно сложных экспериментов. На той стадии развития, с которой работала Хильда, эмбрион тритона представляет собой сферу диаметром около полутора миллиметров.

Хильда отделяла от одного эмбриона кусочек ткани размером меньше булавочной головки и пересаживала его на развивающийся эмбрион другого вида. При этом она брала кусочки для пересадки не откуда попало, а только из области, где перемещались и образовывали складки клетки, из которых должны были образоваться зародышевые листки. У исследовательницы это выходило так ловко, что эмбрион с привитым на него кусочком другого эмбриона благополучно продолжал развиваться. Результат этого эксперимента принес приятный сюрприз. Пересаженный участок ткани привел к образованию целого нового тела, наделенного спиной, позвоночником, брюхом и даже головой.



Всего лишь пересадив на один эмбрион кусочек ткани другого, Хильда Мангольд получила тритонов-близнецов.

Почему все это так важно? Хильда Мангольд открыла небольшой участок ткани, который заставлял другие клетки сформировать целое тело, обладающее нормальным планом строения. Крошечный, но необычайно важный участок ткани, ответственный за такой характер развития, называли организатором.

За открытия, сделанные Хильдой Мангольд в ходе работы над диссертацией, была в итоге присуждена Нобелевская премия — но не ей самой. Она трагически погибла (от взрыва керосинки на кухне), когда полученные ею результаты еще даже не были опубликованы. Нобелевскую премию по медицине — "за открытие эффекта организатора в эмбриональном развитии" — получил в 1935 году ее руководитель Ханс Шпеман.

В наши дни многие ученые считают работу Хильды Мангольд самым важным экспериментом в истории эмбриологии.

Примерно в то же время, когда Хильда Мангольд проводила этот эксперимент в лаборатории Шпемана, другой немецкий эмбриолог, Вальтер Фогт, разработал остроумные методы мечения клеток или групп клеток. Эти методы позволили ему непосредственно наблюдать, что происходит с теми или иными клетками по мере развития эмбриона. Пользуясь ими, Фогт составил карты, показывающие, из какого участка эмбриона на ранних стадиях развития впоследствии формируется каждый орган. Эти карты показывали, какая судьба постигает те или иные клетки молодого эмбриона в ходе его дальнейшего развития по мере того, как проявляется заложенный в нем план строения.

Благодаря первым эмбриологам, таким как Пандер, Бэр, Шпеман и Мангольд, мы узнали, что можно проследить путь развития всех частей нашего взрослого организма из отдельных участков клеток зародыша на стадии простого трехслойного диска, а кроме того, что формирование общей схемы строения тела происходит за счет действия клеточного участка-организатора, открытого Мангольд и Шпеманом.

Разбирая и собирая эмбрионы по кусочкам, можно убедиться, что у всех млекопитающих, птиц, амфибий, рептилий и рыб есть свои участки-организаторы. Иногда можно даже заменить организатор в эмбрионе на другой, взятый из эмбриона совсем другого вида. Например, если пересадить участок-организатор, взятый из эмбриона курицы, на эмбрион тритона, из этого эмбриона разовьются тритоны-близнецы.

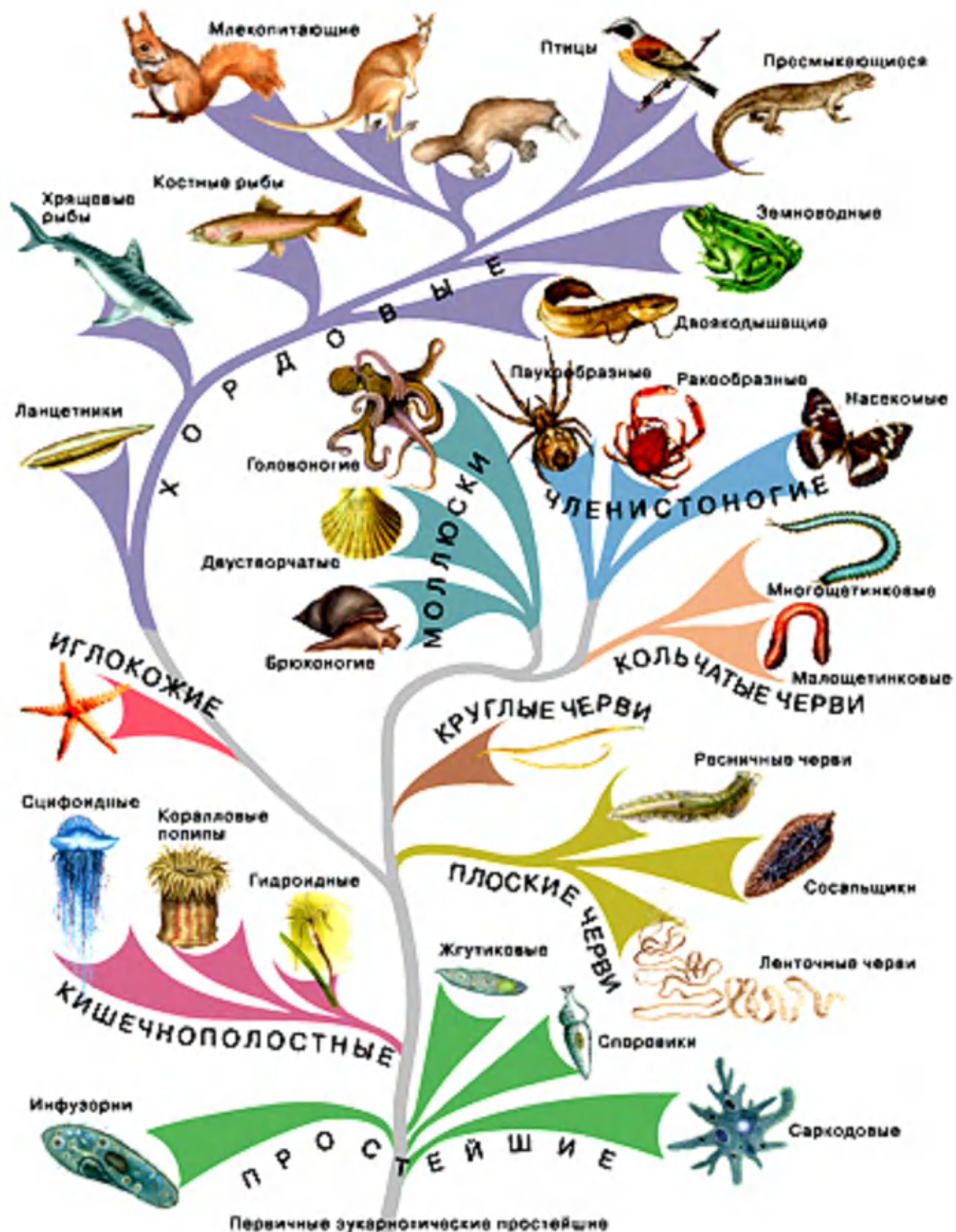
Но что такое этот организатор? И что такое в нем заключено, что говорит клеткам, по какому плану им строить развивающееся тело? Разумеется, это ДНК. И в этой-то ДНК мы и найдем внутренний рецепт, общий для нас и для всех остальных животных.

О мухах и людях

Карл Бэр следил за развитием эмбрионов, сравнивал один вид с другим и выявлял фундаментальные черты строения живых организмов. Мангольд и Шпеман, чтобы узнать, как из тканей эмбриона формируются ткани и органы взрослого организма, разрезали эмбрионы и пересаживали участки клеток от одного к другому. Теперь, в век ДНК, мы можем задаваться новыми вопросами — о генетической основе нашего строения. Как гены управляют развитием наших тканей и тел? Если раньше вы были склонны недооценивать мух¹, задумайтесь о том, что именно исследования мутаций, происходящих у этих насекомых, открыли людям путь к открытию генов, ответственных за план построения тела в человеческих эмбрионах. Мы уже обсуждали подобный подход, когда говорили об открытии генов, управляющих развитием пальцев рук и ног. Теперь посмотрим, что он может дать в исследовании генов, которые определяют весь проект нашего будущего тела.

У тела мухи тоже есть свой план строения. Оно имеет передний и задний концы, верх и низ, правый и левый бок. Усики, крылья и другие придатки растут у мухи оттуда, откуда должны расти. За исключением случаев, когда они растут совсем не оттуда! Бывают, например, такие мухи-мутанты, у которых из головы растут ноги. А бывают такие, у которых две пары крыльев и больше сегментов тела, чем должно быть. Такого рода мутанты и позволили разобраться, например, в том, почему у человека форма позвонков меняется от головы к противоположному концу тела.

¹ Мухи не принадлежат к эволюционной линии хордовых (куда входят и приматы), а относятся к эволюционной линии членистоногих. Эти линии разошлись на уровне иглокожие — плоские черви (см. рис. ниже).



филогенетическое древо животного мира.

Ученые исследуют аномалии у плодовых мух-дрозофил уже больше ста лет. Вскоре после начала этих исследований внимание ученых привлекли мутанты особого типа. У этих мутантов органы располагались в неправильных местах: нога росла там, где должен быть усик, или кроме нормальной пары крыльев была еще одна, лишняя, или не хватало некоторых сегментов тела. Очевидно, что-то здесь не давало телу развиваться в соответствии с нормальным планом строения. Как и любые мутанты, эти мухи были обязаны своим происхождением какой-то ошибке в за-

писанной на ДНК информации. Напомню, что гены представляют собой отрезки ДНК, длинная молекула которой называется хромосомой. Используя ряд методов, позволяющих изучать гены и их расположение на хромосомах, мы можем найти участок хромосомы, ответственный за ту или иную мутацию. Делается это в общих чертах так. Вначале мы разводим мутантов — получаем целую популяцию мух, все особи в которой обладают одной и той же генетической ошибкой. Затем, пользуясь определенными молекулярными маркерами, мы сравниваем гены особей, обладающих этой мутацией, с генами особей, у которых такой мутации нет. Этот метод позволяет определить положение участка, где произошла мутация, на той хромосоме, в состав которой входит мутантный ген. Эти эксперименты позволили выяснить, что у дрозофил есть восемь генов, повреждения которых вызывают подобные мутации. Эти гены идут друг за другом в одной из больших хромосом дрозофилы. Причем гены, мутации в которых вызывают нарушения строения головы, идут перед теми, мутации в которых вызывают нарушения в средних отделах тела, например в сегментах, несущих крылья. В самом конце этого ряда расположены гены, отвечающие за развитие заднего конца тела. Удивительное дело: оказалось, что эти гены расположены на хромосоме в том же самом порядке, в каком расположены связанные с ними структуры тела в направлении от головы к хвосту.

Теперь перед исследователями стояла задача узнать, какая конкретно последовательность элементов ДНК (нуклеотидов) отвечала за каждую мутацию. Майк Левин и Билл Макгиннис, работавшие в лаборатории Вальтера Геринга в Швейцарии, и Мэтт Скотт из лаборатории Тома Кауфмана в штате Индиана обнаружили, что в середине каждого из таких генов имеется короткая последовательность, которая оказалась почти идентичной у всех изученных видов. Эта небольшая последовательность получила название гомеобокс, а восемь генов дрозофилы, содержащих гомеобокс, называли Нох-генами. Эту последовательность стали искать у разных других видов животных, и эти поиски принесли общий вывод, который стал настоящим сюрпризом. Оказалось, что варианты Нох-генов есть у всех многоклеточных животных.

У таких разных организмов, как мухи и мыши, организация тела вдоль оси, идущей от головы к хвосту, регулируется вариантами одних и тех же генов. Если так или иначе вмешаться в работу Нох-генов, мы определенным предсказуемым образом вмешаемся и в план строения тела. Если получить муху, у которой не работает или отсутствует один из генов средних сегментов, то средние сегменты ее тела не разовьются или окажутся деформированы. Если получить мышь, у которой отсутствует один из средних Нох-генов, то у такой мыши будет видоизменено строение среднего участка позвоночника.

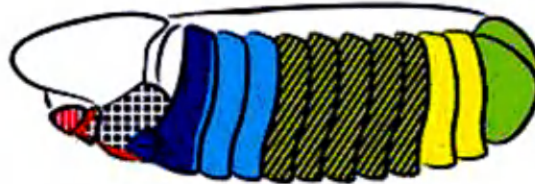
Нох-гены также определяют пропорции наших тел, то есть размеры различных участков головы, грудной клетки и спины. Эти гены участвуют в развитии отдельных органов, конечностей, гениталий и пищеварительного тракта. Изменения этих генов меняют строение наших тел.

У разных видов имеется разное число Нох-генов. У мух и других насекомых их восемь, у мышей и других млекопитающих — тридцать девять. При этом все тридцать девять Нох-генов мыши представляют собой варианты Нох-генов мухи. Объясняется это тем, что многие из Нох-генов млекопитающих, по-видимому, возникли в результате удвоения Нох-генов из меньшего набора — вроде того, что имеется у насекомых. Несмотря на различия в числе этих генов, в процессе развития мыши они активируются во вполне определенном порядке, точно так же, как и в процессе развития мухи.

Можем ли мы зайти еще дальше, изучая наше генеалогическое древо, и найти аналогичные отрезки ДНК, задействованные в формировании еще более фундаментальных особенностей строения нашего тела? Как это ни удивительно, можем. И это позволит нам увидеть нашу связь с организмами намного более простыми, чем мухи.



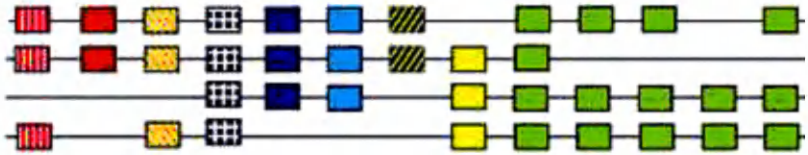
Личинка
мухи дрозофилы



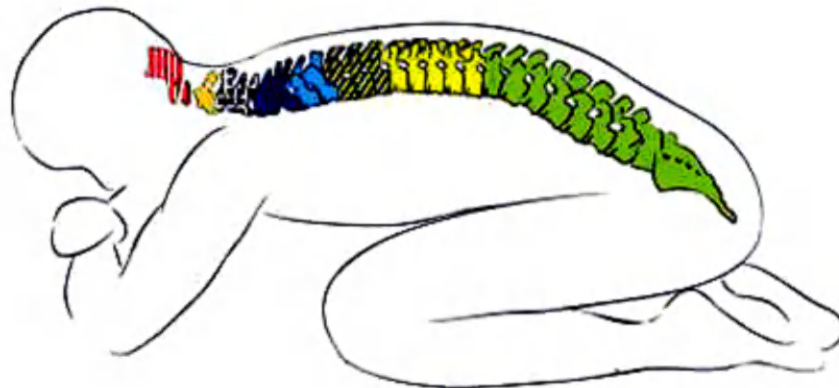
Нох-гены дрозофилы



Нох-гены человека: набор *a*
Нох-гены человека: набор *b*
Нох-гены человека: набор *c*
Нох-гены человека: набор *d*



Эмбрион человека



Нох-гены у мухи-дрозофилы и у человека. Организацией тела в направлении "от головы к хвосту" управляют разные Нох-гены. У мух имеется один набор из восьми таких генов, каждый из которых представлен на схеме в виде маленького прямоугольника. У людей есть четыре набора таких генов. И у мух, и у людей порядок, в котором включаются эти гены, соответствует порядку их расположения в ДНК: гены, работающие в голове, находятся на одном конце молекулы ДНК, работающие в хвосте — на другом, а те, что управляют развитием органов, расположенных посередине, и на ДНК расположены посередине.

В то время, когда Шпеману была присуждена Нобелевская премия, вокруг организатора был большой ажиотаж. Ученые искали загадочное вещество, действие которого могло бы определять в процессе развития план строения всего тела. Но подобно тому, как приходят и уходят увлечения в популярной культуре (например, такими игрушками, как йо-йо или смеющаяся кукла "Веселый Элмо"), увлечения ученых тоже нередко оказываются преходящими. К семидесятым годам к организатору стали относиться во многом как к диковинке, любопытному эпизоду из истории эмбриологии. Причина такого охлаждения была в том, что никому не удалось разобраться в механизме работы организатора.

Все изменилось после того, как в восьмидесятых годах были открыты Нох-гены. В начале девяностых, когда концепция организатора была еще по-прежнему совершенно не в моде, в лаборатории Эдди Де Робертиса в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе искали Нох-гены у лягушек по методике, сходной с той, что успешно использовали Левин и Макгиннис. Поиски были довольно масштабны и позволили выловить немало разных генов. Один из этих генов отличался весьма необычным характером работы. Он активировался в том самом участке организма эмбриона, где расположен организатор, и действовал именно на том этапе развития, на котором проявляется эффект организатора. Могу себе представить, что чувствовал Де Робертис, когда нашел этот ген. Перед ним был легендарный участок-организатор, и внутри этого участка работал ген, который, похоже, им управлял или по крайней мере был связан с его действием в процессе развития эмбриона. Интерес к организатору вспыхнул с новой силой.

После этого во многих разных лабораториях стали находить гены, связанные с организатором. Ричард Харланд, работавший в университете Беркли, проводя совсем другие эксперименты, нашел еще один ген, который он назвал *Noggin*. Этот ген делал в точности то, что должен делать ген организатора. Когда Харланд взял немного продукта этого гена и ввел его в определенный участок тела развивающегося эмбриона, эффект был точно таким же, как от пересадки организатора. Тело развившегося эмбриона обладало удвоенной продольной осью и двумя головами.

Действительно ли ген, открытый Де Робертисом, и ген *Noggin* и являются теми участками ДНК, которые обеспечивают работу организатора? Ответ здесь — и да и нет. Организацию плана строения тела обеспечивают многие гены, в том числе и эти два. Системы таких генов довольно сложны: один и тот же ген может играть на разных этапах развития несколько разных ролей. К примеру, ген *Noggin* играет важную роль в формировании оси тела, но также задействован и в процессе развития многих других органов². Более того, сложное поведение клеток, обеспечивающее, например, развитие головы, связано с работой не одного, а многих генов. На всех стадиях развития эмбриона одни гены взаимодействуют с другими. Работа одного гена может подавлять, а может и стимулировать работу другого. Иногда включение или выключение определенного гена обеспечивается взаимодействием сразу многих других генов. К счастью, новейшие методы позволяют нам наблюдать, как в клетке одновременно работают тысячи разных генов. Эти методы вместе с новыми компьютерными технологиями, дающими нам возможность разбираться в функциях конкретных генов, обладают огромным потенциалом для выяснения того, как гены обеспечивают формирование клеток, тканей и тел.

² Программисты это прекрасно понимают: можно написать большую линейную программу, в которой каждая команда будет выполняться только один раз; а можно написать короткую программу, которая будет делать то же самое путем многочисленных возвратов и многократного выполнения одних и тех же кусков (блоков) и команд. Вторая программа будет более сложна, но и более оптимальна.

Выяснение этих сложных взаимодействий между батареями генов проливает свет на механизмы, благодаря которым формируются наши тела. Работа гена *Noggin* — прекрасный тому пример. Продукт этого гена сам по себе не указывает ни одной клетке, где она должна располагаться на оси, идущей от спины к брюху. Этот ген действует лишь в унисон с множеством других генов. Их совместная работа и определяет положение клеток. Еще один ген, *BMP-4*, представляет собой "брюшной" ген. Он включается в клетках, из которых развиваются структуры, расположенные на брюшной стороне тела. Для развития зародыша очень важно взаимодействие между генами *BMP-4* и *Noggin*. В тех клетках, где активен *Noggin*, *BMP-4* не может выполнять свою работу. В итоге получается, что ген *Noggin* не столько говорит клеткам, что им нужно стать "клетками спинной стороны тела", сколько выключает сигнал, который сделал бы их клетками брюшной стороны. Такого рода отношения, включение и выключение, и лежат в основе всех процессов развития живых организмов.

Внутренняя актиния

Одно дело — сравнивать наши тела с телами лягушек и рыб. Между нами есть немало черт вполне заметного сходства: у нас у всех есть позвоночник, конечности, голова и так далее. Но что если сравнить нас с кем-нибудь совершенно на нас не похожим, например, с медузами и их родственниками?

У большинства животных тело имеет оси, положение которых определяется направлением передвижения или взаимным расположением рта и анального отверстия. Подумайте вот о чем: рот у нас находится на конце тела, противоположном анусу, и, как и у рыб и насекомых, обычно смотрит вперед.

Как бы нам найти себя в животных, у которых нет даже нервного тяжа? У которых нет рта или ануса? У таких существ, как медузы, кораллы и актинии, рот имеется, а вот ануса действительно нет. То же самое отверстие, которое служит им ртом, используется и для выброса непереваренных остатков пищи. Для медуз и их родственников такая конструкция вполне удобна. Но у биологов, сравнивающих строение этих организмов с устройством каких-либо других существ, оно вызывает изрядное головокружение.

Многие мои коллеги, в том числе Марк Мартиндейл и Джон Финнерти, работали над этой проблемой, изучая развитие представителей данной группы животных. Очень много полезных сведений им позволили получить актинии — близкие родственники медуз, живущие на морском дне и обладающие очень простым строением тела. Форма тела актинии весьма необычна, и на первый взгляд может показаться, что сравнивать их строение с нашим совершенно бесполезно. Внешне тело актинии напоминает ствол дерева, стоящий на утолщенном пеньке и увенчанный сверху кольцом из щупальцев. Эта странная форма тела делает актиний особенно интересным объектом для исследований: можно считать, что у них есть верх и низ или перед и зад, но в любом случае имеется лишь единственная ось симметрии. Проведем линию от ротового отверстия этого животного к основанию его тела. Биологи дали такой оси специальное название — орально-аборальная ось. Но название можно дать и чему-нибудь воображаемому. Если же эта ось биологически реальна, ее развитие должно чем-то напоминать развитие одной из трех осей нашего тела.

Мартиндейл и его коллеги выяснили, что у актиний действительно имеются примитивные варианты наших генов, определяющих план строения, а именно тех, что управляют формированием оси, соединяющей рот и анус. И, что еще важнее, эти гены работают у актиний вдоль орально-аборальной оси, что в свою очередь означает, что орально-аборальная ось этих примитивных существ генетически эквивалентна оси нашего тела, соединяющей рот и анус.



Актиния краснотелая (*Macrodactyla doreensis*).

С одной осью удалось разобраться, но как насчет еще одной? Есть ли у актиний что-то соответствующее нашей спинно-брюшной оси? В строении их тела, похоже, нет ничего похожего на спину и брюхо. Несмотря на это, Мартиндейл и его коллеги смело взялись за поиски у актиний генов, определяющих расположение структур тела вдоль спинно-брюшной оси. Исследователям было известно, как выглядят эти гены у нас, и этот образ был использован для выявления таких генов у актиний. И в итоге им удалось найти у актиний даже не один, а много разных генов спинно-брюшной оси. Но хотя эти гены и работали в развивающемся организме вдоль подобной оси, сама эта ось, похоже, никак не проявлялась в чертах строения тела взрослой актинии.

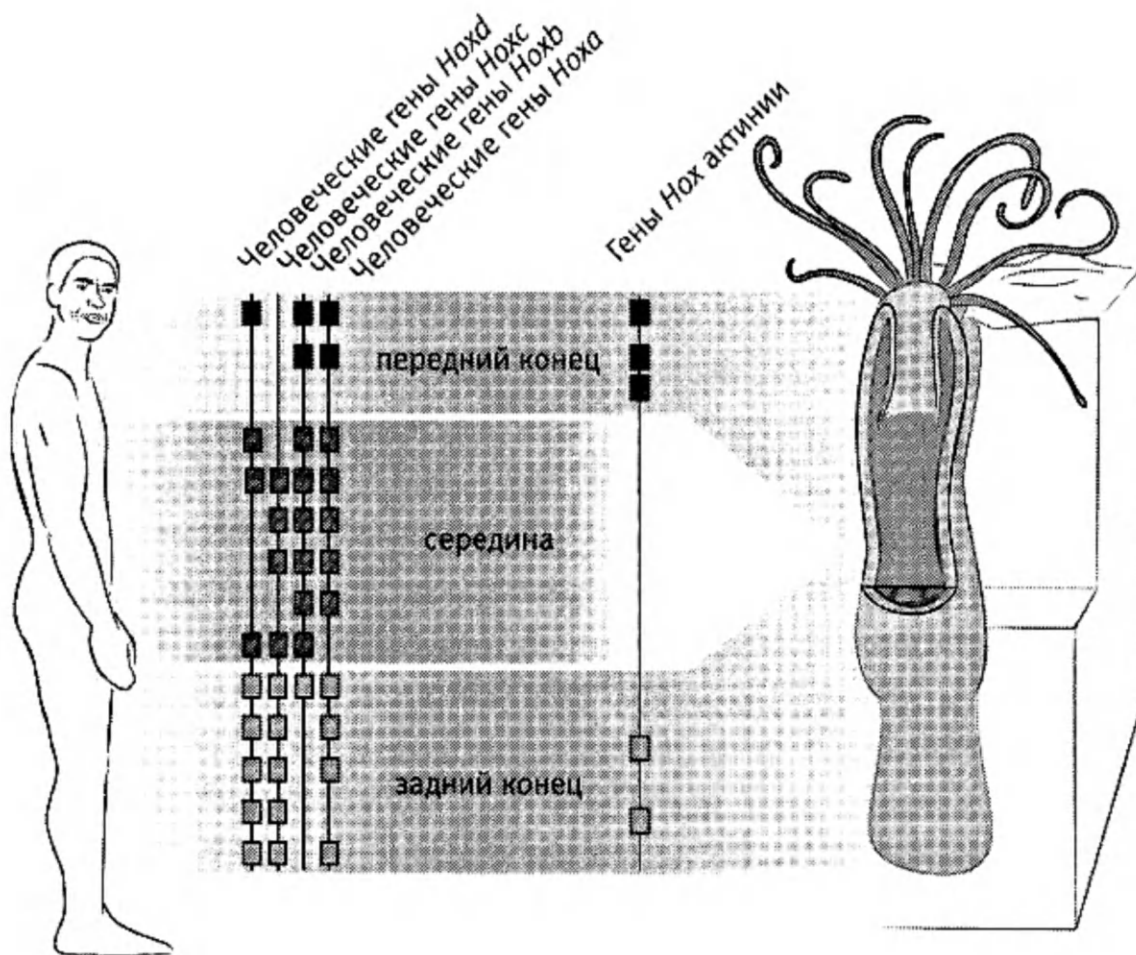
Если судить по одному лишь внешнему облику актинии, эта скрытая ось не выражена совсем никак. Но если разрезать тело актинии поперек, мы увидим еще одну скрытую черту — еще одну ось симметрии. Эту ось называют директивной, или направляющей. Она, как ни странно, разделяет тело как бы на две половинки — почти что правый и левый бок.

Эта неявная ось была известна анатомам с двадцатых годов, но оставалась своего рода научной диковинкой. Мартиндейл, Финнерти и их коллеги смогли разобраться в этом загадочном явлении.

Все животные и похожи друг на друга, и отличаются друг от друга. Подобно тому как рецепт пирога передается из поколения в поколение, на каждом этапе изменяясь и совершенствуясь, так же и рецепт построения наших тел передавался из поколения в поколение — и изменялся в течение многих миллионов лет. Может быть, мы и не похожи на актиний и медуз, но рецепт, по которому формируется наше тело, представляет собой лишь более замысловатую версию того рецепта, по которому формируются их тела.

Убедительные свидетельства существования общего для всех животных генетического рецепта развития можно получить, используя вместо генов одних организмов гены других. Что произойдет, если мы заменим один из генов "бодибилдинга" (то есть построения тела) существа, тело которого организовано примерно так же сложно, как наше, на соответствующий ген актинии? Вспомним ген *Noggin*, который у лягушек, мышей и людей включается в местах, где образуются структуры спины. Введем дополнительную порцию продукта этого гена в икринку лягушки, и

у этой лягушки сформируются дополнительные спинные структуры, иногда даже дополнительная голова. В эмбрионах актиний разновидность гена *Noggin* тоже включается на определенном этапе развития в клетках одного из концов директивной оси. Проведем принципиально важный эксперимент: возьмем продукт гена *Noggin* актинии и введем его в эмбрион лягушки. Результат? Лягушка с дополнительными спинными структурами, примерно такая же, как в опыте с введением в эмбрион лягушки продукта собственного гена *Noggin*.



У медуз и их родственников (например, актиний), как и у нас, имеются передний и задний концы тела. Такой план строения определяется у них вариантами тех же генов, что играют аналогичную роль и в человеческом теле.

Однако теперь, углубляясь в прошлое, мы подошли к еще одной, на первый взгляд трудноразрешимой, загадке. Все организмы, о которых шла речь в этой главе, обладают многоклеточным телом. Как нам сравнить самих себя с существами, вовсе лишенными тела, — одноклеточными микробами?

ГЛАВА 7. ПРИКЛЮЧЕНИЯ С БОДИБИЛДИНГОМ

С тех пор как я поступил в магистратуру, значительную часть времени, не занятого поисками ископаемых, я провел за микроскопом, изучая клетки, совместная работа которых обеспечивает образование костей.

Я брал развивающуюся конечность саламандры или лягушки и окрашивал ее клетки пигментами, которые делают формирующиеся хрящи синими, а кости — красными. Затем с помощью глицерина я мог сделать остальные ткани прозрачными и бесцветными. Это были очень красивые препараты: прозрачная конечность эмбриона и кости внутри нее, сияющие цветами пигментов. Казалось, что я изучаю животных, сделанных из стекла.

В эти долгие часы, проведенные за микроскопом, я в буквальном смысле наблюдал построение тела животного. На самых ранних стадиях у эмбрионов были крошечные зачатки конечностей, внутри которых клетки разделялись равномерными промежутками. Затем, на следующих стадиях, клетки внутри зачатка конечности начинали собираться в комки. На более поздних стадиях клетки уже принимали различную форму, и внутри зачатка конечности начинали формироваться кости. В них превращались все клеточные комки, которые я наблюдал у эмбрионов на более ранних стадиях.

Когда видишь, как по кусочкам собирается тело животного, сложно не почувствовать благоговейный трепет. Подобно строящемуся дому, конечность постепенно составляется из маленьких элементов, соединяющихся друг с другом, формируя структуру большего размера. Но между строящимся домом и развивающимся организмом есть и существенная разница. Строительством дома руководят люди, которые четко представляют себе, куда и как должны лечь кирпичи, а развитием конечностей и тел животных никто не руководит. Информация, позволяющая формировать конечности, представляет собой не какой-то отдельный архитектурный план — напротив, она содержится в каждой клетке. Представьте себе дом, который сам собой собирается на основе информации, содержащейся в кирпичах. А ведь именно так и собираются тела животных.

Значительная часть того, из чего делаются тела, находится внутри клеток. Там же находится и значительная часть того, что делает нас уникальными. Наше тело не похоже на тело медузы потому, что наши клетки по-другому соединяются друг с другом, по-другому взаимодействуют и производят разные материалы.

Прежде чем у наших тел вообще возник план строения, не говоря уже о голове, мозге или руках, должны были каким-то образом возникнуть сами тела. Что это значит? Вот что: чтобы клетки могли образовать все ткани и органы тела, вначале они должны были научиться объединяться и сотрудничать — собираться вместе и образовывать организмы совершенно нового типа.

Чтобы понять, какой в этом смысл, давайте для начала обсудим, что собой представляет тело многоклеточного организма, а затем обратимся к трем главным вопросам: когда, как и почему. Когда возникли многоклеточные тела, как они возникли и, самое главное, почему они вообще существуют?

Поиск

доказательств:

где тело?

Далеко не каждый комок клеток заслуживает почетного звания тела. Бактериальный мат³ или группа клеток кожи — нечто совсем иное, чем объединение клеток, которое мы называем телом многоклеточного организма. Разница между ними

³ Бактериальные маты — биоценозы, состоящие из прокариот и располагающиеся на дне водоемов или в их прибрежной зоне. По форме наиболее похожи на плёнки плесени. Древние бактериальные маты являлись единственными биоценозами на Земле. В настоящее время наибольшее распространение имеют бактериальные маты в горячих источниках. Осенью 2013 года появилось сообщение, что в западной части Австралии группа исследователей из Австралии и США обнаружила несколько окаменевших бактериальных матов возрастом до 3,5 миллиардов лет. Это самые старые объекты биологического происхождения.

принципиальна. Чтобы понять, в чем она состоит, проведем следующий мысленный эксперимент.

Что случится, если мы удалим часть бактерий из бактериального мата? Мы получим бактериальный мат меньшего размера. А что случится, если мы удалим порцию клеток человека или рыбы, скажем, из сердца или из мозга? В зависимости от того, какие именно это будут клетки, мы можем получить в итоге труп человека или рыбы.



Современные строматолиты в заливе Шарк, Австралия.
Сверху — разрез строматолитовой породы с характерными
полосками бактериального мата.

Этот мысленный эксперимент демонстрирует нам одно из важнейших свойств многоклеточных организмов: наши клетки работают вместе, образуя тем самым нечто большее, чем их простая сумма. При этом не все части тела равны. Некоторые из них жизненно необходимы. Кроме того, между частями многоклеточного тела существует разделение труда: мозг, сердце и желудок выполняют совершенно разные функции. Это разделение труда наблюдается и в самом мелком масштабе: оно свойственно не только частям тела и органам, но также и клеткам, генам и белкам, из которых состоит тело.

Многоклеточный организм, будь то тело червя или человека, обладает индивидуальностью, которой лишены составляющие его части. Например, клетки нашей кожи непрерывно делятся, умирают, отшелушиваются и опадают. Но каждый из нас при этом остается тем же самым индивидуумом, что и много лет назад, — несмотря на то, что с тех пор едва ли не все клетки нашей кожи уже заменились на новые. Те, что были у нас много лет назад, мертвы и сброшены, а их место заняли другие. То же самое можно отнести едва ли не к каждой клетке нашего тела. Подобно реке, которая остается той же, несмотря на то, что у нее меняется русло, а также скорость и объем переносимой воды, каждый из нас остается тем же индивидуумом, каким был, несмотря на текучесть составляющих нас частей.

Кроме того, несмотря на все эти непрерывные перемены, каждый из наших органов "знает" свое место, свой размер и функции. Наше тело вырастает пропорцио-

нальным от того, что рост всех костей в нем — будь то кости рук, пальцев или черепа — строго скоординирован. Наша кожа остается гладкой благодаря тому, что ее клетки определенным образом взаимодействуют друг с другом, поддерживая целостность кожи и равномерность ее рельефа, — по крайней мере, пока не произойдет что-нибудь из ряда вон выходящее, например, не вырастет бородавка. Клетки внутри бородавки не следуют предписанным для них правилам: они как бы забывают, когда им нужно остановить свой рост.

Когда хорошо настроенное равновесие разных частей тела нарушается, живое существо может умереть. Например, если одна группа клеток перестает должным образом сотрудничать с остальными, из нее может развиваться раковая опухоль. Продолжая неограниченно делиться или не умирая когда следует, эти клетки могут нарушить равновесие, обеспечивающее существование живого человека. Рак нарушает правила, предписанные клеткам для взаимодействия друг с другом. Подобно злодеям, из-за которых распадаются общества, построенные на всеобщем сотрудничестве, раковые клетки ведут себя по-своему, доводя до распада то объединение, к которому они относятся, — человеческое тело.

Что сделало такую сложную организацию возможной? Чтобы наши древние предки из одноклеточных организмов превратились в многоклеточные (чего им удалось добиться более миллиарда лет назад), их клетки должны были выработать новые механизмы, позволяющие жить и работать вместе. Им нужно было научиться взаимодействовать друг с другом, обмениваясь сигналами. Нужно было научиться по-новому объединяться и держаться друг за друга. И, кроме того, нужно было освоить новые функции, например синтез веществ, благодаря которым органы многоклеточного тела определенным образом отличаются друг от друга. Все эти свойства — межклеточный "клей", способы "клеточного общения" и производимые клетками вещества — и составляют тот набор инструментов, с помощью которого построены все разнообразные многоклеточные организмы, населяющие нашу планету.

Изобретение этих инструментов произвело настоящую революцию. Переход от одноклеточных организмов к многоклеточным означал появление совершенно иного мира. Его населили новые существа с совершенно новыми способностями: они научились вырастать большими и передвигаться на немалые расстояния, а также выработали новые органы, позволяющие ощущать, поедать и переваривать окружающий мир.

В поисках тела

Мысль, которая не позволяет всем нам — червям, рыбам и людям — слишком возгордиться: большая часть истории жизни была историей одноклеточных организмов. Почти все, о чем мы говорили до сих пор: животные с конечностями, головами, органами чувств или хотя бы с каким-то планом строения тела, — существовало на Земле лишь на последнем, меньшем промежутке истории ее существования. Мы, палеонтологи-преподаватели, чтобы показать, как невелик этот промежуток, нередко используем аналогию между всей историей Земли и одним календарным годом. Представим себе, что все 4,5 миллиарда лет существования Земли — это единственный год, где 1 января возникла наша планета, а полночь 31 декабря — настоящее время. Жизнь появилась на Земле где-то зимой или в самом начале весны, но вплоть до осени единственными живыми организмами были одноклеточные микробы, такие как бактерии, водоросли и амёбы. Животные возникли, по-видимому, только в ноябре, а люди — вечером 31 декабря. Как и все остальные животные и растения, населяющие Землю, мы довольно поздно явились на этот праздник жизни.

Если посмотреть на залегающие по всему свету горные породы, то гигантский масштаб временной шкалы, с которой мы имеем дело, станет вполне очевиден. В породах возрастом немногим более 600 миллионов лет и старше мы не находим ос-

татков ни животных, ни растений. Ископаемые, которые в них встречаются, представляют собой одноклеточные организмы и колонии водорослей и бактерий. Такие колонии похожи на бусы или маты, а иногда на круглые дверные ручки. Их не стоит путать с телами многоклеточных организмов.

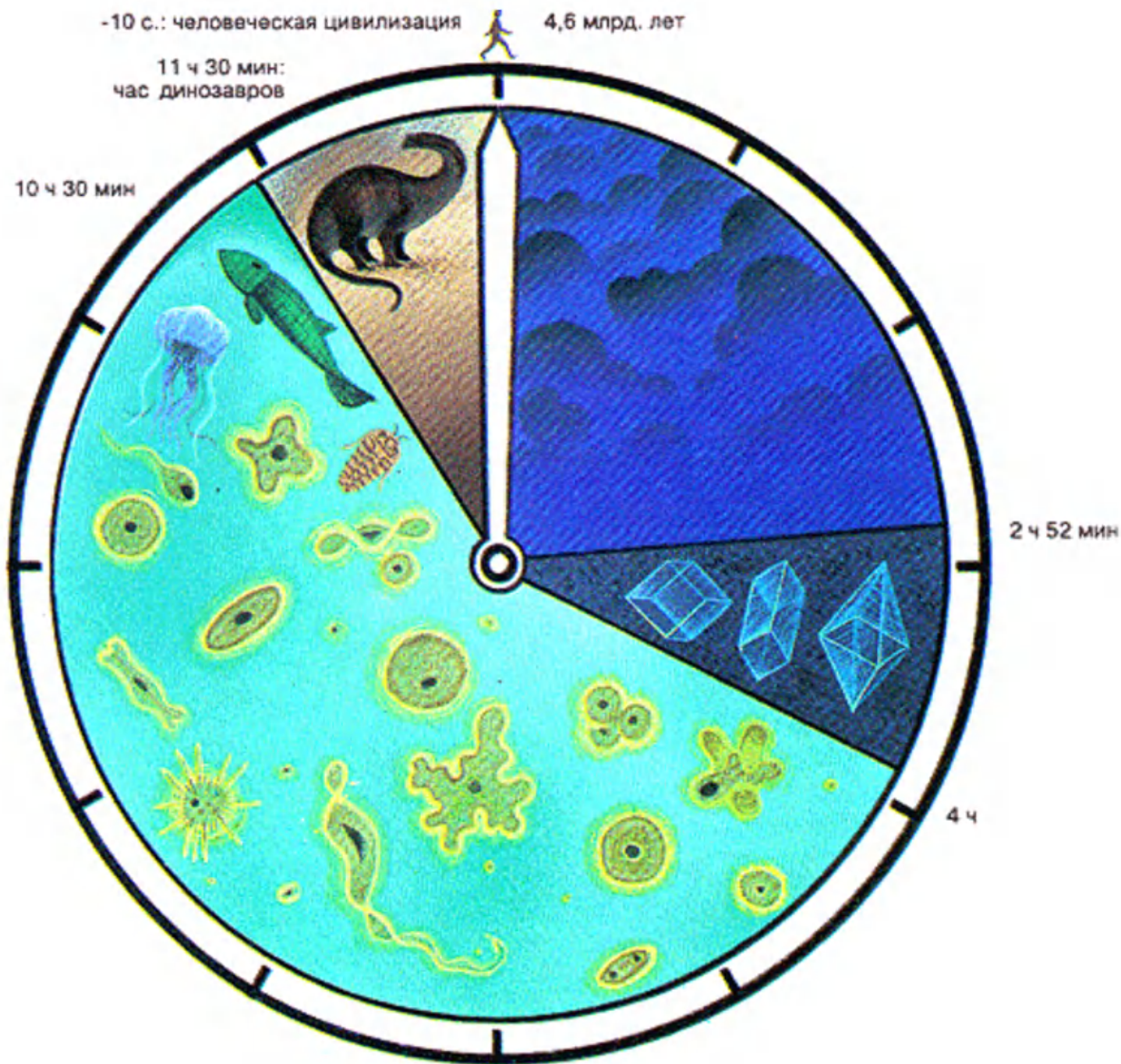
Исследователи, которые впервые обнаружили древнейшие ископаемые остатки многоклеточных, не имели представления, что именно им удалось обнаружить. С двадцатых по шестидесятые годы XX века в разных концах света стали находить остатки в высшей степени странных существ. В двадцатые и тридцатые годы Мартин Гюрих, немецкий палеонтолог, работавший в Намибии, нашел довольно много разных отпечатков, которые напоминали отпечатки тел животных. Они имели форму дисков и блюдец, и было неясно, насколько они примечательны. Это могли быть отпечатки древних водорослей или же древнейших медуз, когда-то населявших моря.

В 1947 году Реджинальд Спригг, австралийский геолог, в поисках полезных ископаемых наткнулся на место, где на нижних сторонах камней обнаружился отпечаток чего-то похожего на диски, ленты и пальмовые листья. Работая в районе заброшенного карьера в холмистой местности Эдиакара в Южной Австралии, Спригг собрал большую коллекцию этих отпечатков и добросовестно описал их. Со временем подобные отпечатки были обнаружены на всех материках, кроме Антарктиды. Ископаемые, которых обнаружил Спригг, были странными существами, но поначалу мало кто придавал им значение.



Дикинсония из Эдиакарской биоты (Докембрий) .

Дружное равнодушие к этим находкам со стороны палеонтологов было связано с тем, что породы, в которых были обнаружены эти отпечатки, считались возникшими в кембрийский период, из которого было известно уже немало ископаемых остатков животных в узком смысле слова, то есть многоклеточных. Ископаемые, найденные Сприггом и Порихом, долгое время оставались незамеченными и считались набором не особенно интересных, хотя и довольно странных отпечатков из периода, уже хорошо представленного в музейных коллекциях по всему миру.



Важнейшие события в истории жизни на Земле, отмеченные на 12-часовой временной шкале, Обратите внимание, на протяжении какого большого промежутка времени ни у кого из обитателей Земли не было многоклеточных тел. Все это время нашу планету населяли лишь одноклеточные организмы, жившие поодиночке или в колониях.

Все это изменил в середине шестидесятых Мартин Глесснер, обаятельный австрийский эмигрант, работавший в Австралии. Сравнив эти породы с породами, добытыми в других районах Земли, Глесснер показал, что возраст этих пород и содержащихся в них ископаемых на 15-20 миллионов лет больше, чем первоначально считалось. Гюрих, Спригг и другие нашли не просто какие-то любопытные отпечатки, а следы древнейших известных многоклеточных организмов.

Эти ископаемые относились к так называемому докембрию — времени, которое долгое время считали лишенным жизни. Открытие Глесснера говорило о том, что жизнь в конце докембрия не только уже существовала (это установили до Глесс-

нера), но и была представлена в том числе и многоклеточными формами. Палеонтологические диковинки оказались ценнейшими научными материалами.

Докембрийские диски, ленты и пальмовые листья представляли собой остатки древнейших организмов, обладавших многоклеточными телами. Как и можно было ожидать от древнейших ископаемых животных, они включали представителей самых примитивных групп, живущих в наши дни, — родственников современных губок и медуз. Другие докембрийские ископаемые не были похожи ни на каких известных животных. Об их отпечатках мы можем сказать только, что у этих организмов были многоклеточные тела, но их причудливую форму и необычный рельеф их покровов сложно сопоставить с чертами строения каких-либо современных организмов.

Из этого следовал один предельно ясный вывод: 600 миллионов лет назад многоклеточные организмы уже начали заселять моря нашей планеты. У этих организмов были вполне оформленные тела, то есть это были не колонии клеток, а настоящие многоклеточные. Некоторые из них уже обладают формой тела и характером симметрии, как у современных форм. Что же касается тех, которых не удастся сопоставить с современными формами, то и у них можно найти специализированные структуры тела. Это означает, что эти докембрийские организмы обладали новым уровнем биологической организации, более высоким, чем у предшествующих живых существ.

Об этом свидетельствуют не только ископаемые остатки, заключенные в горных породах, но и сами породы. С появлением первых многоклеточных тел появились и первые следы. На окаменевших участках морского дна того времени есть отпечатки, свидетельствующие о том, что обладатели этих тел уже умели ползать и извиваться. Древнейшие известные следы — небольшие лентовидные бороздки на поверхности окаменевшего ила — говорят о том, что эти многоклеточные были способны совершать довольно сложные движения. Они не только обладали телами с определенными узнаваемыми частями, но и пользовались ими, чтобы активно передвигаться неизвестными ранее способами.

Все обстоит именно так, как и следовало бы ожидать. Мы находим первые ископаемые остатки тел в породах более древних, чем первые остатки тел, обладающих сложным планом строения, которые в свою очередь встречаются в породах более древних, чем первые остатки тел, наделенных головой и конечностями, и так далее. Подобно животным из того зоопарка, по которому мы гуляли в первой главе, ископаемые, заключенные в горных породах, соответствуют вполне определенному порядку.

Как уже было сказано в начале этого раздела, наша задача — узнать, когда, как и почему возникли многоклеточные тела. Докембрийские ископаемые отвечают на вопрос "когда?". Чтобы узнать, как и, наконец, почему, мы должны пойти немного другим путем.

Тело как улика

По фотографиям докембрийских дисков, пальмовых листьев и лент никак нельзя понять, как много в этих организмах уже было от наших собственных тел. Казалось бы, что может быть общего у нас, так сложно устроенных людей, с какими-то отпечатками на камнях, которые больше всего похожи на помятых медуз и раздавленные катушки киноплёнки?

Однако на этот вопрос есть вполне определенный и, если вдуматься, закономерный ответ: то, что соединяет вместе все наши клетки — и тем самым делает возможным существование наших тел, — мало чем отличается от того, что соединяло вместе клетки древних организмов, отпечатки которых нашли Гюрх и Спрингг. Более того, строительные леса, которые позволили сформировать наши тела, возникли еще раньше, чем первые многоклеточные, — у одноклеточных орга-

низмов (простейших, которых прежде называли одноклеточными животными).

Что соединяет вместе клетки — те, из которых состоит медуза, или клетки человеческого глаза? У таких существ, как мы, этот биологический клей поразительно сложен: он не только скрепляет наши клетки, но и позволяет им взаимодействовать друг с другом, обеспечивая работу разных структур нашего тела. Этот клей не представляет собой одно какое-то вещество — он состоит из многих веществ, соединяющих клетки и заполняющих промежутки между ними. На микроскопическом уровне он придает всем нашим тканям и органам характерные для них облик, строение и функции. Наши глаза очевидно не похожи на кости наших ног, но значительная часть разницы между глазами и костями ног состоит в том, как именно в них располагаются и соединяются друг с другом клетки и межклеточные вещества.

На протяжении последних нескольких лет каждую осень я сводил с ума студентов-медиков, излагая им эти идеи. Задача, которую я ставил перед издерганными первокурсниками, состояла в том, чтобы, рассматривая препараты под микроскопом, научиться определять органы по идущим в произвольном порядке срезам их тканей. Как же это сделать?

Эта задача во многом похожа на другую: понять, в какой стране вы находитесь, глядя на карту маленькой деревни. Обе эти задачи выполнимы, но для их решения нужно принимать во внимание некоторые детали. В случае с органами это прежде всего форма клеток и характер их соединения друг с другом, а также тип вещества, лежащего между ними. Любая ткань характеризуется определенным набором клеток, определенным образом соединенных друг с другом. В одних участках организма мы видим ленты или столбики из клеток, в других клетки беспорядочно разбросаны и соединены не жестко. Участки последнего типа, где клетки не жестко соединены, нередко заполнены тем или иным материалом, который придает ткани характерные для нее физические свойства. Например, минеральные вещества, лежащие между клетками кости, делают костную ткань твердой, в то время как нетвердая белковая основа ткани, заключенной внутри наших глаз, делает глаз намного более мягким, чем кость.

Студентам, чтобы научиться определять органы по препаратам, которые они рассматривают под микроскопом, необходимо знать, как выглядят и как расположены клетки в разных тканях и что находится между ними. Для нас эти знания имеют более глубокий смысл. Те вещества, которые делают возможными те или иные объединения клеток, делают возможными и само существование наших тел. Если бы в природе не было способа соединять клетки друг с другом или между клетками не было бы никакого материала, на Земле не возникло бы многоклеточных тел, а были бы только отдельные клетки и группы клеток. Значит, чтобы разобраться в том, как и почему возникли наши тела, нам нужно для начала изучить вещества, заполняющие пространство между клетками, позволяющие соединять клетки друг с другом, а самим клеткам — взаимодействовать между собой.

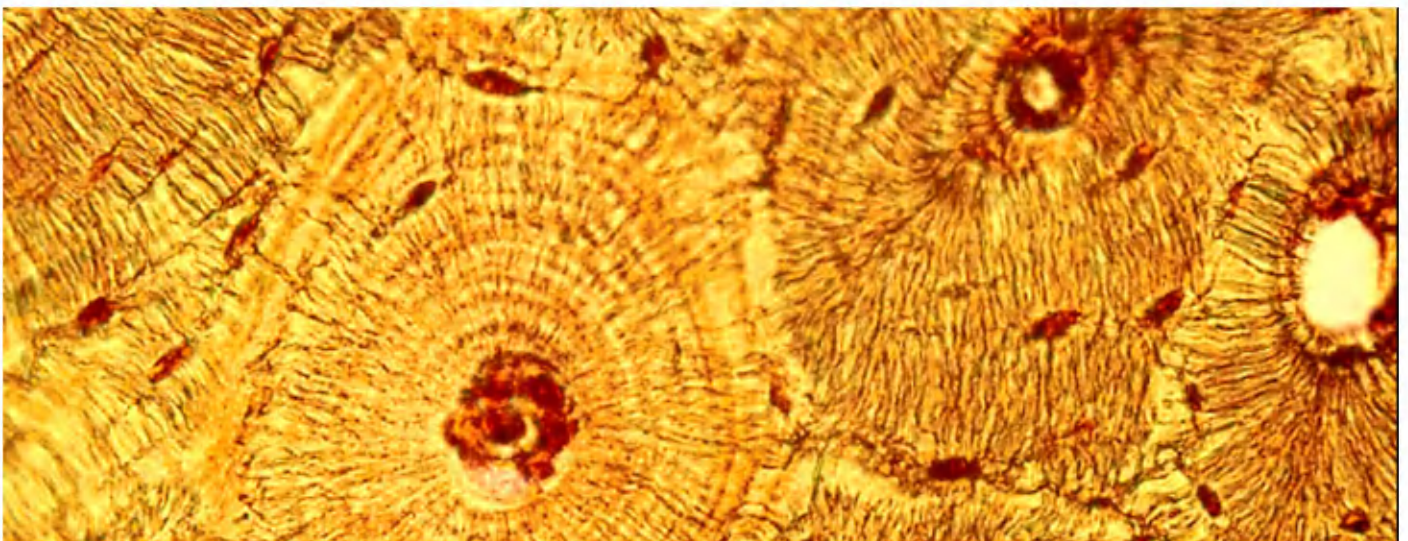
Чтобы понять, какое отношение имеет характер этих веществ к устройству наших тел, давайте рассмотрим подробно одну из частей нашего тела — скелет. Наш скелет — прекрасный пример того, как крошечные молекулы межклеточных веществ могут играть определяющую роль в построении организма, а также прекрасный пример того, как работают общие принципы, лежащие в основе функционирования всех частей нашего тела. Без скелета наше тело представляло бы собой какую-то бесформенную массу. Жизнь на суше была бы для нас нелегка и даже невозможна. Скелет настолько необходим для наших жизнедеятельности и поведения, что мы нередко забываем о его значении и воспринимаем его как нечто само собой разумеющееся. Между тем возможностью ходить, играть на фортепиано, дышать и питаться мы обязаны своему скелету.

Прекрасной аналогией, позволяющей понять, как работает скелет, может служить мост. Прочность моста зависит от размеров, формы и пропорций балок и

тросов, на которых держатся его пролеты. Но, кроме того, и это особенно важно, прочность моста зависит от микроскопических особенностей материалов, из которых этот мост построен. Химический состав и атомарное строение стали определяют, насколько эта сталь прочна и как сильно она способна согнуться, прежде чем сломается. Точно также и прочность нашего скелета зависит, с одной стороны, от размеров, формы и пропорций костей, а с другой стороны – от химического состава и мельчайших особенностей строения веществ, из которых состоят наши кости.

Давайте теперь попробуем разобраться, как именно это происходит. Когда мы совершаем пробежку, наши мышцы сокращаются, позвоночник, руки и ноги движутся, а ступни отталкиваются от земли, перемещая наше тело вперед. Наши кости и суставы функционируют при этом как гигантский комплекс рычагов и блоков, которые и делают возможными все эти движения. Движения нашего тела подчиняются простым физическим законам. Наша способность бегать во многом определяется размером, формой и пропорциями нашего скелета, а также устройством наших суставов. На этом уровне наш организм представляет собой что-то вроде гигантской машины. Как и положено машине, его устройство соответствует его функциям. У чемпиона по прыжкам в высоту скелет имеет иные пропорции, чем у борца сумо. Еще сильнее отличаются друг от друга пропорции скелета конечностей лягушки, приспособленные для прыжков, и лошади, приспособленные для бега.

Теперь давайте посмотрим на микроскопическое строение. Если взять срез бедренной кости и рассмотреть его под микроскопом, мы сразу увидим, что придает костям их особые механические свойства. Клетки костной ткани расположены очень упорядоченно, особенно вблизи наружной поверхности кости. Некоторые из этих клеток соединены друг с другом, другие изолированы. Между изолированными клетками и группами клеток располагаются материалы, которые и определяют прочность кости. Один из этих материалов – минерал вроде камня, называемый гидроксиапатитом (мы уже говорили о нем в четвертой главе). Гидроксиапатит – вещество твердое в том же смысле, в каком тверд бетон: он устойчив к сжатию, но менее устойчив к сгибанию. Поэтому, точно так же, как сложенные из кирпичей или бетонных блоков дома, кости имеют строение, при котором их материал больше подвергается сжатию и меньше – сгибанию. Галилей понял это уже в XVII веке.



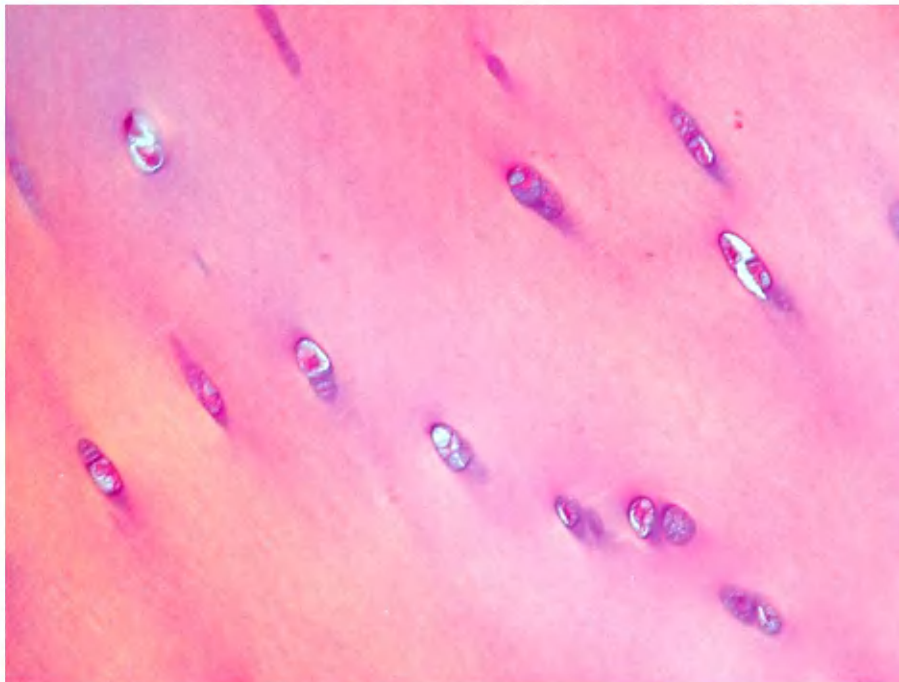
К каждому сегменту коллагенового волокна примыкают кристаллы гидроксиапатита, плотно его опоясывая. Сегменты примыкающих коллагеновых волокон перекрывают друг друга. Соответственно, как кирпичи при кладке стены, перекрывают друг друга и кристаллы гидроксиапатита.

Еще одно вещество в промежутках между клетками кости есть самый обычный белок во всем человеческом организме. Если мы рассмотрим препарат кости под электронным микроскопом при увеличении в 10 тысяч раз, мы увидим что-то вроде канатов, сплетенных из пучков белковых волокон. Это вещество называется коллагеном, и не только строение, но и механические свойства делают его похожим на канат. Канат относительно прочен на растяжение, но легко поддается сжатию и сгибанию (представьте себе, что случится, если две команды, перетягивающие канат, побегут друг навстречу другу). Подобно канату, коллаген оказывается прочным, если его растягивать, но податливым, если сгибать.

Кости состоят из клеток, окруженных морем гидроксиапатита, коллагена и некоторых других веществ, присутствующих в меньшем количестве. Некоторые из клеток соединены друг с другом, другие целиком окружены этими материалами. Прочность кости на растяжение определяется коллагеном, а прочность на сжатие — гидроксиапатитом.

Хрящи — еще одна составляющая наших скелетов — ведут себя несколько иначе. Именно хрящи образуют те гладкие поверхности, которые позволяют соединенным костям во время пробежки скользить друг относительно друга. Безупречная работа коленного сустава, как и большинства других суставов, которыми мы пользуемся, совершая пробежку, зависит от относительной мягкости и упругости хрящевой ткани в этих суставах. Если сжать здоровый хрящ, а затем отпустить, он вновь вернется к своей первоначальной форме, подобно губке для мытья посуды. Каждый раз, когда мы во время пробежки касаемся ступней земли, вся масса нашего тела на некоторой скорости врывается в землю. Если бы кости у нас в суставах не были защищены хрящевыми колпачками, они с силой терлись бы друг о друга. Именно это происходит при некоторых формах артрита: хрящи в суставах атрофируются, и движения оказываются затруднены.

Мягкость и упругость хрящевой ткани определяются ее микроскопическим строением. В хрящах, которые расположены в наших суставах, клеток довольно мало, и эти клетки разделены большим количеством заполняющего межклеточное пространство вещества. Как и в случае с костной тканью, прежде всего именно свойства этого межклеточного наполнителя и определяют механические характеристики всей ткани.



Гистологический препарат хрящевой ткани под оптическим микроскопом.

В хрящевой ткани (как и во многих других тканях нашего тела) межклеточное пространство во многом заполнено коллагеном. Упругость же хрящу придает другое вещество — одно из самых необычных во всем нашем организме. Это вещество, которое называется протеогликан, делает хрящ упругим и устойчивым к сжатию. Комплекс молекул протеогликана напоминает большую трехмерную щетку с длинной ручкой и множеством маленьких ответвлений. Такие комплексы можно даже увидеть под микроскопом. Это вещество обладает удивительным свойством, которое и дает нам возможность ходить и бегать. Дело в том, что тонкие ответвления протеогликанового комплекса охотно соединяются с водой. Благодаря этому протеогликан легко пропитывается немалым количеством воды, образуя что-то вроде студня. Если сделать студень, внутри и вокруг которого будут густой сетью переплетены нитки (они соответствуют коллагену), такой студень будет одновременно довольно мягким, упругим и относительно устойчивым к растяжению. Примерно так и устроена хрящевая ткань. Она служит прекрасной прокладкой между костями там, где они соединяются, то есть в суставах. Роль клеток хрящевой ткани состоит в том, чтобы выделять эти вещества по ходу роста организма и поддерживать их запасы после того, как рост закончится.

Соотношение различных межклеточных материалов во многом и определяет различие механических свойств костей, хрящей и зубов. Зубы — структуры очень твердые, поэтому вполне предсказуемо, что в составе их эмали много гидроксиапатита и мало коллагена. В костной ткани содержится несколько больше коллагена и меньше гидроксиапатита. Поэтому кости не так прочны, как зубы. В составе хрящевой ткани много коллагена, а гидроксиапатита нет, но зато есть много протеогликана. В результате хрящевая ткань — самая мягкая из тканей нашего скелета. Правильное строение и работа скелета во многом определяются содержанием этих веществ во всех его структурах в определенных правильных соотношениях.

Но какое все это имеет отношение к происхождению наших тел? У всех животных есть одно общее свойство, независимо от того, есть у них скелет или нет: все они, даже самые примитивные, наделены определенными веществами, которые заполняют пространство между клетками, а именно определенными разновидностями коллагена и протеогликана. Особую роль среди этих веществ играет коллаген. Это самый распространенный белок в организмах животных: на него приходится более 90% массы всех белков в организме. Построение многоклеточных тел, которое началось в далеком прошлом, было бы невозможно, если бы не возникло такое вещество.

Еще одна очень важная для нашего тела особенность состоит в том, что его клетки должны уметь соединяться и общаться друг с другом. Как соединяются друг с другом клетки кости и откуда клетки в разных ее частях знают, что им нужно вести себя по-разному? Ответ на этот вопрос позволяет во многом понять, как устроен наш "арсенал для бодибилдинга" — то есть инструментарий, позволяющий строить наши тела.

Клетки кости, как и все другие клетки нашего тела, соединяются друг с другом при помощи тонких молекулярных заклепок. В нашем организме есть множество разных заклепок такого рода. Некоторые из них соединяют клетки так, как клей соединяет ботинок и его подошву: одна молекула закреплена на наружной мембране одной клетки, а другая — на наружной мембране другой клетки. Этот клей, прикрепляясь к мембранам обеих клеток, обеспечивает им устойчивое соединение.

Другие молекулярные заклепки столь разборчивы, что присоединяются избирательно, лишь к заклепкам того же типа. Это очень важное свойство наших организмов, которое во многом обеспечивает фундаментальные особенности его строения. Такие избирательные заклепки помогают клеткам определенного типа безошибочно находить друг друга. Благодаря им клетки костной ткани соединяются с другими клетками костной ткани, клетки кожи — с другими клетками кожи и так далее. Эти заклепки позволяют формировать наши тела без какой-либо дополни-

тельной информации. Если мы возьмем некоторое количество клеток нескольких разновидностей, каждая из которых обладает определенным типом таких заклепок, и оставим их расти на питательной среде, эти клетки сами сформируют скопления, состоящие из клеток одной разновидности. Одни могут собраться в шарики, другие — в пластинки, и все они будут отсортированы по типу заклепок.

Но, пожалуй, самый важный тип связей между клетками — это связи, позволяющие им обмениваться друг с другом информацией. Правильное строение нашего скелета, да и всего нашего тела, возможно только благодаря тому, что формирующие его клетки умеют правильно себя вести. Для этого они должны уметь правильно делиться, производить определенные вещества и вовремя умирать. Если бы, к примеру, клетки костной ткани или клетки кожи вели себя как попало — например, делились слишком часто или умирали слишком редко, — мы вырастали бы уродами или не вырастали вовсе, а погибали на ранних стадиях развития.

Клетки общаются друг с другом, пользуясь "словами", записанными на молекулах, которые передаются от клетки к клетке. Передавая друг другу такие молекулы, соседние клетки могут как бы разговаривать. Вот один из простейших примеров такого межклеточного общения. Одна клетка подает сигнал — выделяет молекулы определенного вещества. Эти молекулы прикрепляются к наружной оболочке, то есть мембране, соседней клетки, для которой и предназначен этот сигнал. Прикрепление таких молекул к мембране запускает цепную реакцию молекулярных взаимодействий, которые передают сигнал от мембраны внутрь, часто даже в ядро получившей сигнал клетки. Напомню, что внутри клеточного ядра хранится генетическая информация. Переданный в ядро сигнал может включить или выключить определенные гены. В итоге клетка, получившая сигнал, изменит свое поведение. Этот сигнал может заставить ее умереть, разделиться или начать производить какие-то новые вещества.

Вот что, в первом приближении, и делает возможным существование наших тел. У всех животных в узком смысле, то есть многоклеточных, имеются структурные молекулы, такие как коллаген и протеогликан, имеется набор молекулярных заклепок, позволяющих клеткам соединяться друг с другом, и имеется молекулярный инструментарий, позволяющий клеткам общаться друг с другом.

Теперь у нас есть поисковый образ, необходимый, чтобы разобраться в происхождении наших тел. Чтобы понять, как наши тела возникли, нам нужно найти все три перечисленных выше типа молекул у самых примитивных животных на планете, а затем постараться отыскать что-то похожее у одноклеточных организмов.

Бодибилдинг для капель

Что общего между телом профессора и каплей? Чтобы ответить на этот вопрос, давайте рассмотрим самых примитивных животных, обитающих сегодня на нашей планете.

Одно из них не только очень просто устроено, но и по-прежнему во многом загадочно: его очень редко наблюдали в природе, и даже все стадии его жизненного цикла так до сих пор и не удалось проследить. В конце восьмидесятых годов XIX века на стеклянной стенке аквариума один ученый обнаружил удивительно простой организм. Он не был похож ни на одно известное животное и напоминал бесформенный комок или кляксу. Единственное, с чем его можно сравнить, — это бесформенный инопланетный монстр из фильма "Капля" ("The Blob" со Стивом Маккуином). Этот монстр представляет собой загадочную бесформенную массу, занесенную на Землю из космоса. Он обволакивает и переваривает своих жертв — собак, людей, а затем даже целые ресторанчики в небольших пенсильванских городках. Пищеварительные органы у этого монстра где-то на брюшной стороне (правда, в фильме их не показывают, но попадающие туда люди издают душераздирающие

крики). Если уменьшить этого монстра до двух миллиметров в диаметре — так, чтобы его тело состояло лишь из нескольких сотен клеток, — мы получим нечто очень похожее на этот вполне реальный земной организм, получивший название трихоплакс. У трихоплакса есть только четыре типа клеток, а тело по форме напоминает не то комок, не то кляксу. И все же это настоящее тело. Некоторые из клеток брюшной стороны специализируются на пищеварении, другие наделены жгутиками, биение которых помогает трихоплаксу двигаться. Питаются трихоплаксы в основном водорослями и бактериями. Точно не известно, насколько широко он распространен, но его находили в нескольких морях в разных концах Земли. Хотя мы по-прежнему многого не знаем об этих животных, известно, что у них есть одно исключительно важное свойство. Как бы просто ни был устроен организм, между его частями уже существует отчетливое разделение труда.



Трихоплакс (*Trichoplax adhaerens*).

Многие интересные особенности наших тел можно наблюдать и у трихоплакса. Тело трихоплакса — настоящий многоклеточный организм, хоть и примитивно устроенный. Изучая ДНК трихоплакса и молекулы, находящиеся на поверхности его клеток, мы убеждаемся, что у него уже имеется значительная часть нашего набора для бодибилдинга. У трихоплакса есть определенные молекулярные заклепки, соединяющие клетки, а также средства для общения клеток, похожие на те, что присутствуют и в наших собственных телах.

Наш набор для построения тела можно найти в бесформенных комках, устроенных еще проще, чем некоторые из древних ископаемых, открытых Реджинальдом Сприггсом. Можем ли мы пойти еще дальше, перейти к организмам с еще более примитивными телами? По-видимому, да. Обратимся к существам, тела которых с давних пор использовали для мытья, — к губкам. На первый взгляд, в губке мало примечательного. Значительную часть тела губки составляют опорные структуры, состоящие из силикатов (веществ, близких к стеклу) или карбоната кальция (твердого материала, из которого состоят раковины моллюсков), переплетенных с некоторым количеством коллагена. Вот это-то и делает губок интересными. Вспом-

ним, что коллаген — важнейший материал наших межклеточных пространств, скрепляющий многие клетки и ткани нашего организма. По виду губок этого не скажешь, но у них уже есть один из отличительных признаков настоящих многоклеточных организмов.

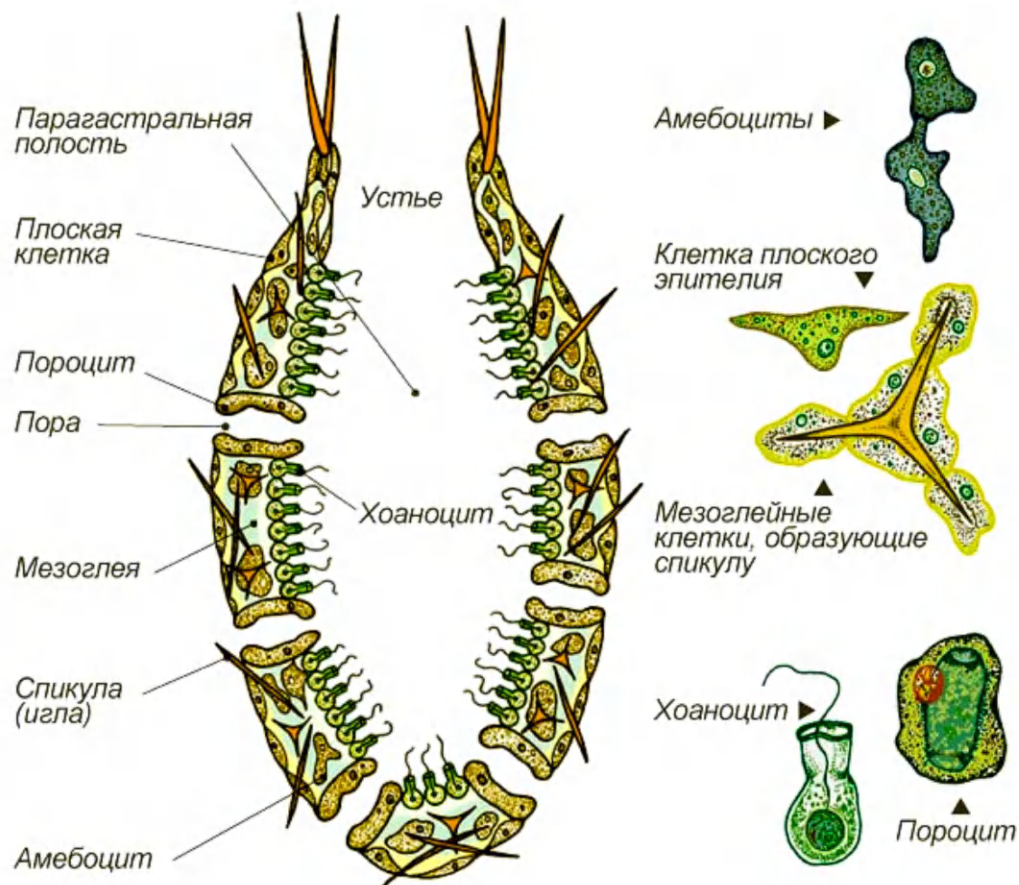
В начале XX века Генри ван Питере Уилсон, исследовавший губок, показал, насколько они на самом деле удивительны. В 1894 году Уилсон поступил на работу в Университет Северной Каролины, став первым профессором биологии этого университета. Он вырастил здесь целую плеяду выдающихся американских биологов, работы которых во многом определили ход развития генетики и клеточной биологии в Северной Америке на протяжении XX века. Еще в молодости Уилсон решил посвятить свою научную деятельность именно изучению губок. Один из его экспериментов показывает по-настоящему удивительное свойство этих на первый взгляд простых организмов. Уилсон пропускал тело губки через сито, превращая его в набор отделенных друг от друга клеток. Затем он помещал эти похожие на амёб, совершенно отдельные клетки в стеклянную чашку и наблюдал за ними. Поначалу они просто ползали по дну чашки. Затем произошло нечто удивительное: они стали группироваться. Сперва из них образовались бесформенные красноватые шарики. Затем эти шарики стали более упорядоченными: упакованные в них клетки стали образовывать регулярные структуры. Уилсон увидел, как почти с нуля собирается живой организм. Если бы мы могли делать то, на что способны губки, то с попавшим в дробилку и размолотым на кусочки героем Стива Бушеми из фильма братьев Коэнов "Фарго" все было бы в порядке. Этот опыт даже мог бы пойти ему на пользу, ведь клетки, собравшись вместе, могли бы образовать несколько его копий.



Один из видов губок.

Именно клетки губок делают этих животных полезным орудием для изучения происхождения наших тел. Внутри тела губки обычно находится полость, которая мо-

жет быть по-разному разделена на отсеки, в зависимости от вида губки. Через эти отсеки протекает вода, приводимая в движение клетками совершенно особого типа. Выглядят эти клетки как бокалы на толстых ножках, направленных внутрь тела губки. Из бокала торчит длинный жгутик, биение которого и приводит в движение воду. На стенках бокала, образованных микроворсинками, оседают различные частицы, которые клетка может поглощать и переваривать. С помощью этих клеток губка пропускает сквозь свое тело воду, которая вначале поступает в центральную полость, а затем растекается по отсекам и выходит через поры наружу. По ходу движения воды сквозь организм губки из воды отфильтровываются пищевые частицы. Другие клетки, расположенные в теле губки глубже, участвуют в переваривании поглощенной пищи. Клетки еще одного типа образуют наружные покровы губки и могут сокращаться, меняя форму ее тела. Эта способность помогает губкам успешно фильтровать воду, когда направление ее потоков меняется.



Организация губок.

Губка мало похожа на большинство знакомых нам животных, но она уже обладает многими важнейшими признаками многоклеточного организма: между ее клетками есть разделение труда, эти клетки способны общаться друг с другом и совокупность большого числа клеток ведет себя как единый организм. Строение губки упорядочено: разные клетки находятся на разных местах и выполняют разную работу. Конечно, телу губки далеко до тела человека, в состав которого входят триллионы определенным образом расположенных клеток, но тела губки и человека обладают некоторыми общими свойствами. Особенно важно, что у губок уже имеется значительная часть нашего инструментария, обеспечивающего сцепление клеток, их общение и построение из них тканей многоклеточного организма. Губки — настоящие многоклеточные, хотя и очень примитивные и обладающие довольно слабо упорядоченным строением.

Мы тоже, подобно трихоплаксам и губкам, состоим из многих клеток. У нас, как и у них, между разными клетками и структурами тела есть разделение труда. И у нас и у них есть все элементы молекулярного аппарата, который скрепляет клетки в единый организм: соединяющие заклепки, различные инструменты для передачи сигналов от клетки к клетке и ряд веществ, молекулы которых заполняют пространство между клетками. У трихоплаксов и губок даже есть коллаген, как и у нас — и у всех остальных животных. Но, в отличие от нас, трихоплаксы и губки обладают довольно примитивными вариантами всех этих признаков. Например, вместо наших двадцати двух типов коллагена у губок есть только два, а молекулярных заклепок у них не сотни типов, как у нас, а во много раз меньше. Губки устроены проще, чем мы, и имеют намного меньше типов клеток, но основные инструменты из набора для построения тела у них уже есть.

Трихоплаксы и губки относятся к самым простым из многоклеточных организмов, живущих в наши дни. Чтобы пойти еще дальше, теперь нам нужно искать то, что позволяет строить наши тела, у существ, вообще не обладающих многоклеточным телом, — у одноклеточных микробов.

Как сравнить одноклеточный организм микроба с многоклеточным организмом животного? Имеются ли у одноклеточных инструменты, позволяющие строить многоклеточные тела? Если имеются, но не служат для построения тел, то для чего они нужны?

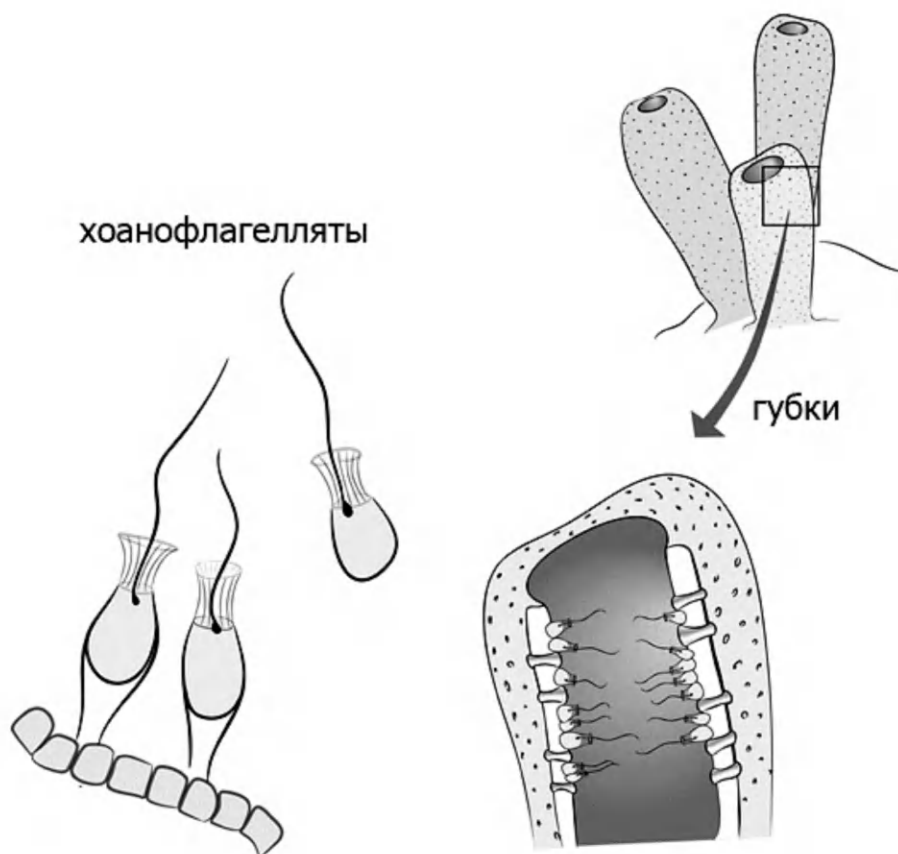
Самый прямолинейный способ искать ответ на эти вопросы состоит в том, чтобы изучить гены микробов и попытаться найти в них общие черты с генами животных. Самые первые сравнения геномов (то есть совокупностей всех генов организма) животных и микробов показали, что у многих одноклеточных отсутствует значительная часть генов, которые у многоклеточных обеспечивают соединение, взаимодействие клеток и прочее. Результаты некоторых исследований, казалось, свидетельствовали о том, что более восьмисот веществ, синтезируемых за счет работы таких генов, имеются только у настоящих животных, то есть многоклеточных, и отсутствуют у одноклеточных. Эти результаты как будто подтверждали предположение, что гены, позволяющие объединять клетки в многоклеточный организм, возникли одновременно с многоклеточностью. На первый взгляд казалось довольно логичным, что инструменты для построения многоклеточных тел появились именно тогда, когда появились и сами такие тела.

Но все эти представления полностью перевернулись, когда Николь Кинг из Калифорнийского университета в Беркли занялась организмами, которые называют хоанофлагеллятами (или воротничковыми жгутиконосцами). Она выбрала именно этот объект для своих исследований не случайно. Ей было известно, что, судя по результатам некоторых работ с ДНК, хоанофлагелляты вполне могут быть ближайшими одноклеточными родственниками настоящих (многоклеточных) животных, в том числе трихоплаксов и губок. Поэтому она подозревала, что в ДНК хоанофлагеллят можно найти варианты генов, обеспечивающих формирование наших тел.

Поискам, которые вела Николь, помог проект "Геном человека" — увенчавшееся успехом предприятие, целью которого было прочтение последовательности всей ДНК человека и картирование всех имеющихся у нас генов. Наряду с этим проектом были организованы аналогичные проекты, посвященные другим организмам — мухе-дрозофиле, серой крысе, медоносной пчеле, а также трихоплаксу, некоторым губкам и многим видам микробов. Полученные генетические карты — настоящий кладезь информации для наших исследований. Они позволяют сравнивать "гены бодибилдинга" многих разных видов. Такие карты очень помогли Николь Кинг в изучении хоанофлагеллят.

Хоанофлагелляты на удивление похожи на те клетки губок, которые напоминают бокалы на толстых ножках. Их сходство так велико, что долгое время многие считали, что хоанофлагелляты произошли от выродившихся губок, которые утратили все другие типы клеток и потеряли способность соединять их вместе. Если бы

это было так, то ДНК хоанофлагеллят напоминало бы ДНК очень необычной губки. Но это не так. Когда участки ДНК хоанофлагеллят сравнили с ДНК других микробов и губок, оказалось, что у хоанофлагеллят ДНК сильно отличается от ДНК губок. Хоанофлагелляты — настоящие одноклеточные микроорганизмы.



Хоанофлагелляты (слева) и губки (справа).

Работы Николь с хоанофлагеллятами показали, что никакой генетической пропасти между одноклеточными микроорганизмами (микробами) и настоящими животными (многоклеточными) на самом деле нет. Большинство генов, работающих у хоанофлагеллят, работают и в клетках животных. Более того, эти гены включают часть аппарата, обеспечивающего построение наших тел. Приведем несколько примеров, показывающих, насколько велико это сходство. У хоанофлагеллят имеются вещества, обеспечивающие в многоклеточных организмах сцепление и общение клеток — даже элементы молекулярных каскадов, которые доставляют сигнал от наружной мембраны клетки внутрь ее ядра. Имеется у хоанофлагеллят и коллаген. Есть у них и несколько типов молекул-заклепок, которые у многоклеточных служат для соединения клеток, правда, у хоанофлагеллят они выполняют несколько другие функции.

Изучение хоанофлагеллят позволило Николь открыть пути для сравнения нашего аппарата построения тела с теми его деталями, которые можно найти и у других микробов. Гены, которые позволяют синтезировать коллаген и протеогликан, теперь известны и у ряда других микроорганизмов. Например, стрептококки — бактерии, которые живут у нас во рту (а иногда и не только), — несут на поверхности своих клеток вещество, очень близкое к коллагену. Молекулярное строение этого вещества необычайно похоже на строение нашего коллагена, но его молекулы не сплетаются в канаты или пласты, как делает коллаген животных. У многих разных бактерий в клеточных стенках имеются некоторые из сахаров, входящих в состав протеогликанового комплекса, который составляет основу наших хрящей.

Эти сахара играют у ряда болезнетворных бактерий и вирусов довольно неприглядную роль. Они помогают болезнетворным агентам проникать в клетки других организмов и во многих случаях делают возбудителей заболеваний более опасными для нас. Многие из молекул, с помощью которых микробы причиняют нам страдания, представляют собой более простые варианты молекул, которые делают возможным существование наших собственных тел.



Хоанофлагеллята *Codonophrys botrytis*.

Из этого вытекает один закономерный вопрос. В древних породах возрастом от трех с лишним миллиардов до шестисот с лишним миллионов лет мы находим одни лишь остатки микроорганизмов. А затем внезапно, на промежутке где-то в 40 миллионов лет, появляются всевозможные многоклеточные тела растений, грибов, животных — повсюду мы находим ископаемые остатки этих тел. Многоклеточные тела в это время почему-то становятся пиком моды. Но ведь сухой остаток полученных Николь результатов говорит нам о том, что потенциал для построения многоклеточных тел имелся в распоряжении микроорганизмов, возникших задолго до того, как появились первые такие тела. Почему же после такой долгой одноклеточной жизни вдруг началась вся эта многоклеточная суеда?

Происхождение тел как "идеальный шторм"

Своевременность — залог успеха. Лучшие идеи, изобретения и теории далеко не всегда оказываются востребованы. Сколько музыкантов, изобретателей и художников так далеко опередили свое время, что при жизни не были никем оценены и оказались вскоре забыты, лишь через многие годы получив заслуженное признание? Назовем лишь один пример — Герона Александрийского, который в первом веке нашей эры изобрел паровую турбину. К сожалению, современники считали ее не более чем забавной игрушкой. Мир был не готов к ней.

История жизни на Земле работает по тем же законам. Всему свое время. Вероятно, для возникновения многоклеточности тоже было свое определенное время. Чтобы разобраться в этом, нам нужно понять, почему вообще возникли многоклеточные тела.

Одна из теорий их происхождения чрезвычайно проста. Она предполагает, что

многоклеточные тела возникли в результате того, что микробы вырабатывали новые способы поедать друг друга и избегать опасности быть съеденным. Многоклеточное тело позволяет стать большим. Стать большим — один из проверенных способов, помогающих не быть съеденным. Поэтому многоклеточность могла возникнуть как своего рода защитный механизм.

Когда хищники вырабатывают новые способы поедания жертв, жертвы в ответ на это вырабатывают новые способы избежать своей участи. Такого рода взаимодействия могли привести к появлению многих наших "молекул бодибилдинга". Многие микробы питаются другими микробами, прикрепляясь к ним и вслед за тем их заглатывая. Молекулы, позволяющие таким микробам ловить и удерживать добычу, — вполне вероятные претенденты на роль предшественников тех заклепок, которые позволяют клеткам наших тел соединяться друг с другом. Некоторые микробы способны и к общению: многие из них выделяют соединения, которые воздействуют на поведение других микробов. Взаимодействия микробов-хищников и микробов-жертв нередко осуществляются с помощью сигнальных молекул, которые позволяют, например, отпугивать потенциальных хищников или, напротив, приманивать потенциальных жертв. Возможно, именно такие сигнальные молекулы и стали предшественниками тех молекул, с помощью которых наши клетки обмениваются информацией, обеспечивая развитие и поддерживая нормальную работу наших тел.

Мы могли бы рассуждать о таких вещах до бесконечности, но гораздо интереснее, чем все эти умозрительные построения, были бы какие-нибудь реальные экспериментальные данные, которые пролили бы свет на то, как хищничество могло привести к возникновению многоклеточных тел. Именно такие данные получили Мартин Бораас и его коллеги. Они взяли водоросль, которая в норме остается одноклеточной, и выращивали ее у себя в лаборатории, сменив около тысячи поколений. Затем они добавили хищника — одноклеточного жгутиконосца, который заглатывает и переваривает других, более мелких микробов. Менее чем через двести поколений водоросль отреагировала на присутствие хищника тем, что стала образовывать комки из сотен клеток. Со временем число клеток в этих комках стало уменьшаться, пока их не осталось всего по восемь в каждом комке. Число восемь оказалось оптимальным потому, что позволяло, с одной стороны, делать комки достаточно большими, чтобы их не мог заглотить хищник, а с другой стороны — достаточно маленькими, чтобы каждая клетка в комке могла улавливать достаточное для своего выживания количество света. Самое удивительное произошло, когда хищника удалили. Водоросли продолжали размножаться, и последующие поколения по-прежнему образовывали комки по восемь клеток. Иными словами, из одноклеточных существ возникло нечто приближенное к многоклеточному телу.

Если в экспериментальных условиях можно за несколько лет получить простое подобие многоклеточного организма, представьте, что могло бы получиться за миллиарды лет. Выходит, что вопрос состоит не столько в том, как могла возникнуть многоклеточность, сколько в том, почему она не возникла раньше.

Вероятно, разгадка этой тайны в тех условиях среды, в которых возникли первые многоклеточные тела. По-видимому, до их возникновения мир был еще не готов к их появлению.

Иметь многоклеточное тело — дорогое удовольствие. У большого тела есть очевидные преимущества: оно не только позволяет избегать хищников, но и помогает питаться другими, более мелкими организмами, а также активно передвигаться на большие расстояния. Все эти способности помогают животному лучше справляться с условиями окружающей среды. Но все они требуют немалых затрат энергии. Причем чем больше становится тело, тем больше энергии оно требует, особенно если для поддержания его структуры используется коллаген. Для синтеза коллагена требуется довольно большое количество кислорода, поэтому необходимость синтезировать коллаген сильно увеличивала потребность наших далеких предков в этом жизненно важном веществе.

Но здесь была вот такая загвоздка: концентрация кислорода в воздухе и воде в далекой древности была очень низкой. За многие миллиарды лет она и близко не подходила к тем значениям, которые мы наблюдаем сегодня. Затем, где-то около миллиарда лет назад, концентрация кислорода стала резко повышаться и через некоторое время достигла значений, сравнимых с современными. После этого она уже никогда сильно не снижалась. Откуда нам это известно? Из химических особенностей горных пород. Породы возрастом около миллиарда лет несут в себе явные следы того, что они формировались в условиях повышающейся концентрации кислорода. Может быть, появление многоклеточности было связано как раз с повышением уровня кислорода в атмосфере?

Возможно, для появления тел потребовалось что-то вроде "идеального шторма" — случайного стечения погодных условий, которые по отдельности ничего бы не сделали, а вместе вызывают сильный шторм. В течение миллиардов лет микробы вырабатывали новые способы взаимодействия с окружающей средой и друг с другом. В процессе этого им удалось найти ряд молекулярных составляющих и других инструментов, которые впоследствии помогли в строительстве тел, но тогда использовались для других целей. Кроме того, около миллиарда лет назад появилась и причина для возникновения многоклеточности: микробы научились пожирать друг друга. Итак, для появления многоклеточных тел теперь была причина, а инструменты для этого уже имелись в наличии.

Но еще одного условия не хватало. Этим условием было достаточное для поддержания жизни многоклеточного организма количество кислорода. Когда концентрация кислорода в атмосфере стала достаточно высокой, многоклеточные тела появились повсюду. Облик жизни на Земле изменился раз и навсегда.

ГЛАВА 8.

КУРС НА ЗАПАХ

Вначале восьмидесятых отношения между молекулярными биологами и теми, кто занимался целыми организмами — экологами, анатомами, палеонтологами, — были довольно напряженными. Анатомов, например, молекулярщики считали старомодными приверженцами безнадежно устаревшей научной дисциплины. Молекулярная биология производила в подходах к анатомии и биологии развития такую революцию, что классические области, такие как палеонтология, казались тупиковыми ветвями исторического развития биологии. Я очень остро ощущал все это: казалось, что меня с моей любовью к ископаемым скоро заменят каким-нибудь новейшим аппаратом, читающим последовательности нуклеотидов в ДНК.

Прошло двадцать лет, и я по-прежнему копаюсь в грязи и раскалываю камни. Кроме того, я собираю образцы ДНК и изучаю ее роль в развитии организмов. Так обычно и бывает в научных спорах — поначалу люди всегда склонны перегибать палку. Со временем подход "все или ничего" уступает место более взвешенным и реалистичным подходам. Ископаемые и геологическая летопись остаются богатым источником данных о нашем прошлом. Без них никак нельзя узнать, какими были условия среды и какие именно переходные формы возникали на протяжении развития жизни. Изучение ДНК в свою очередь, как мы уже убедились, открывает широкое поле для изучения истории жизни и механизмов формирования тел и органов. Роль ДНК особенно велика в тех вопросах, о которых палеонтологические данные ничего не говорят. Многие структуры живых организмов, например, мягкие ткани, сохраняются в ископаемом виде лишь в редчайших случаях. Об истории многих таких структур у нас имеются сведения, добытые почти исключительно из ДНК.

Извлекать ДНК из живых организмов удивительно просто — так просто, что вы можете делать это у себя на кухне. Возьмите немного ткани какого-либо растения или животного — горох, или кусок мяса, или куриную печенку. Добавьте не-

много соли и воды и поместите все это в кухонный комбайн, чтобы размолоть в однородную массу. Затем добавьте немного средства для мытья посуды. Оно растворит окружающие клетки мембраны, оказавшиеся слишком маленькими, чтобы их размолот кухонный комбайн. После этого добавьте немного размягчителя для мяса. Он удалит некоторые белки, прикрепленные к молекулам ДНК. Теперь у вас получилось жидковатое мыльное пюре, в котором плавают ДНК. Добавьте к нему немного технического изопропилового спирта. У вас получится двухслойный коктейль: внизу мыльное пюре, сверху прозрачный спирт. ДНК охотно смешивается со спиртом, поэтому она выйдет из пюре в спирт. Если вы увидите, что в спирте появился округлый белый сгусток, значит, вы все сделали правильно. Этот сгусток и есть ДНК.

Теперь с помощью этого белого вещества можно разобраться во многих фундаментальных связях между нами и остальными живыми существами. Чтобы сделать это, нужно сравнивать строение и функции ДНК разных видов, и на это занятие у нас уходит немало часов и долларов. В этом деле очень помогает одно на первый взгляд неожиданное обстоятельство. Извлекая ДНК из любой ткани того или иного вида, к примеру, из печени, можно добыть сведения об истории не только этой ткани и части тела, но и любой другой, например органов обоняния. В ДНК, содержащейся в любой клетке, будь это клетка печени, крови или мышечной ткани, содержится рецепт формирования того устройства, которым мы пользуемся для восприятия запахов окружающей среды. Во всех наших клетках заключен один и тот же набор ДНК. Разница между клетками, напомню, состоит в том, что в них работают разные участки ДНК (то есть гены). Гены, ответственные за наше обоняние, имеются во всех наших клетках, хотя работают они только в клетках носовой полости.

Как нам всем хорошо известно, запахи вызывают нервные импульсы, поступающие в мозг и во многом определяющие наше восприятие окружающего мира. Даже слабый запах может живо напомнить тот класс, в котором мы сидели в детстве, или уютный старый чердак в доме бабушки и дедушки и вновь оживить те чувства, которые мы там когда-то испытывали. Кроме того, и это еще важнее, запахи помогают нам выжить. Запах вкусной еды возбуждает в нас чувство голода, а запах канализации вызывает тошноту. У нас есть встроенная схема поведения, заставляющая нас избегать тухлых яиц. Если вам нужно продать дом, намного лучше, если покупатели, которые придут его осмотреть, почувствуют запах выпекаемого в духовке хлеба, чем варящейся на плите капусты. Люди вкладывают в запахи огромные деньги: в 2005 году в одних Соединенных Штатах парфюмерная промышленность получила 24 миллиарда долларов прибыли. Вот свидетельство того, как тесно мы связаны с нашим обонянием.

Обоняние позволяет нам различать от пяти до десяти тысяч разных запахов. Некоторые люди могут почувствовать вещество, придающее характерный запах острому перцу, в концентрации менее одной части на триллион частей воздуха. Это все равно, что заметить единственную песчинку на песчаном пляже в полтора километра длиной. Как нам это удастся?

То, что мы воспринимаем как запах, есть ответ нашего мозга на плавающий в воздухе коктейль из разных веществ. Молекулы этих веществ, которые мы ощущаем с помощью органов обоняния, обычно небольшие и достаточно легкие, чтобы оставаться взвешенными в воздухе. Когда мы дышим или принюхиваемся, мы втягиваем эти молекулы в ноздри. Через ноздри они поступают в полость, расположенную в глубине носа, и прилипают к слизи, выстилающей эту полость. Под этой выстилкой из слизи лежит участок ткани, содержащий миллионы нервных клеток, каждая из которых наделена тонким выростом, достигающим слизистого покрова. Когда выпавшие из воздуха молекулы доходят до окончаний этих выростов и связываются с их мембранами, клетки посылают в наш мозг сигналы. Эти сигналы мозг и воспринимает как запах.

На молекулярном уровне наше обоняние работает по принципу ключа и замка. Ключом служит молекула воспринимаемого вещества, замком — рецептор на мембране нервной клетки. Молекула, пойманная выстилающей носовую полость слизью, взаимодействует с рецептором на поверхности мембраны нервной клетки. Клетка посылает в мозг сигнал, только когда молекула связывается с рецептором. Каждому рецептору соответствуют молекулы определенного типа. То, что мы воспринимаем как один запах, часто вызывается набором из молекул многих разных веществ и, соответственно, набором из многих сигналов, поступающих в мозг.

Чтобы пояснить это, как нельзя лучше подойдет аналогия из области музыки: многие запахи — это что-то вроде аккорда. Каждый аккорд состоит из нескольких нот, звучащих и воспринимаемых вместе.



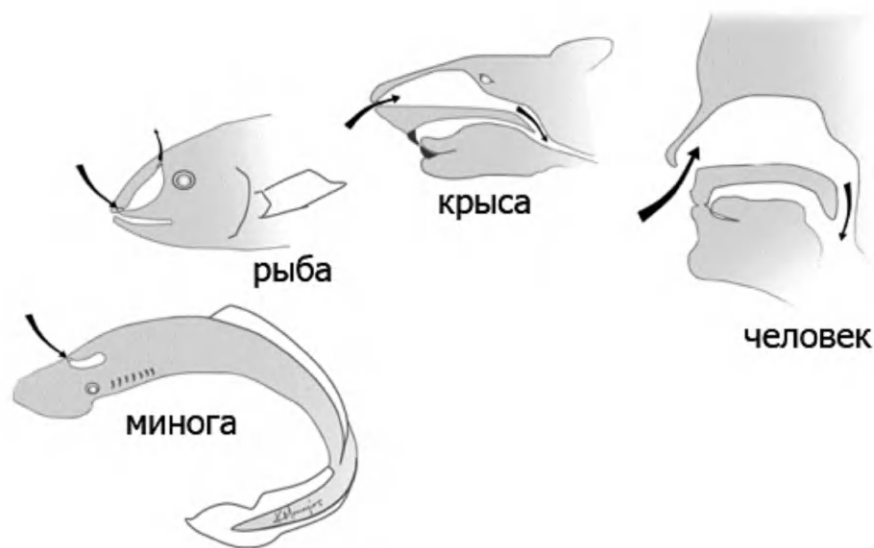
Молекулы пахучих веществ (увеличены во много-много раз) выходят из цветка и парят в воздухе. Попадая в носовую полость человека, эти молекулы соединяются с рецепторами, расположенными в глубине выстилающей эту полость слизи. Когда молекула присоединяется к рецептору, от него в мозг поступает сигнал. То, что мы воспринимаем как один запах, нередко состоит из набора сигналов от многих рецепторов, с которыми связываются разные молекулы. Наш мозг объединяет этот набор сигналов в один определенный запах.

Точно так же и запах может состоять из сигналов от нескольких, часто даже многих рецепторов, работа которых запускается только определенными ключами — молекулами веществ определенного типа. Наш мозг воспринимает набор сигналов, поступающий от этих рецепторов, как один запах.

Органы обоняния находятся у нас внутри черепа, как и у других млекопитающих, а также у рыб, амфибий, рептилий, птиц. Как и у других животных, у нас есть отверстия, через которые внутрь нашей головы поступает воздух вместе с взвешенными в нем веществами, и набор специальных тканей, в которых эти вещества взаимодействуют с нейронами (нервными клетками). Сравним строение этих отверстий, полостей и оболочек у разных организмов от примитивнейших позвоночных до человека, чтобы выявить общие закономерности. Самые примитивные животные, обладающие черепом и позвоночником, — это бесчелюстные, такие как миксины и миксины. У них есть единственная ноздря, ведущая к расположенному

внутри черепа мешку. Вода попадает через ноздрю в этот мешок, и в нем воспринимаются запахи. Самое большое отличие обоняния миног и миксин от нашего состоит в том, что они чувствуют запахи веществ, растворенных в воде, а мы — взвешенных в воздухе. У тех рыб, с которыми мы состоим в особенно близком родстве, например двоякодышащих или тиктаалика, органы обоняния еще больше похожи на наши: вода попадает внутрь черепа через ноздри и в итоге достигает полости, соединенной с полостью рта. У этих рыб две пары ноздрей — наружная и внутренняя. В этом они очень похожи на нас. Попробуйте дышать с закрытым ртом. Воздух будет входить сквозь наружные ноздри, проходить сквозь носовую полость и достигать внутренних ноздрей, через которые он попадает в глубину глотки и оттуда в трахею (дыхательное горло). У тех рыб, от которых мы происходим, тоже были наружные и внутренние ноздри, и неудивительно, что это были именно те рыбы, у которых была также плечевая кость — и ряд других общих с нами признаков.

Наши органы обоняния содержат немало сведений, отражающих наши связи с далекими предками — рыбами, амфибиями, млекопитающими. Большой прорыв в изучении этих связей произошел в 1991 году, когда Линда Бак и Ричард Аксель открыли большое семейство генов, отвечающих за наше обоняние.



Носовые отверстия и движение молекул пахучих веществ в обонятельных органах позвоночных от бесчелюстного (миноги) до человека.

Планируя свои эксперименты, Бак и Аксель исходили из трех важных предположений. Во-первых, у них была правдоподобная гипотеза, основанная на результатах, полученных в других лабораториях, о том, как должны выглядеть гены, на которых записан рецепт обонятельных рецепторов. Эксперименты показали, что структура этих рецепторов включает характерные молекулярные петли, помогающие рецепторам передавать информацию в пределах нервной клетки. Это была важная подсказка, потому что благодаря ей Бак и Аксель могли теперь искать в мышинном геноме все гены, которые позволяют синтезировать такие структуры. Во-вторых, они предположили, что характер действия этих генов должен быть специфическим — они должны работать только в тканях, участвующих в восприятии запахов. Вполне логично: если эти гены отвечают за синтез обонятельных рецепторов, они не должны работать в тканях, где таких рецепторов нет. В-третьих, и это предположение было довольно смелым, Бак и Аксель решили, что должен быть не один такой ген и даже не несколько, что таких генов должно быть очень много. Эта гипотеза была выдвинута из тех соображений, что разные запахи стимулируются множеством разных веществ, и если каждому типу вещества соответствует один

тип рецепторов, за который отвечает один ген, то таких генов должно быть очень и очень много. Однако исходя из данных, которые имелись в распоряжении исследователей на тот момент, эта гипотеза вполне могла оказаться ошибочной.

Но все три предположения вполне подтвердились. Бак и Аксель смогли найти искомые гены, обладающие характерной структурой. Они установили, что все эти гены работали только в тканях, задействованных в обонянии, а именно в обонятельном эпителии носовой полости. И наконец, они нашли огромное число таких генов. Это был полный успех. Затем Бак и Аксель открыли нечто поистине поразительное: целых три процента нашего генома занимают гены, отвечающие за восприятие разных запахов. Каждый из этих генов позволяет синтезировать рецептор, чувствительный к веществам определенного типа. За эти исследования Линда Бак и Ричард Аксель в 2004 году получили Нобелевскую премию по физиологии и медицине.

Успех экспериментов Бак и Акселя вдохновил многих других ученых на поиски генов обонятельных рецепторов у разных видов животных. Оказалось, что такие гены представляют собой настоящую летопись, в которой отражены все основные переходные этапы в истории жизни. Возьмем, к примеру, выход позвоночных из воды на сушу более 365 миллионов лет назад. Как выяснилось, существует два типа генов, ответственных за обоняние: одни специализируются на улавливании пахучих веществ, растворенных в воде, а другие — взвешенных в воздухе. Растворенные в воде молекулы иначе реагируют с обонятельными рецепторами, чем молекулы, летающие по воздуху, поэтому и рецепторы для них нужны разные. Как и следовало ожидать, оказалось, что у рыб на мембранах носовых нейронов сидят рецепторы для воды, а у рептилий и млекопитающих — для воздуха.

Это открытие помогает нам разобраться в устройстве обоняния самых примитивных из живущих в наши дни позвоночных — бесчелюстных, таких как миноги и миксины. Оказывается, у этих существ, в отличие от более продвинутых рыб и млекопитающих, нет генов ни "водных", ни "воздушных" рецепторов. Их обонятельные рецепторы представляют собой нечто среднее. Вывод ясен: эти примитивные позвоночные возникли раньше, чем гены обоняния разделились на два типа.

Изучение бесчелюстных позволяет сделать и еще одно очень важное наблюдение: генов обоняния у них очень мало. У рыб таких генов больше, а у амфибий и рептилий — еще больше. Число генов обоняния постепенно возрастало в ряду предков млекопитающих и только у них стало по-настоящему огромным. У нас, млекопитающих, таких генов больше тысячи, и значительная часть нашего генетического аппарата посвящена одному лишь обонянию. В целом, по-видимому, чем больше таких генов имеется у животного, тем острее его обоняние и тем выше способность различать запахи. Поэтому вполне закономерно, что у нас этих генов так много: млекопитающие особо специализированы на использовании обоняния. Вспомним, как хорошо идут по следу собаки, безошибочно держа курс на едва уловимый запах.

Но откуда возникли все эти многочисленные новые гены? Не могли же они появиться на пустом месте! Если мы посмотрим на строение этих генов, ответ на это вопрос станет для нас вполне очевидным. Если сравнить гены обоняния млекопитающего с горсткой генов обоняния миноги, мы увидим, что "избыточные" гены млекопитающего все представляют собой как бы вариации на тему: они выглядят как копии, хотя и видоизмененные, генов миноги. Это означает, что огромное число наших генов обоняния возникло в результате многократного удвоения генов, которые были у наших далеких предков — примитивных бесчелюстных позвоночных.

Но из всего, что известно о генах обоняния млекопитающих, следует один парадоксальный вывод. У людей, как и у всех остальных млекопитающих, эти гены занимают около трех процентов генома. Когда генетики рассмотрели структуру этих генов в подробностях, оказалось, что их ждал большой сюрприз: из тысячи имеющихся у нас генов обоняния целых триста стали совершенно нефункциональ-

ми в результате мутаций, изменивших их структуру до полной непригодности. У многих других млекопитающих эти гены используются. Почему у нас так много генов обоняния, если среди них так много бесполезных?

Ответить на этот вопрос помогают исследования дельфинов и китов. Хотя они и похожи внешне на рыб, они настоящие млекопитающие, у них есть молочные железы и три косточки в среднем ухе. История их происхождения тоже записана у них в обонятельных генах: в отличие от рыб, они не имеют генов водных рецепторов, а имеют, как и все млекопитающие, гены воздушных рецепторов. В той ДНК, что отвечает за формирование органов обоняния у китов и дельфинов, записана информация об их происхождении от наземных млекопитающих. Но вот что интересно: дельфины и киты больше не используют свои носовые полости для восприятия запахов. Что же делают у них эти гены? Бывшие ноздри образовали у китов и дельфинов дыхало, которое они используют для дыхания, но не для обоняния. Примечательно то, что при этом произошло с генами обоняния: у китообразных все гены обоняния на месте, но все они нефункциональны.

То же, что случилось с генами обоняния дельфинов и китов, произошло также и со многими генами многих других видов.

Время от времени, из поколения в поколение, в геноме возникают мутации. Если в результате мутации ген теряет функциональность, это нередко приводит к смерти организма. Но что будет, если в результате мутации отключается ген, который ни для чего не нужен? Последствия таких событий описаны множеством математических моделей, но в общих чертах их и так нетрудно предсказать: подобные мутации будут спокойно передаваться из поколения в поколение. Повидимому, именно это и случилось с дельфинами. Гены обоняния им больше не нужны: воспринимать запахи из воздуха им незачем, дыхало служит им только для дыхания. Поэтому мутации, отключавшие эти гены, из поколения в поколение постепенно накапливались. Эти гены стали бесполезны, но остались в ДНК как безмолвные свидетельства эволюции.

Но ведь люди чувствуют запахи, так почему же у нас выключено так много генов обоняния? На этот вопрос ответили Иоав Гилад и его коллеги, сравнив гены разных приматов. Гилад обнаружил, что приматы, у которых развито цветовое зрение, обычно имеют больше выключенных генов обоняния. Вывод ясен. Мы, люди, относимся к эволюционной ветви, которая променяла обоняние на зрение. Мы стали полагаться на зрение больше, чем на обоняние, и это отражено в нашем геноме. Нельзя преуспеть во всем одновременно, и когда наши предки стали больше пользоваться зрением, многие из генов обоняния постепенно выключились за ненужностью.

У нас в носу спрятано много данных — или, точнее, в тех участках ДНК, которые управляют нашим обонянием. Сотни неиспользуемых обонятельных генов достались нам в наследство от наших предков — древних млекопитающих, которым обоняние помогало выжить в большей степени, чем зрение. Мы можем и еще дальше пойти в подобных сравнениях. Подобно ксерокопиям, которые изрядно изменяются после многократного копирования, наши гены обоняния тем меньше похожи на гены обоняния других существ, чем дальше наше с ними родство. Человеческие гены похожи на гены других приматов, не так похожи на гены других млекопитающих, еще меньше похожи на гены рептилий, амфибий, рыб и так далее. Информация, которые несут наши гены, служит немой свидетельством нашего прошлого. У нас в носу не просто база данных, а целое древо жизни.

ГЛАВА 9. ЗРЕНИЕ

Только однажды за все годы моей научной работы мне довелось найти глаз ископаемого животного. Это произошло не в палеонтологической экспедиции, а в

подсобном помещении лавки минералов в небольшом городке на северо-востоке Китая. Мы с моим коллегой Гао Кэцинем изучали самых древних известных ископаемых саламандр — прекрасные образцы из залегающих в Китае пород возрастом около 160 миллионов лет. Мы только что вернулись из небольшой поездки за ископаемыми в знакомый Гао район. Эти места надо было хранить в секрете, потому что местные крестьяне, которые часто находят ископаемых саламандр, продают их за немалые деньги. Образцы из этих мест особенно ценны тем, что во многих случаях от древних животных здесь остались окаменелые отпечатки мягких тканей, из которых состоят жабры, кишечник, хорда. Коллекционеры-частники очень дорожат такими образцами, ведь ископаемые столь хорошей сохранности встречаются чрезвычайно редко. К моменту нашего визита в лавку минералов мы с Гао уже и сами собрали в тех местах немало красивейших ископаемых саламандр.

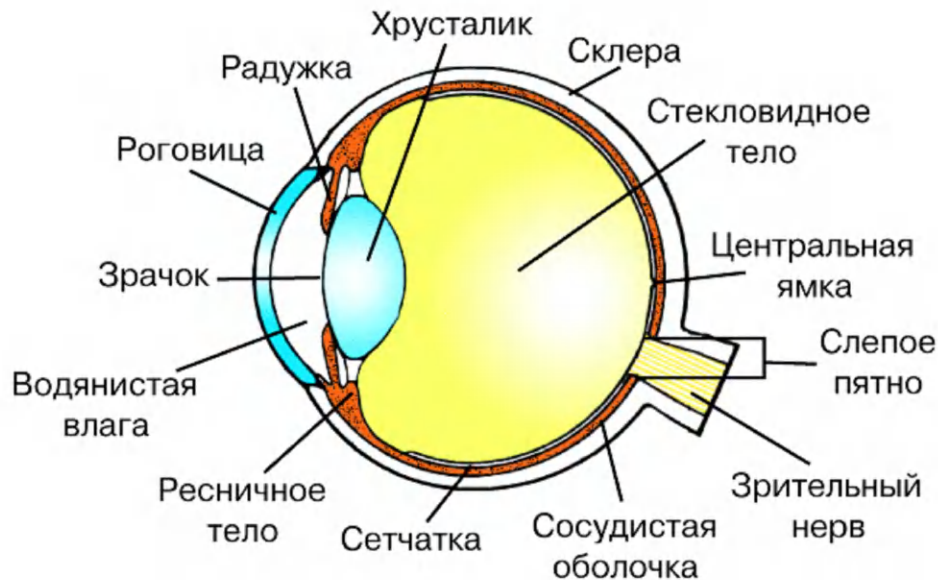
Хозяину этой лавки достался один из самых лучших когда-либо обнаруженных образцов ископаемой саламандры. Гао хотел, чтобы мы посмотрели на это образец и посвятили часть предстоящего дня попыткам договориться о его приобретении. От нашего посещения этой лавки так и веяло чем-то противозаконным. Гао провел несколько часов, выкуривая с этим господином одну сигарету за другой, бурно жестикулируя и общаясь с ним по-китайски. Было ясно, что они торгуются, но, не зная китайского, я не имел ни малейшего представления, какие взаимные предложения они при этом высказывают. После многократного пожимания рук и, наконец, долгого финального рукопожатия мне разрешили пройти в подсобное помещение и посмотреть на ископаемое, лежавшее на столе торговца. Это было просто потрясающее зрелище: превосходный отпечаток личинки саламандры не больше восьми сантиметров в длину. В этом образце целиком отпечаталось все животное, вплоть до раковин крошечных моллюсков, которых оно съело незадолго до смерти. А еще, в первый и последний раз в моей палеонтологической практике, я увидел глаз ископаемого.

Глаза очень редко сохраняются в ископаемом виде. Как мы уже убедились, наибольшие шансы для успешного захоронения имеют твердые структуры, такие как кости, зубы, чешуи. Если мы хотим разобраться в истории глаз, нам следует привлечь для этого одно важное обстоятельство. Органы и ткани, которыми пользуются животные для улавливания света, на удивление разнообразны: от простых светочувствительных органов многих беспозвоночных до сложных глаз насекомых и наших глаз, похожих на фотоаппарат. Как воспользоваться этим разнообразием, чтобы понять, каким путем развилась наша способность видеть?

История человеческих глаз во многом напоминает историю автомобилей. Возьмем, к примеру, "шевроле-корвет". Мы можем проследить историю этой модели в целом, а можем — историю каждой из ее деталей по отдельности. История "корвета" началась давно: впервые эта модель была выпущена в 1953 году, и ее продолжали выпускать во все последующие годы в постепенно меняющихся вариантах. Есть своя история и у покрышек "корвета", как есть она и у резины, используемой для их изготовления. Все это во многом аналогично истории наших тел и органов. У нашего глаза есть своя история, но есть она и у его составных частей, его клеток и тканей, а также у генов, на основе которых формируются все эти структуры. Если мы разберемся во всех многочисленных пластах истории наших органов, мы поймем, что мы, по сути, представляем собой сложную мозаику из деталей, которые в том или ином виде есть и у огромного множества других существ на нашей планете.

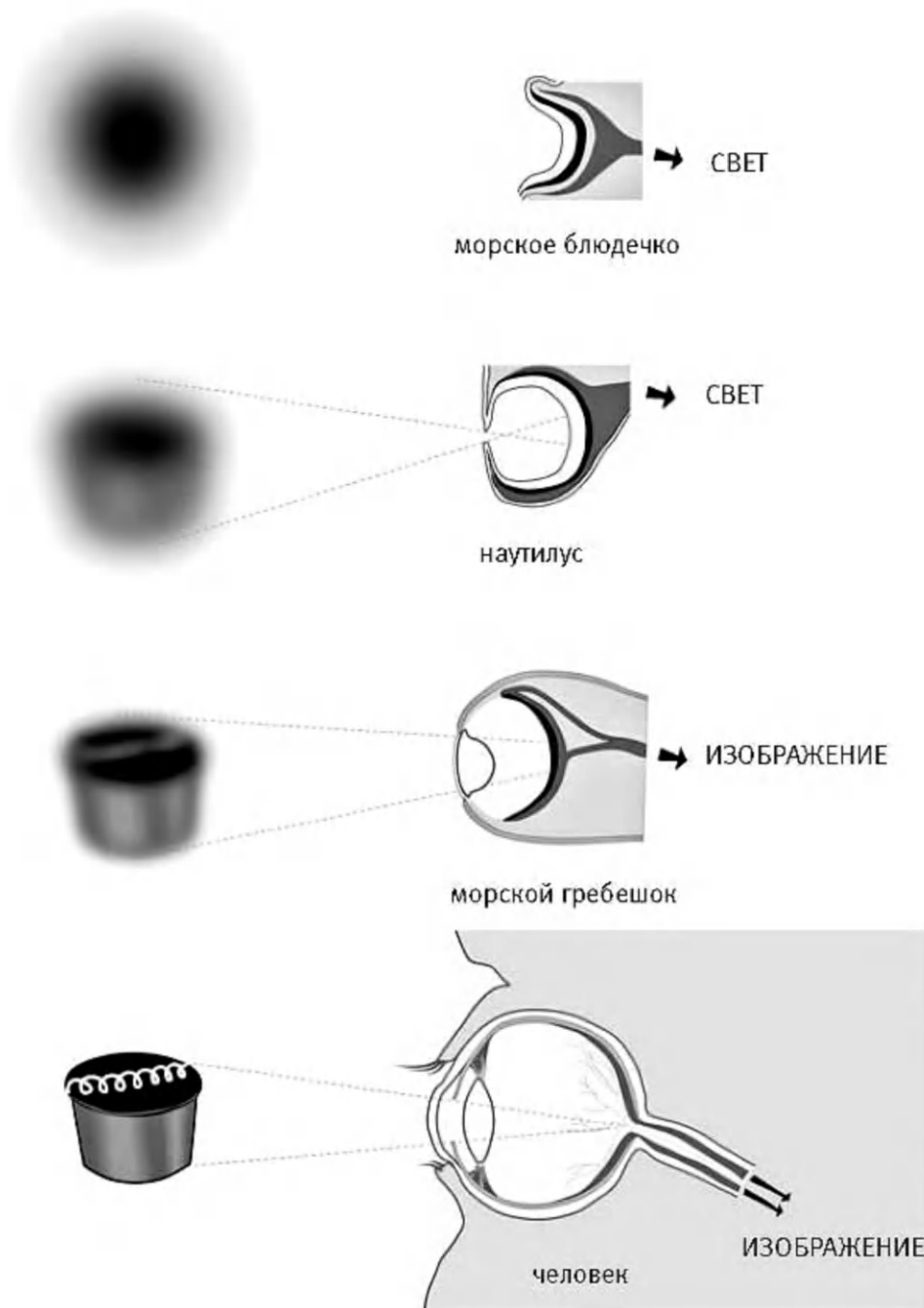
Обработка зрительных образов происходит в основном у нас в мозгу. Роль глаз ограничивается тем, чтобы улавливать свет и передавать информацию о нем в мозг, где эта информация будет обработана. Наши глаза, как и глаза всех позвоночных животных, устроены по принципу фотоаппарата. После того как свет попадает в глаз, он фокусируется на своеобразном экране, расположенном в глубине глаза. На пути к этому экрану свет проходит через несколько прозрачных

слоев. Сперва он проходит через роговицу — тонкий слой ткани, покрывающей глаз спереди, — и попадает в камеру, заполненную жидкостью — водянистой влагой. Количество света, идущего дальше, регулируется радужной оболочкой. В ней расположено отверстие — зрачок, который благодаря непроизвольным сокращениям миниатюрных мышц может расширяться и сужаться подобно диафрагме фотоаппарата. Затем свет проходит сквозь хрусталик, который, как линза в объективе фотоаппарата, предназначен для фокусировки изображения. Хрусталик тоже окружают миниатюрные мышцы, которые, сокращаясь, меняют его форму и позволяют фокусировать свет, идущий как от далеких, так и от близких объектов, то есть наводить на резкость. Хрусталик здорового человека прозрачен и состоит из особых белков, определяющих наряду с формой поверхности его оптические свойства. Эти белки, которые называют кристаллинами, существуют необычайно долго, благодаря чему хрусталик может успешно функционировать в течение всей нашей жизни. После хрусталика свет проходит через прозрачное стекловидное тело и попадает на расположенный в глубине экран. Этот экран (сетчатка), на который проецируются изображения видимых нами объектов, набит кровеносными сосудами и светочувствительными клетками. Эти клетки и посылают в наш мозг сигналы, которые мозг интерпретирует как элементы зрительных образов. Светочувствительных клеток у нас два типа. Клетки первого типа (палочки) более чувствительны к свету, клетки второго (колбочки) — менее. Более чувствительные клетки воспринимают свет только в черно-белом виде, а менее чувствительные способны воспринимать цвета. По соотношению палочек и колбочек в сетчатке животного можно определить, к ночному или к дневному образу жизни оно приспособлено. Светочувствительные клетки сетчатки составляют у человека около 70% всех чувствительных клеток тела — яркое свидетельство того, какую важную роль играет в нашей жизни зрение.



Строение глаза человека.

Глаза того же типа, что наши, похожие на фотоаппарат, характерны для всех животных, наделенных позвоночником и черепом, от миног до млекопитающих. У животных из других групп мы находим глаза разного типа — от простых скоплений светочувствительных клеток до сложных глаз, собранных из множества линз, таких как глаза мухи, и до примитивных подобий наших собственных глаз. Чтобы разобраться в истории наших органов зрения, нужно прежде всего разобраться в родственных отношениях структур, из которых состоят наши глаза, и структур, образующих глаза других типов.



Глаза наводятся на резкость: от примитивных светоулавливающих устройств некоторых беспозвоночных до наших глаз, похожих на фотоаппарат и наделенных линзой (хрусталиком). Острое зрение выработалось в ходе эволюции постепенно.

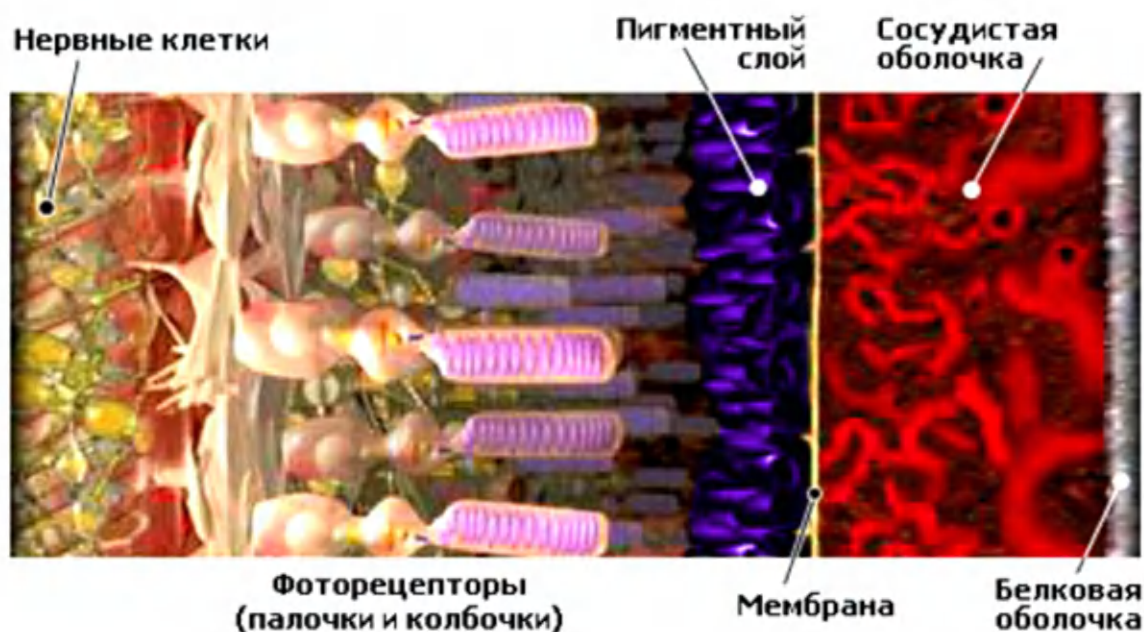
Для этого нам нужно, прежде всего, изучить вещества, улавливающие свет, ткани, которые позволяют нам видеть, и гены, которые отвечают за формирование всего этого.

Молекулы — светоуловители

Самое главное для работы клеток-светоуловителей — это процессы, происходящие в молекулах определенного вещества, которые, собственно, и улавливают свет. Когда свет попадает на такую молекулу, она меняет форму и распадается

на две части. Одна из этих частей представляет собой производное витамина А, а другая — белок под названием опсин. Когда производное витамина А отпадает от опсина, начинается цепная реакция, передающая сигнал нервной клетке, которая посылает этот сигнал в наш мозг. Для цветного и черно-белого зрения мы используем разные опсины. Подобно тому как струйный принтер печатает разноцветные изображения за счет трех или четырех чернил разного цвета, наше цветное зрение обеспечивается тремя типами светочувствительных молекул, ответственных за разные цвета. Для черно-белого зрения служит лишь один тип молекул опсина.

Когда на эти молекулы попадает свет, они меняют форму, а затем через некоторое время возвращаются в первоначальное состояние, как бы перезаряжаются. Этот процесс может занимать несколько минут. Все мы ощущали это на собственном опыте: если войти в темную комнату после долгого пребывания на свету, нам будет почти ничего не видно. Причина этого в том, что молекулы-светочувствители требуют некоторого времени для перезарядки. Через несколько минут глаза привыкают к темноте, и мы снова можем видеть.



Строение сетчатки глаза человека.

Несмотря на огромное разнообразие светочувствительных органов, у всех животных для восприятия света служат такие же молекулы-светочувствители. И у людей, и у насекомых, и у двусторчатых моллюсков (например, морских гребешков) для этой цели служат опсины. Мы можем не только проследить историю наших глаз, сравнивая структуру опсинов разных организмов, но и располагаем убедительными свидетельствами того, что за эти вещества мы должны быть благодарны прежде всего бактериям.

По сути опсин представляет собой вещество, передающее информацию, приходящую извне, внутрь клетки. Чтобы выполнять этот трюк, молекула опсина должна передать определенное химическое вещество сквозь окружающую клетку мембрану. Для этого в молекуле опсина имеется своеобразный проводник — изгибающаяся и образующая петли часть, проходящая сквозь мембрану внутрь клетки и наружу. Но извилистый путь этой структуры рецепторной молекулы имеет не случайный, а вполне определенный, специфический характер. Где еще встречаются такие извилистые пути? Они полностью соответствуют фрагментам некоторых молекул бактерий. Поразительное сходство частей этих сложных молекул свидетельствует о том, что этот признак возник очень давно, в те времена, когда на Земле жили

бактерии, от которых происходим и мы, и некоторые современные бактерии. Можно сказать, что внутри нашей сетчатки заключены видоизмененные частички древних бактерий, помогающие нам видеть.

Мы можем проследить ход многих важнейших событий в истории наших глаз, изучая опсины разных животных. Возьмем одно из ключевых событий в жизни наших предков-приматов – развитие высокоэффективного цветового зрения. Напомню, что у людей и у наших ближайших родственников среди приматов – обезьян Старого Света – цветовое зрение очень хорошо развито и функционирует за счет разных типов светочувствительных клеток (обладающих разными типами молекул-светоуловителей), Клетки каждого типа настроены на восприятие света определенного цвета. У большинства млекопитающих имеются только два типа таких клеток, поэтому они способны различать меньше цветов, чем мы и наши ближайшие родственники. Оказывается, мы можем проследить ход истории нашего цветового зрения, изучая гены, ответственные за синтез чувствительных к цвету веществ. За два типа светочувствительных веществ, имеющих у большинства млекопитающих, отвечают два типа генов. За наши три типа отвечают три типа генов, причем два из них очень похожи на те, что есть у других млекопитающих. По всей видимости, это означает, что наше продвинутое цветовое зрение возникло благодаря тому, что один из генов, общих для нас и других млекопитающих, удвоился, и его дополнительная копия со временем видоизменилась таким образом, что синтезируемое благодаря этому гену вещество стало улавливать свет другого цвета. Как вы помните, нечто похожее происходило и с нашими генами обоняния.

Переход наших предков к более эффективному цветовому зрению может быть связан с изменениями флоры Земли, происходившими много миллионов лет назад. Чтобы разобраться в этом, стоит задуматься, какую пользу могло приносить хорошее цветовое зрение в те времена, когда оно только появилось. Оно могло быть полезно живущим на деревьях обезьянам, потому что позволяло им лучше различать разные типы плодов и листьев и выбирать из них наиболее питательные. Изучая других приматов, обладающих хорошим цветовым зрением, мы можем оценить время возникновения такого зрения. По-видимому, это случилось около 55 миллионов лет назад. В то же самое время, судя по ископаемым растениям, происходили существенные изменения в составе древних лесов. До этого периода в лесах преобладали фикусы и пальмы, плоды которых вкусны и питательны, но окрашены примерно одинаково. В более поздних лесах разнообразие растений было выше, и, по-видимому, плоды у них были уже разного цвета.

Вполне возможно, что хорошее цветовое зрение у наших предков возникло благодаря тому, что леса, где они жили, и плоды, которыми они питались, стали более разноцветными. Это довольно правдоподобная гипотеза.

Ткани

Глаза животных бывают двух основных разновидностей: одна свойственна многим беспозвоночным, а другая – позвоночным, таким как рыбы или люди. Главное отличие между ними состоит в том, что в них по-разному увеличивается светоулавливающая поверхность чувствительной ткани глаза. У беспозвоночных, таких как мухи и черви, увеличение этой поверхности достигается за счет многочисленных складок ткани, в то время как у нас она увеличивается за счет того, что на этой ткани образуются многочисленные выросты, похожие на крошечные щетинки. Кроме этих двух отличий между двумя разновидностями глаз есть и множество других. От глаз редко что-нибудь остается в ископаемом виде, поэтому когда-то казалось, что людям никогда не разобраться в истории возникновения этих различий между нашими глазами и глазами беспозвоночных. Но когда в 2001 году Детлев Арендт занялся исследованием глаз одного примитивного беспозвоночного, оказалось, что это не такая уж неразрешимая проблема.

Многощетинковые кольчатые черви (принадлежащие к самым примитивным червям) — довольно примитивные беспозвоночные. Их сегментированное тело устроено относительно просто. Кроме того, у них имеются два типа светочувствительных органов. Кроме глаз у них есть еще расположенные под покровами тела небольшие выросты нервной системы, тоже улавливающие свет. Арендт разобрал этих червей по частям, как на клеточном, так и на генетическом уровне. Зная, какова последовательность нуклеотидов в генах, ответственных за синтез опсина, и как устроены светочувствительные нервные клетки, Арендт изучил процесс формирования обоих типов светочувствительных органов многощетинковых червей. Он обнаружил, что у этих организмов имеются обе разновидности светочувствительных структур. "Нормальные" глаза состоят из чувствительных клеток, характерных для многих беспозвоночных, и содержат характерные для беспозвоночных опсины. А дополнительные, расположенные под кожей светочувствительные органы содержат опсины, близкие к опсинам позвоночных, и их клеточное строение тоже напоминает строение глаз позвоночных. У их светочувствительных клеток есть даже небольшие, похожие на щетинки выросты, примитивно устроенные, но напоминающие светочувствительные выросты наших палочек и колбочек. Арендту удалось найти живое существо, у которого имелись глаза обеих разновидностей, одна из которых (наша собственная) была представлена очень примитивным вариантом. Исследуя примитивных беспозвоночных, мы убеждаемся в том, что у различных типов глаз животных встречаются общие элементы.

Гены

Открытие Арендта подводит нас еще к одному вопросу. Одно дело, что у глаз разных животных есть общие части, но как получилось, что такие непохожие друг на друга глаза, как у червей, мух и мышей, родственны друг другу? Чтобы ответить на этот вопрос, обратимся к генетическому рецепту, определяющему формирование глаз.

В конце XX века Милдред Хоудж, исследуя мутантных плодовых мух (дрозофил), нашла мутацию, которая приводила к тому, что глаза у мухи полностью отсутствовали. Такие мутанты появлялись неоднократно, и Милдред Хоудж удалось вывести целую линию таких мух, которую она назвала *eyeless* (безглазая). Вскоре похожая мутация была обнаружена и у мышей. У некоторых мутантных особей глаза были, но очень маленькие, у других отсутствовали не только глаза, но и целые участки лицевой части головы. Похожее врожденное отклонение у человека называется аниридия, у страдающих ею людей в глазах отсутствует часть структур. У таких разных существ, как мухи, мыши и люди, генетики обнаружили сходные мутации.

Прорыв в исследованиях этих мутаций произошел в начале девяностых годов XX века, когда в разных лабораториях стали применять новейшие молекулярные методы, чтобы разобраться в том, как именно мутации безглазости влияют на развитие глаз. Благодаря этим методам удалось картировать ответственные за такие отклонения гены, то есть найти те отрезки ДНК, где и происходят подобные мутации. Когда последовательность нуклеотидов в этих генах была прочитана, оказалось, что эта последовательность сходна в гене, подверженном мутациям безглазости, и у мух, и у мышей, и у людей. За такие мутации у всех этих существ отвечает один и тот же ген, только представленный разными вариантами.

О чем это нам говорит? Ученым удалось выявить единственный ген, который, если в нем происходит мутация, приводит к появлению организма с неполноценными глазами или лишенного глаз. Это значит, что в своем нормальном виде этот ген служит важным пусковым механизмом, обеспечивающим формирование глаз в процессе развития. Теперь появилась возможность поставить новые эксперименты, чтобы ответить на еще один, новый вопрос. Что произойдет, если мы вмешаемся в

работу этого гена и будем включать и выключать его не там, где следует?

В качестве объекта для таких экспериментов как нельзя лучше подходили мухи. За восьмидесятилетние годы XX века опыты на мухах-дрозофилах позволили разработать ряд весьма эффективных методов генетических исследований. Эти методы дают возможность, зная определенный ген, то есть последовательность нуклеотидов в ДНК, получить муху, у которой этот ген не работает, или муху, у которой он работает не там, где ему следует работать.

Пользуясь этими методами, Вальтер Геринг стал по-разному играть с геном, ответственным за мутацию *eyeless*. Группа Геринга добилась того, что этот ген можно было заставить работать едва ли не в любой части развивающегося организма мухи: в зачатках усиков, ног, крыльев. Когда Геринг и его коллеги выращивали таких мух, результат оказался потрясающим. У тех мух, у которых ген *eyeless* был включен в зачатках усиков, на месте усиков развивались глаза. У тех, у кого он был включен на каком-нибудь сегменте тела, глаза развивались там. В какой бы части тела ни работал этот ген, везде он вызывал развитие дополнительных глаз. Более того, некоторые из этих лишних глаз оказались даже способны слабо реагировать на свет. Геринг установил, что этот ген действительно служит пусковым механизмом и запускает процесс формирования глаз даже там, где в норме глаза отнюдь не должны развиваться.

Но на этом он не остановился. Он провел новую серию экспериментов, в которой ген одного вида внедряли в организм другого. Для этого брали мышинный ген *Rax 6*, который соответствует гену *eyeless* мухи-дрозофилы, внедряли его в клетки мухи и включали его там. Оказалось, что мышинный ген тоже вызывает формирование дополнительных глаз в организме мухи, причем напоминающих глаза мухи, а вовсе не мыши. В лаборатории Геринга установили, что мышинный ген можно заставить запустить механизм образования дополнительных мушиных глаз в любой части тела мухи — на спине, на крыльях, около рта. Оказалось, что гены, служащие у мышей и у мух пусковым механизмом для образования глаз, не только очень похожи друг на друга, но и взаимозаменяемы. Мышинный ген *Rax 6*, внедренный в организм мухи, запускал в нем последовательность изменений, приводивших к развитию у мухи дополнительных глаз.

Теперь мы знаем, что ген типа *eyeless* (или *Rax 6*) управляет развитием глаз у всех живых существ, наделенных глазами. Глаза у них могут быть устроены по-разному, например, обладать хрусталиком или не обладать им, быть простыми или сложными, но генетический переключатель, запускающий их развитие, у всех по сути один и тот же.

Глядя в глаза, забудьте о романтике, чуде творения и зеркале души. Если взглянуть в молекулы, ткани и гены, происходящие от микробов, медуз, червей и мух, в глазах можно разглядеть целый зверинец.

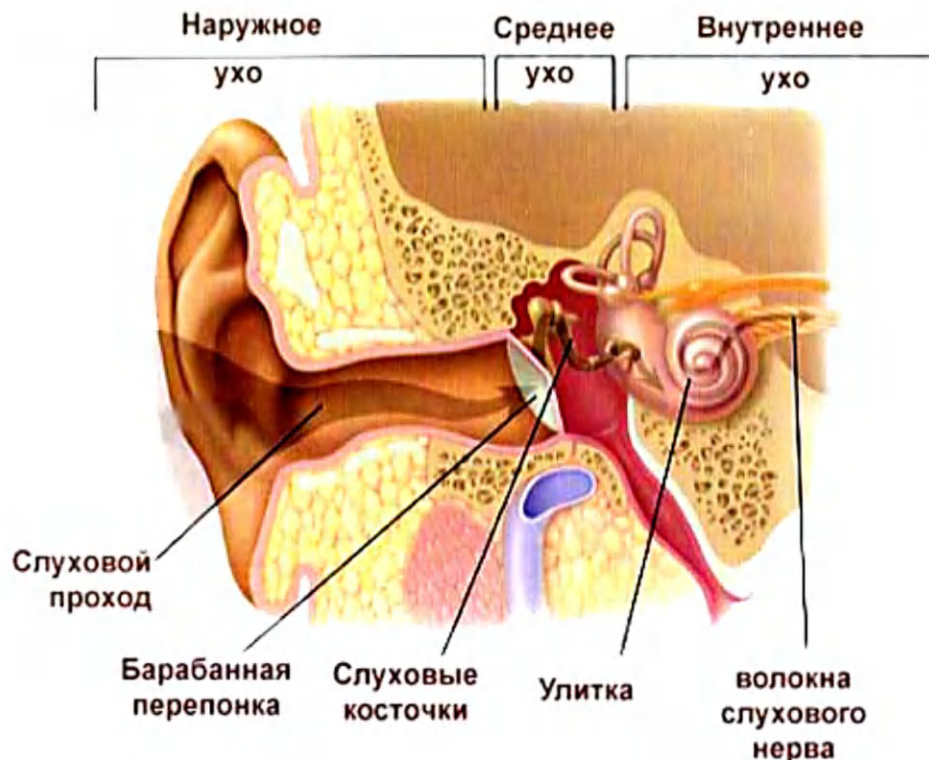
ГЛАВА 10. УШИ

Того, кто заглянет поглубже в ухо, чтобы увидеть, как устроен наш орган слуха, ждет разочарование. Самые интересные структуры этого аппарата скрыты глубоко внутри черепа, за костяной стенкой. Добраться до этих структур можно только вскрыв череп, удалив мозг, а затем еще и взломав саму костяную стенку. Если вам повезет или если вы мастерски умеете это делать, то вашим глазам предстанет удивительная структура — внутреннее ухо. На первый взгляд оно напоминает маленькую улитку вроде тех, что можно найти в пруду.

Выглядит она, быть может, неброско, но при ближайшем рассмотрении оказывается сложнейшим устройством, напоминающим самые хитроумные изобретения человека. Когда до нас долетают звуки, они попадают в воронку ушной раковины (которую мы обычно и называем ухом). По наружному слуховому проходу они достига-

ют барабанной перепонки и вызывают ее колебания. Барабанная перепонка соединена с тремя миниатюрными косточками, которые колеблются вслед за ней. Одна из этих косточек соединяется чем-то вроде поршня со структурой, похожей на улитку. Сотрясение барабанной перепонки заставляет этот поршень ходить взад-вперед. В результате внутри улитки взад-вперед движется особое желеобразное вещество. Движения этого вещества воспринимаются нервными клетками, которые посылают в мозг сигналы, а мозг интерпретирует эти сигналы как звук. Когда вы в следующий раз будете слушать музыку, только представьте себе всю свистопляску, которая при этом происходит у вас в голове.

Во всей этой системе выделяют три части: наружное, среднее и внутреннее ухо. Наружное ухо — это та часть органа слуха, которая видна снаружи. Среднее ухо — это три миниатюрные косточки. Наконец, внутреннее ухо состоит из чувствительных нервных клеток, желеобразного вещества и тканей, которые их окружают. Рассмотрев по отдельности эти три компонента, мы можем разобраться в наших органах слуха, их происхождении и развитии.



Наше ухо состоит из трех частей: наружного, среднего и внутреннего уха. Самая древняя из них — внутреннее ухо. Оно управляет нервными импульсами, посылаемыми от уха в мозг.

Ушная раковина, которую мы обычно и называем ухом, досталась нашим предкам в ходе эволюции сравнительно недавно. В этом можно убедиться, посетив зоопарк или аквариум. У кого из акул, костных рыб, амфибий и рептилий есть ушные раковины? Эта структура свойственна только млекопитающим. У некоторых амфибий и рептилий наружное ухо хорошо заметно, но ушной раковины у них нет, а наружное ухо обычно выглядит как перепонка вроде той, что натянута на барабане.

Тонкая и глубокая связь, существующая между нами и рыбами (как хрящевыми, акулами и скатами, так и костными) откроется нам лишь тогда, когда мы рассмотрим структуры, расположенные в глубине ушей. На первый взгляд это может показаться странным — искать связи между людьми и акулами в ушах, особенно если иметь в виду, что у акул их нет. Но они там есть, и мы их найдем. Давайте начнем со слуховых косточек.

Среднее ухо — три слуховые косточки

Млекопитающие — существа особенные. Волосистой покров и молочные железы отличают нас, млекопитающих, от всех других живых организмов. Но многие, пожалуй, удивятся, если узнают, что структуры, расположенные в глубине уха, тоже относятся к важным отличительным признакам млекопитающих. Таких косточек, как в нашем среднем ухе, нет ни у одного другого животного: у млекопитающих этих косточек три, в то время как у амфибий и рептилий всего одна. А у рыб этих косточек вовсе нет. Как же тогда возникли косточки нашего среднего уха?

Немного анатомии: напомним, что эти три косточки называются молоточек, наковальня и стремечко. Как уже было сказано, они развиваются из жаберных дуг: молоточек и наковальня — из первой дуги, а стремечко — из второй. Вот с этого и начнется наш рассказ.

В 1837 году немецкий анатом Карл Рейхерт изучал эмбрионы млекопитающих и рептилий, чтобы разобраться в том, как формируется череп. Он прослеживал пути развития структур жаберных дуг разных видов, чтобы понять, где они оказываются в итоге в черепах разных животных. Результатом продолжительных исследований стал очень странный вывод: две из трех слуховых косточек млекопитающих соответствуют фрагментам нижней челюсти рептилий. Рейхерт не верил своим глазам! Описывая это открытие в своей монографии, он не скрывал своего удивления и восторга. Когда он доходит до сравнения слуховых косточек и костей челюсти, обычный суховатый стиль анатомических описаний XIX века уступает место стилю куда более эмоциональному, показывающему, как поразило Рейхерта это открытие. Из полученных им результатов следовал неизбежный вывод: та же жаберная дуга, которая у рептилий формирует часть челюсти, у млекопитающих формирует слуховые косточки. Рейхерт выдвинул тезис, в который он сам с трудом верил, что структуры среднего уха млекопитающих соответствуют структурам челюсти рептилий. Ситуация будет выглядеть сложнее, если мы вспомним, что Рейхерт пришел к этому выводу на двадцать с лишним лет раньше, чем прозвучало положение Дарвина о едином генеалогическом древе всего живого (это случилось в 1859 году). Какой смысл в утверждении, что разные структуры у двух разных групп животных "соответствуют" друг другу, без представления об эволюции?

Намного позже, в 1910 и 1912 годах, другой немецкий анатом, Эрнст Гаупп, продолжил дело Рейхерта и опубликовал результаты своих исчерпывающих исследований по эмбриологии органов слуха млекопитающих. Гаупп представил больше деталей, а кроме того, учитывая, в какое время он работал, смог интерпретировать открытие Рейхерта в рамках представлений об эволюции. Вот к каким выводам он пришел: три косточки среднего уха демонстрируют связь между рептилиями и млекопитающими. Единственная косточка среднего уха рептилий соответствует стремечку млекопитающих — и то и другое развивается из второй жаберной дуги. Но по-настоящему ошеломляющее открытие состояло не в этом, а в том, что две другие косточки среднего уха млекопитающих — молоточек и наковальня — развились из косточек, расположенных в задней части челюсти у рептилий. Если это действительно так, то ископаемые остатки должны показывать, как косточки перешли из челюсти в среднее ухо в процессе возникновения млекопитающих. Но Гаупп, к сожалению, изучал лишь современных животных и не был готов вполне оценить роль, которую могли сыграть ископаемые в его теории.

Начиная с сороковых годов XIX века в Южной Африке и России стали добывать ископаемые остатки животных неизвестной ранее группы. Было обнаружено немало находок хорошей сохранности — целые скелеты существ размером с собаку. Вскоре после того, как эти скелеты были обнаружены, многие их образцы упаковали в ящики и послали в Лондон Ричарду Оуэну — на определение и изучение. Оуэн обнаружил, что у этих существ была поразительная смесь признаков разных живот-

ных. Одни структуры их скелетов напоминали рептилий. В то же время другие, особенно зубы, были скорее как у млекопитающих. Причем это были не какие-то единичные находки. Во многих местонахождениях эти похожие на млекопитающих рептилии были самыми многочисленными ископаемыми. Они были не только многочисленны, но и довольно разнообразны. Уже после исследований Оуэна такие рептилии были обнаружены и в других районах Земли, в нескольких слоях горных пород, соответствующих разным периодам земной истории. Эти находки образовали прекрасный переходный ряд, ведущий от рептилий к млекопитающим.

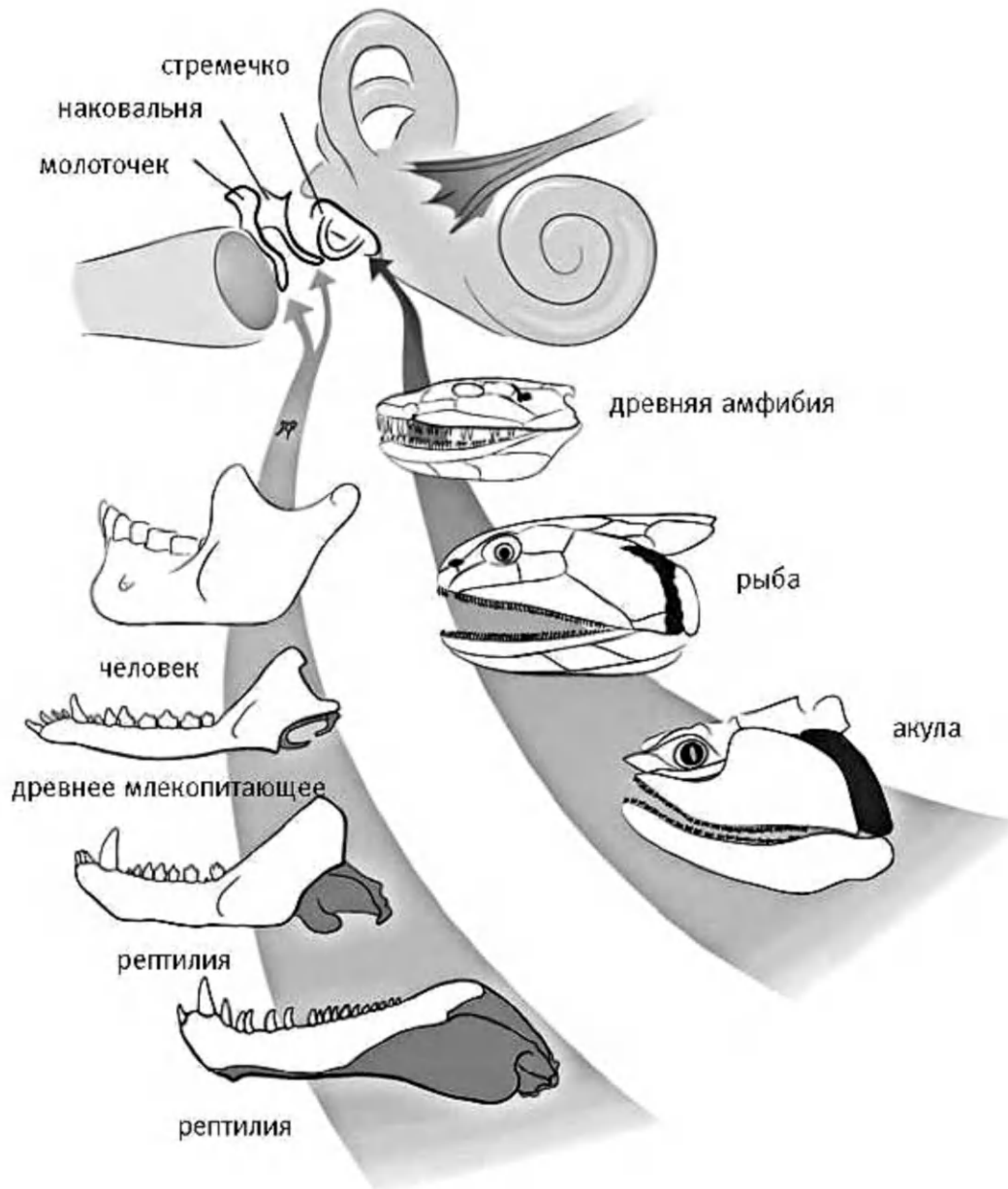


Циногнат (*Cynognathus*, стозубый ящер) — ископаемый хищник длиной тела около двух метров, живший в период раннего и среднего триаса. Он принадлежал к числу синапсид, животных, более напоминающих современных млекопитающих — должно быть, был теплокровным и имел подвижный нос с волосяным покровом.

До 1913 года эмбриологи и палеонтологи работали в изоляции друг от друга. Но этот год был знаменателен тем, что американский палеонтолог Уильям Кинг Грегори, сотрудник Американского музея естественной истории в Нью-Йорке, обратил внимание на связь между эмбрионами, которыми занимался Гаупп, и обнаруженными в Африке ископаемыми. У самой "рептильной" из всех похожих на млекопитающих рептилий в среднем ухе была всего одна косточка, а ее челюсть, как и у других рептилий, состояла из нескольких косточек. Но, изучая ряд рептилий, все более близких к млекопитающим, Грегори обнаружил нечто весьма примечательное — то, что глубоко поразило бы Рейхерта, будь он жив: последовательный ряд форм, однозначно свидетельствующий о том, что кости задней части челюсти у похожих на млекопитающих рептилий постепенно уменьшались и смещались, пока, наконец, у их потомков, млекопитающих, не заняли свое место в среднем ухе. Молоточек и наковальня действительно развились из костей челюсти! То, что Рейхерт обнаружил у эмбрионов, давным-давно покоилось в земле в ископаемом виде, дожидаясь своего первооткрывателя.

Зачем же млекопитающим понадобилось иметь три косточки в среднем ухе? Система этих трех косточек позволяет нам слышать звуки более высокой частоты, чем способны слышать те животные, у которых косточка в среднем ухе всего од-

на. Возникновение млекопитающих было сопряжено с развитием не только прикуса, о чем мы говорили в четвертой главе, но и более острого слуха. Причем улучшить слух млекопитающим помогло не появление новых косточек, а приспособление старых к выполнению новых функций. Кости, которые изначально служили для того, чтобы помогать рептилиям кусаться, теперь помогают млекопитающим слышать.



Мы можем проследить историю происхождения наших слуховых косточек из скелетных структур первой и второй жаберной дуг. История молоточка и наковальни (слева) показана начиная от древних рептилий, а история стремечка (справа) — начиная от еще более древних хрящевых рыб.

Вот, оказывается, откуда возникли молоточек и наковальня. Но откуда, в свою очередь, появилось стремечко?

Если бы я просто показал вам, как устроены взрослый человек и акула, вы бы ни за что не догадались, что эта крошечная косточка в глубине человеческого уха соответствует большому хрящу в верхней челюсти морской хищницы. Однако, изучая развитие человека и акулы, мы убеждаемся, что это именно так. Стремечко представляет собой видоизмененную скелетную структуру второй жаберной дуги подобно этому акульему хрящу, который называют подвеском, или гиомандибуляре. Но подвесок — не косточка среднего уха, ведь акулы не имеют ушей. У наших

водных родственников — хрящевых и костных рыб — эта структура связывает верхнюю челюсть с черепной коробкой. Несмотря на очевидную разницу в строении и функциях стремечка и подвеска, их родство проявляется не только в сходном происхождении, но и в том, что их обслуживают одни и те же нервы. Основной нерв, ведущий к обеим этим структурам, — это нерв второй дуги, то есть лицевой нерв. Итак, перед нами случай, когда две совершенно разных скелетных структуры имеют сходное происхождение в процессе развития эмбриона и сходную систему иннервации. Как это можно объяснить?

И вновь нам стоит обратиться к ископаемым. Если мы проследим изменения подвеска от хрящевых рыб до таких существ, как тиктаалик, и дальше, до амфибий, мы убедимся, что он постепенно уменьшается и наконец отделяется от верхней челюсти и становится частью органа слуха. При этом изменяется и название этой структуры: когда она большая и поддерживает челюсть, ее называют подвеском, а когда маленькая и участвует в работе уха — стремечком. Переход от подвеска к стремечку совершился, когда рыбы вышли на сушу. Чтобы слышать в воде, нужны совсем другие органы, чем на суше. Небольшие размеры и положение стремечка как нельзя лучше позволяют ему улавливать происходящие в воздухе мелкие вибрации. А возникла эта структура за счет видоизменения устройства верхней челюсти.

В нашем среднем ухе хранятся следы двух важнейших изменений в истории жизни на Земле. Возникновение стремечка — его развитие из подвеска верхней челюсти — было вызвано переходом рыб к жизни на суше. В свою очередь, молоточек и наковальня возникли в ходе превращения древних рептилий, у которых эти структуры входили в состав нижней челюсти, в млекопитающих, которым они помогают слышать.

Давайте заглянем в ухо глубже — во внутреннее ухо.

Внутреннее ухо — движение желе и колебание волосков

Представьте себе, что мы заходим в слуховой проход, проходим сквозь барабанную перепонку, мимо трех косточек среднего уха и оказываемся глубоко внутри черепа. Здесь расположено внутреннее ухо — заполненные желеобразным веществом трубки и полости. У людей, как и у других млекопитающих, эта структура напоминает улитку с завитой раковиной. Ее характерный облик сразу бросается в глаза, когда мы препарируем тела на занятиях по анатомии.

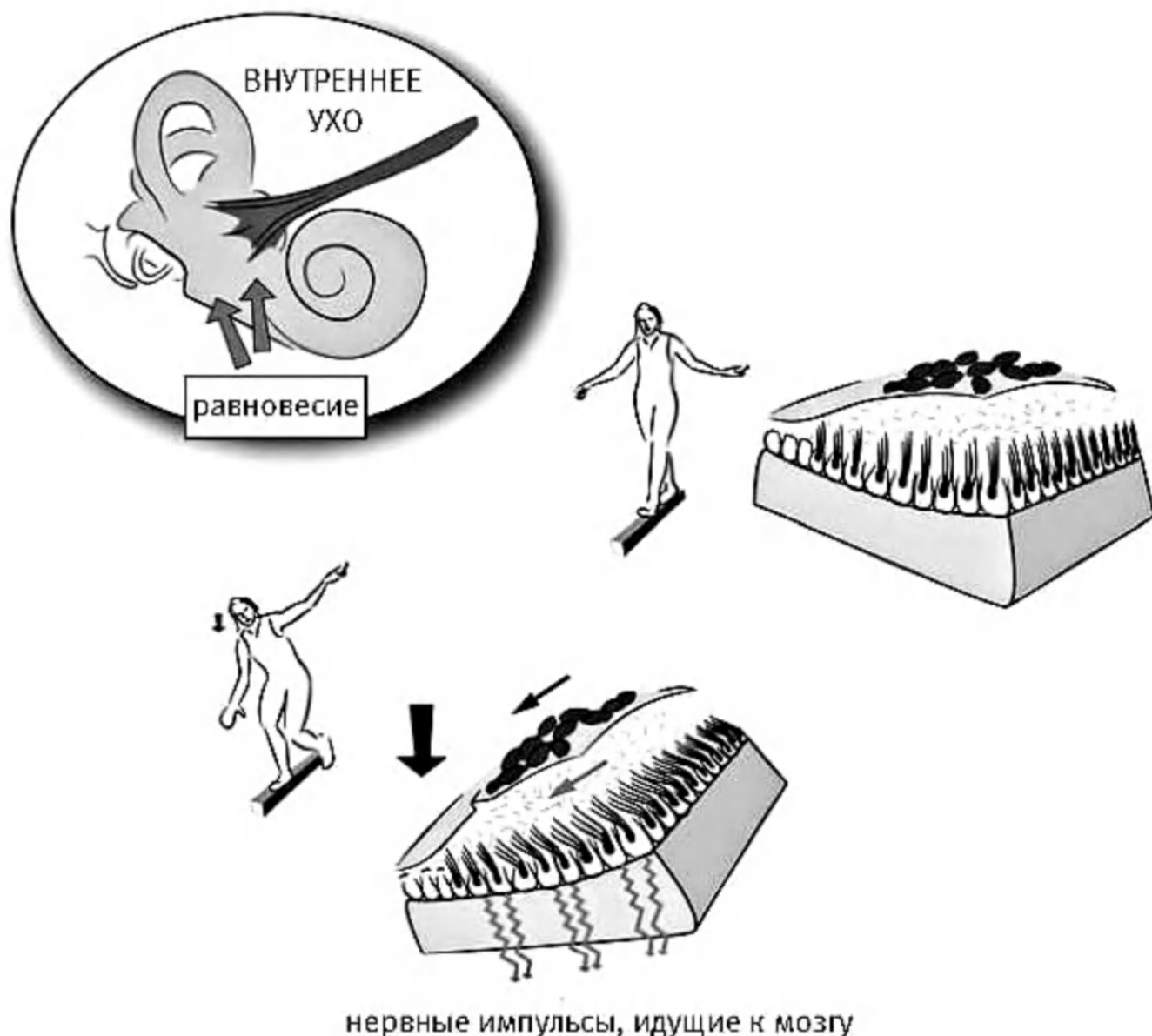
Разные части внутреннего уха выполняют разные функции. Одна из них служит для слуха, другая — чтобы говорить нам, как наклонена у нас голова, а третья — чтобы мы чувствовали, как ускоряется или замедляется движение нашей головы. Выполнение всех этих функций осуществляется во внутреннем ухе довольно сходным образом.

Все части внутреннего уха заполнены желеобразным веществом, которое может менять свое положение. Специальные нервные клетки посылают в это вещество свои окончания. Когда это вещество движется, перетекая внутри полостей, волоски на концах нервных клеток наклоняются как от ветра. Когда они наклоняются, нервные клетки посылают в мозг электрические импульсы, и мозг получает информацию о звуках, а также о положении и ускорении головы.

Чтобы понять принцип работы структуры, которая позволяет нам чувствовать положение головы в пространстве, представьте себе рождественскую игрушку — полусферу, заполненную жидкостью, в которой плавают "снежинки". Эта полусфера сделана из пластика, а заполняет ее вязкая жидкость, в которой, если ее встряхнуть, начинается метель из пластиковых снежинок. Теперь представьте себе такую же полусферу, только сделанную не из твердого, а из эластичного ве-

щества. Если резко наклонить ее, жидкость в ней задвигается, а затем "снежинки" оседают, но не на дно, а на бок. Именно это, только в сильно уменьшенном виде, и происходит у нас во внутреннем ухе, когда мы наклоняем голову. Во внутреннем ухе имеется полость с желеобразным веществом, внутрь которой выходят нервные окончания. Перетекание этого вещества и позволяет нам чувствовать, в каком положении находится наша голова: когда голова наклоняется, вещество перетекает в соответствующую сторону, и в мозг посылаются импульсы.

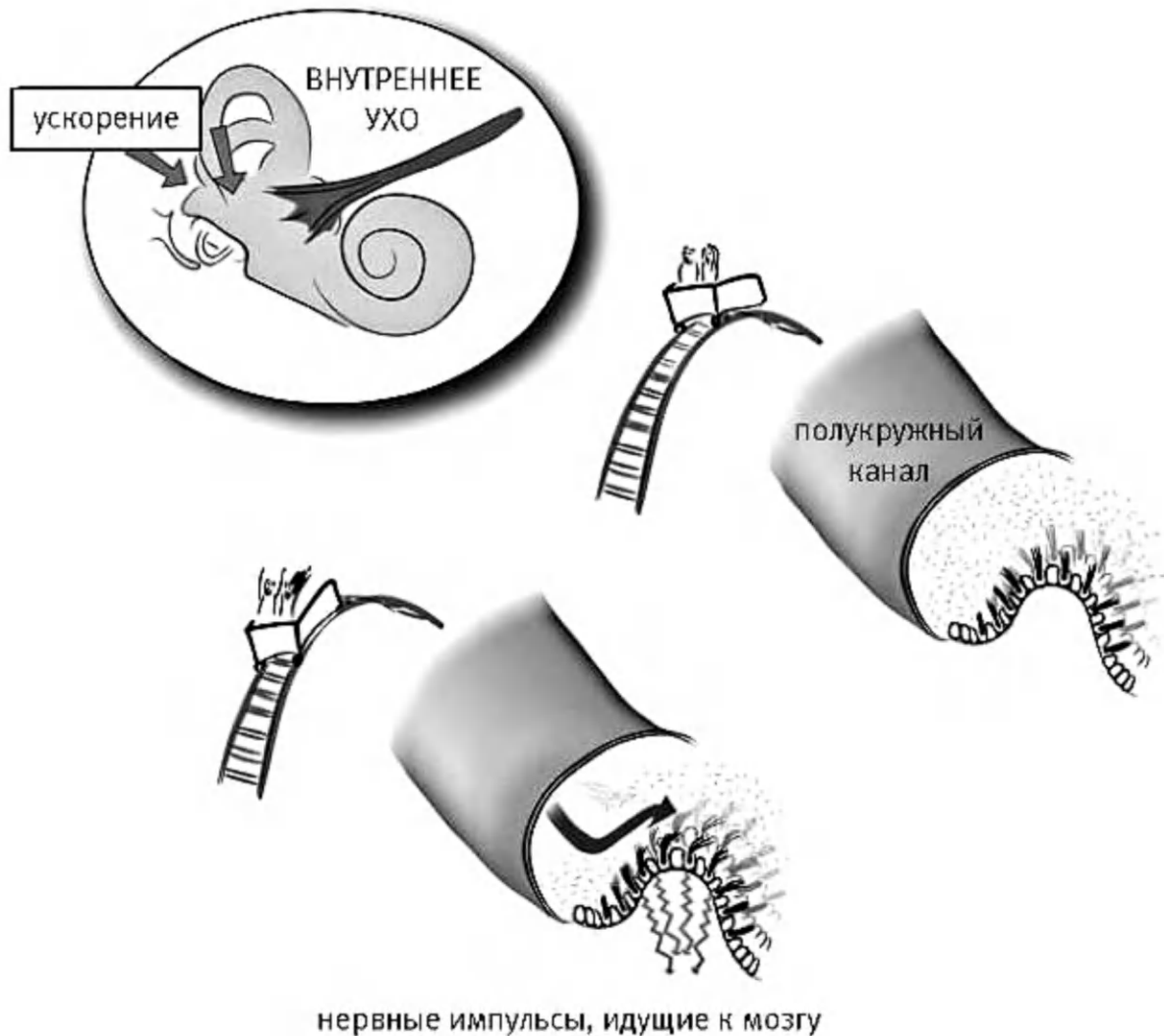
Дополнительную чувствительность этой системе придают лежащие на эластичной оболочке полости крошечные камушки. Когда мы наклоняем голову, перекатывающиеся в жидкой среде камушки давят на оболочку и усиливают движение заключенного в эту оболочку желеобразного вещества. За счет этого вся система становится еще более чувствительной и позволяет нам воспринимать даже небольшие изменения положения головы. Стоит нам едва наклонить голову, как внутри черепа уже перекатываются крошечные камушки.



Каждый раз, когда мы наклоняем голову, во внутреннем ухе с места сдвигаются крошечные камушки, лежащие на оболочке заполненной желеобразным веществом полости. Перетекающее вещество воздействует на нервные окончания внутри этой полости, и нервы посылают в мозг импульсы, говорящие ему, что голова наклонена.

Можно себе представить, как непросто жить в космосе. Наши органы чувств настроены на работу при постоянном действии земного тяготения, а не на околоземной орбите, где притяжение Земли компенсируется движением космического аппарата и совершенно не чувствуется. Неподготовленному человеку в таких условиях становится плохо, потому что глаза не позволяют понять, где верх и где низ, а чувствительные структуры внутреннего уха оказываются совершенно сбиты с толку. Именно поэтому космическая болезнь – серьезная проблема для тех, кто работает на орбитальных аппаратах.

Ускорение мы воспринимаем за счет еще одной структуры внутреннего уха, связанной с остальными двумя. Она состоит из трех полукруглых трубочек, тоже заполненных желеобразным веществом. Всякий раз, когда мы ускоряемся или тормозим, вещество внутри этих трубочек смещается, наклоняя нервные окончания и вызывая импульсы, идущие в мозг.



Всякий раз, когда мы ускоряемся или замедляемся, это вызывает перетекание желеобразного вещества в полукруглых трубочках внутреннего уха. Движения этого вещества вызывают нервные импульсы, посылаемые в мозг.

Вся система восприятия положения и ускорения тела связана у нас с глазными мышцами. Движение глаза управляется шестью небольшими мышцами, прикрепленными к стенкам глазного яблока. Их сокращение позволяет двигать глазами вверх, вниз, влево и вправо. Мы можем произвольно двигать глазами, определенным образом сокращая эти мышцы, когда хотим посмотреть в какую-нибудь сторону, но

самое необычное их свойство — это способность к непроизвольной работе. Они все время управляют нашими глазами, даже когда мы совершенно об этом не думаем.

Чтобы оценить чувствительность связи этих мышц с глазами, подвигайте головой в ту и в другую сторону, не отрывая взгляда от этой страницы. Двигая головой, смотрите пристально в одну и ту же точку.

Что при этом происходит? Голова движется, а положение глаз остается почти неизменным. Такие движения для нас так привычны, что мы воспринимаем их как что-то простое, само собой разумеющееся, но в действительности они необычайно сложны. Каждая из шести мышц, управляющих каждым глазом, чутко отвечает на любые движения головы. Расположенные внутри головы чувствительные структуры, о которых речь пойдет ниже, непрерывно регистрируют направление и скорость ее движений. От этих структур идут сигналы в мозг, который в ответ на них посылает другие сигналы, вызывающие сокращения глазных мышц. Вспомните об этом, когда в следующий раз будете пристально смотреть на что-нибудь, двигая при этом головой. Эта сложная система иногда может давать сбой, по которым можно многое сказать о том, какими нарушениями работы организма они вызваны.

Чтобы разобраться в связях между глазами и внутренним ухом, проще всего вызывать разные нарушения работы этих связей и смотреть, какой эффект они произведут. Один из самых распространенных способов вызывать такие нарушения — чрезмерное потребление алкоголя. Когда мы выпиваем много этилового спирта, мы говорим и делаем глупости, потому что спирт ослабляет работу наших внутренних ограничителей. А если мы выпиваем не просто много, а очень много, у нас к тому же начинает кружиться голова. Такое головокружение часто предвещает тяжелое утро — нас ждет похмелье, симптомами которого будут новые головокружения, тошнота и головная боль.

Когда мы выпиваем лишнего, в крови у нас оказывается много этилового спирта, но в вещество, заполняющее полости и трубки внутреннего уха, спирт попадает не сразу. Лишь некоторое время спустя он просачивается из кровотока в разные органы и оказывается, в том числе, в желеобразном веществе внутреннего уха. Алкоголь легче, чем это вещество, поэтому результат оказывается примерно таким же, как если налить немного спирта в стакан с оливковым маслом. В масле при этом образуются беспорядочные завихрения, и то же происходит у нас во внутреннем ухе. Эти беспорядочные завихрения вызывают хаос в организме невоздержанного человека. Волоски на концах чувствительных клеток колеблются, и мозгу кажется, что тело находится в движении. Но оно не движется — оно покоится на полу или на стойке бара. Мозг оказывается обманут.

Зрение тоже не остается в стороне. Мозгу кажется, что тело вращается, и он посылает соответствующие сигналы глазным мышцам. Глаза начинают съезжать в одну сторону (обычно вправо), когда мы пытаемся удержать их на чем-нибудь, двигая головой. Если открыть глаз мертвеца пьяного человека, можно увидеть характерные подергивания, так называемый нистагм. Этот симптом хорошо знаком полицейским, которые нередко проверяют на него водителей, остановленных за неаккуратное вождение.

При тяжелом похмелье происходит несколько иное. На следующий день после попойки печень уже удалила алкоголь из крови. Она делает это на удивление быстро и даже слишком быстро, потому что в полостях и трубках внутреннего уха алкоголь еще остается. Он постепенно просачивается из внутреннего уха обратно в кровоток и при этом снова взбаламучивает желеобразное вещество. Если взять на следующее утро того же вусмерть напившегося человека, глаза которого вечером непроизвольно дергались, и осмотреть его во время похмелья, может оказаться, что глаза у него снова дергаются, только в другом направлении.

Всем этим мы обязаны нашим далеким предкам — рыбам. Если вы когда-нибудь ловили форель, вы наверняка сталкивались с работой органа, от которого, по-

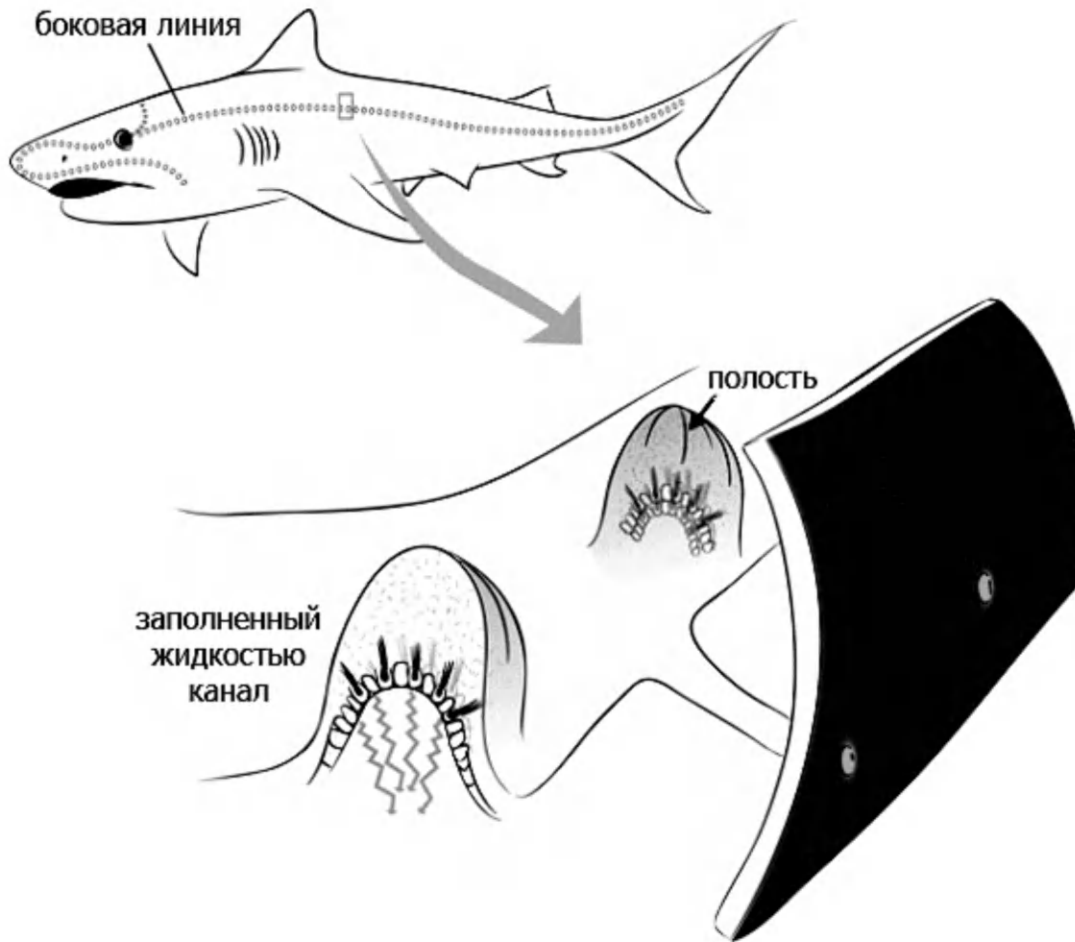
видимому, и происходит наше внутреннее ухо. Рыбакам хорошо известно, что форель держится лишь в определенных участках русла — обычно там, где она может особенно успешно добывать себе пищу, при этом избегая хищников. Часто это затененные участки, где течение образует водовороты. Крупная рыба особенно охотно скрывается за большими камнями или поваленными стволами. У форели, как и у всех рыб, есть механизм, позволяющий чувствовать скорость и направление движения окружающей воды, во многом похожий на механизм работы наших органов осязания.

В коже и костях рыб располагаются небольшие чувствительные структуры, идущие рядами вдоль тела от головы до хвоста, — так называемый орган боковой линии. Эти структуры образуют небольшие пучки, из которых выходят миниатюрные волосовидные выросты. Выросты каждого пучка выступают в заполненную желеобразным веществом полость. Вспомним еще раз рождественскую игрушку — полусферу, заполненную вязкой жидкостью. Полости органа боковой линии тоже напоминают такую игрушку, только снабженную смотрящими внутрь чувствительными волосками. Когда вода обтекает тело рыбы, она давит на стенки этих полостей, заставляя наполняющее их вещество двигаться и наклоняя волосовидные выросты нервных клеток. Эти клетки, подобно чувствительным клеткам нашего внутреннего уха, посылают в мозг импульсы, которые дают рыбе возможность чувствовать, как движется окружающая ее вода. Чувствовать направление движения воды могут и акулы, и костные рыбы, а некоторые акулы ощущают даже небольшие завихрения в окружающей воде, вызываемые, например, другими рыбами, проплывающими мимо. Мы пользовались системой, очень похожей на эту, когда пристально смотрели в одну точку, двигая головой, и видели нарушения ее работы, когда открывали глаза в стельку пьяному человеку. Если бы наши общие с акулами и форелями предки использовали в органах боковой линии какое-нибудь другое желеобразное вещество, в котором не возникали бы завихрения при добавлении алкоголя, у нас никогда не кружилась бы голова от употребления спиртных напитков.

Вполне вероятно, что наше внутреннее ухо и рыбий орган боковой линии представляют собой варианты одной и той же структуры. Оба эти органа формируются в ходе развития из одной и той же эмбриональной ткани и очень похожи по внутреннему строению. Но что возникло раньше, боковая линия или внутреннее ухо? На этот счет у нас нет однозначных данных. Если посмотреть на некоторых древнейших обладавших головой ископаемых, которые жили около 500 миллионов лет назад, мы увидим в их плотных защитных покровах небольшие ямки, которые заставляют нас предположить, что у них уже был орган боковой линии. К сожалению, мы ничего не знаем о внутреннем ухе этих ископаемых, потому что у нас нет образцов, в которых сохранилась бы эта часть головы. До тех пор пока у нас не появится новых данных, нам остается альтернатива: либо внутреннее ухо развилось из органа боковой линии, либо, наоборот, боковая линия развилась из внутреннего уха. В любом случае перед нами пример работы принципа, проявления которого мы уже наблюдали в других структурах тела: органы нередко возникают для выполнения одной функции, а затем перестраиваются для выполнения совсем другой — или многих других.

Наше внутреннее ухо разрослось по сравнению с рыбьим. Как и у всех млекопитающих, часть внутреннего уха, отвечающая за слух, у нас очень большая и завитая, как улитка. У более примитивных организмов, таких как амфибии и рептилии, внутреннее ухо устроено проще и не завито в подобие улитки. Очевидно, наши прародители — древние млекопитающие — выработали новый, более эффективный орган слуха, чем был у их предков-рептилий. То же относится к структурам, позволяющим чувствовать ускорение. В нашем внутреннем ухе есть три трубочки (полукружных канала), ответственные за восприятие ускорения. Они расположены в трех плоскостях, лежащих под прямым углом друг к другу, и это позволяет нам чувствовать, как мы движемся в трехмерном пространстве. Древнейшее известное

позвоночное, обладавшее такими каналами, похожее на миксину бесчелюстное, имело лишь по одному каналу в каждом ухе. У более поздних организмов таких каналов было уже два. И наконец, у большинства современных рыб, как и у других позвоночных, полукружных каналов три, как у нас.



Примитивный вариант одной из структур нашего внутреннего уха можно найти под кожей у рыб. Небольшие полости органа боковой линии расположены вдоль всего тела, от головы до хвоста. Изменения потоков окружающей воды деформируют эти полости, и расположенные в них чувствительные клетки посылают в мозг информацию об этих изменениях.

Как мы убедились, наше внутреннее ухо имеет долгую историю, начавшуюся во времена древнейших позвоночных, еще до появления рыб. Примечательно, что нейроны (нервные клетки), окончания которых погружены в желеобразное вещество в нашем внутреннем ухе, еще древнее, чем само внутреннее ухо.

Эти клетки, так называемые волосковидные, обладают признаками, не свойственными другим нейронам. Похожие на волосы выросты каждой из таких клеток, включающие один длинный "волосок" и несколько коротких, и сами эти клетки и в нашем внутреннем ухе, и в рыбьем органе боковой линии строго ориентированы. В последнее время были предприняты поиски таких клеток у других животных, и их удалось обнаружить не только у организмов, не имеющих таких развитых органов чувств, как у нас, но и у организмов, не имеющих даже головы. Эти клетки есть у ланцетников, с которыми мы познакомились в пятой главе. У них нет ни ушей, ни глаз, ни черепа.

Стало быть, волосковидные клетки появились задолго до того, как возникли наши уши, и первоначально выполняли другие функции.

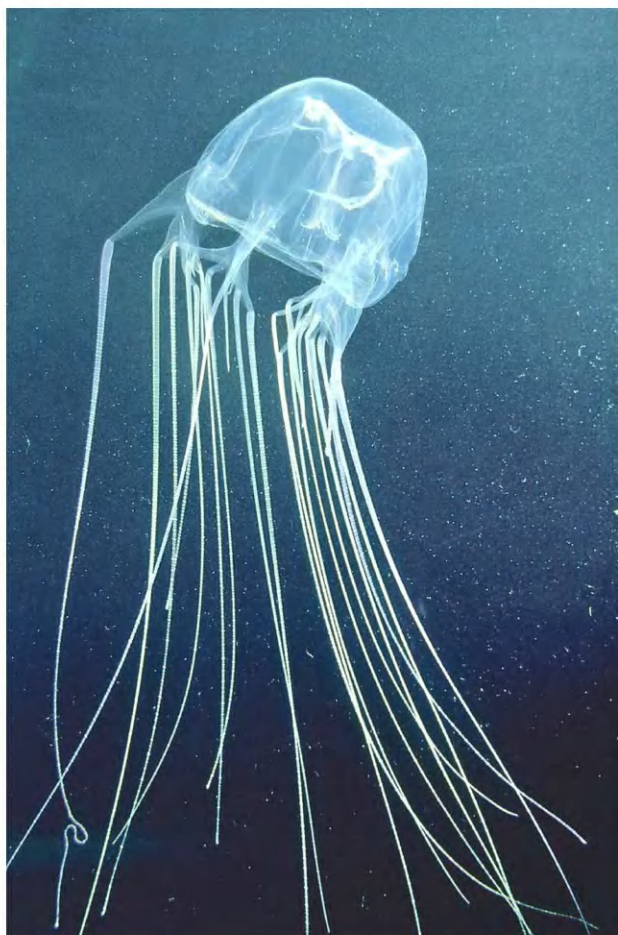
Разумеется, все это записано в наших генах. Если у человека или мыши происходит мутация, выключающая ген Рах 2, полноценное внутреннее ухо не развивается.

Ген Рах 2 работает у эмбриона в том районе, где закладываются уши, и, вероятно, запускает цепную реакцию включения и выключения генов, приводящую к образованию нашего внутреннего уха. Если поискать этот ген у более примитивных животных, мы обнаружим, что он работает в голове эмбриона, а также, представьте себе, в зачатках органа боковой линии. За головокружение у пьяных людей и за чувство воды у рыб отвечают одни и те же гены, свидетельствуя о том, что у этих разных чувств общая история.

Медузы и происхождение глаз и ушей

Подобно ответственному за развитие глаз гену Рах 6, который мы уже обсуждали, Рах 2, в свою очередь, — один из главных генов, необходимых для развития ушей. Примечательно, что эти два гена довольно похожи. Это говорит о том, что глаза и уши, возможно, происходят от одних и тех же древнейших структур.

Здесь нужно рассказать о кубомедузах. О них хорошо знают те, кто регулярно плавает в море у берегов Австралии, потому что эти медузы обладают необычайно сильным ядом. Они отличаются от большинства медуз тем, что имеют глаза — больше двадцати штук. Большинство из этих глаз — простые ямки, рассеянные в покровах. Но несколько глаз на удивление похожи на наши: в них есть что-то вроде роговицы и даже хрусталика, а также похожая на нашу система иннервации.



Один из видов кубомедуз (морская оса) .

У медуз нет ни Рах 6, ни Рах 2 — эти гены возникли позже, чем медузы. Но у кубомедуз мы находим нечто весьма примечательное. Ген, который отвечает у них за формирование глаз, не является ни геном Рах 6, ни геном Рах 2, но представляет собой как бы мозаичную смесь обоих этих генов. Иными словами, этот ген выглядит как примитивный вариант генов Рах 6 и Рах 2, свойственных другим животным.

Важнейшие гены, управляющие развитием наших глаз и ушей, у более примитивных организмов — медуз — соответствуют единственному гену. Вы, быть может, спросите: "Ну и что?" Но это довольно важный вывод. Древняя связь, которую мы обнаружили между генами ушей и глаз, помогает разобраться во многом из того, с чем сталкиваются в своей практике современные врачи: многие из врожденных человеческих дефектов сказываются на обоих этих органах — и на глазах, и на ушах. И все это отражает нашу глубокую связь с такими существами, как ядовитая морская медуза.

ГЛАВА 11. ЧТО ВСЕ ЭТО ЗНАЧИТ

Внутренний зоопарк

Я впервые приобщился к миру науки в 1980 году еще студентом колледжа, решив подработать волонтером в Американском музее естественной истории в Нью-Йорке. Это была для меня замечательная возможность познакомиться с коллекциями, хранящимися в этом богатейшем музее, но, кроме того, этот опыт запомнился мне посещением проводившихся в музее весьма экстравагантных еженедельных семинаров. Каждую неделю на этих семинарах выступал какой-нибудь специалист, рассказывавший об одной из хорошо известных лишь узкому кругу специалистов областей естественной истории. После его выступления, которое часто не производило большого впечатления, слушатели разбирали его речь по кусочкам. Делалось это со всей беспощадностью. Временами все действо напоминало большой пикник, на котором приглашенный специалист выступал в роли окорока, зажаренного на вертеле. В ходе этих дебатов участники нередко переходили на крик, топали ногами, выражая возмущение, и демонстрировали богатство мимики и жестов, достойное классического немого фильма.

Вот где я очутился! И это происходило в священных залах храма науки, на семинаре, посвященном биологической систематике! Вы, возможно, знаете — это наука о том, какие названия давать живым организмам и как их классифицировать в соответствии со схемой, которую все мы учили в школе на уроках биологии. Сложно представить себе тему, которая имела бы меньшее отношение к повседневной жизни, и тем более сложно представить, как обсуждение этой темы может довести выдающихся ученых до буйства и даже потери достоинства. Глядя на это, сторонний наблюдатель имел бы все основания сказать им: "Идиоты! Займитесь делом!"

Ирония в том, что теперь я понимаю, почему эти люди так кипятились. В то время мне еще сложно было по достоинству оценить это, но они обсуждали одну из важнейших концепций всей биологической науки. На первый взгляд, в ней нет ничего особо важного, но эта концепция лежит в основе того, как мы сравниваем разные организмы — человека и рыбу, рыбу и червя или что угодно одно с чем угодно другим. Эта концепция позволила разработать методы, с помощью которых мы изучаем наши родственные связи, находим преступников по следам их ДНК, разбираемся в том, как возник вирус СПИДа, отслеживаем расселение вирусов гриппа по планете. Эта концепция, о которой я собираюсь сейчас рассказать,

служит логическим основанием для значительной части того, о чем шла речь в этой публикации. Если понять суть этой концепции, мы поймем, о чем нам говорят пресловутые рыбы, черви и бактерии, которых мы находим внутри себя.

Все поистине великие идеи о законах природы были сформулированы исходя из простейших первоначальных посылок, с которыми мы сталкиваемся каждый день. Базируясь на простых понятиях, такие идеи находят более широкое применение, и объясняют уже по-настоящему значительные явления, такие как движение звезд или работа времени. В духе этих представлений я хотел бы поделиться с вами одним законом природы, с истинностью которого мы все можем согласиться. Этот закон настолько глубок, что многие из нас воспринимают его как нечто совершенно само собой разумеющееся. Но при этом он составляет отправную точку для всего, что мы делаем, занимаясь палеонтологией, биологией развития и генетикой.

Этот биологический "закон всего" состоит в том, что у каждого живого существа на нашей планете были биологические родители.

У каждого знакомого вам человека были родители. Были они и у каждой птицы, каждого тритона, каждой акулы, которых вам доводилось видеть. Новые технологии могут изменить положение дел с помощью клонирования или какого-нибудь другого метода, который еще предстоит изобрести, но пока этот закон природы повсеместно работает. Сформулируем его более четко: каждое живое существо развилось на основе родительской генетической информации. Эта информация определяет само понятие родителя, и, пользуясь этим определением, мы можем разобратся в биологическом механизме наследственности и применять это понятие даже к таким существам, как бактерии, которые размножаются совсем не так, как мы.

Сила этого закона именно в том, что он находит очень широкое применение. Вот она во всей своей красе: все мы суть модифицированные потомки наших родителей, или их генетической информации. Я потомок своего отца и своей матери, но я отличаюсь от них. Мои родители, в свою очередь, — модифицированные потомки своих родителей. И так далее. Схема происхождения их всех и тех модификаций, которые при этом происходили, определяет генеалогическое древо моей семьи. Причем определяет так однозначно, что восстановить это древо можно даже по небольшим образцам крови — моей и моих родственников.

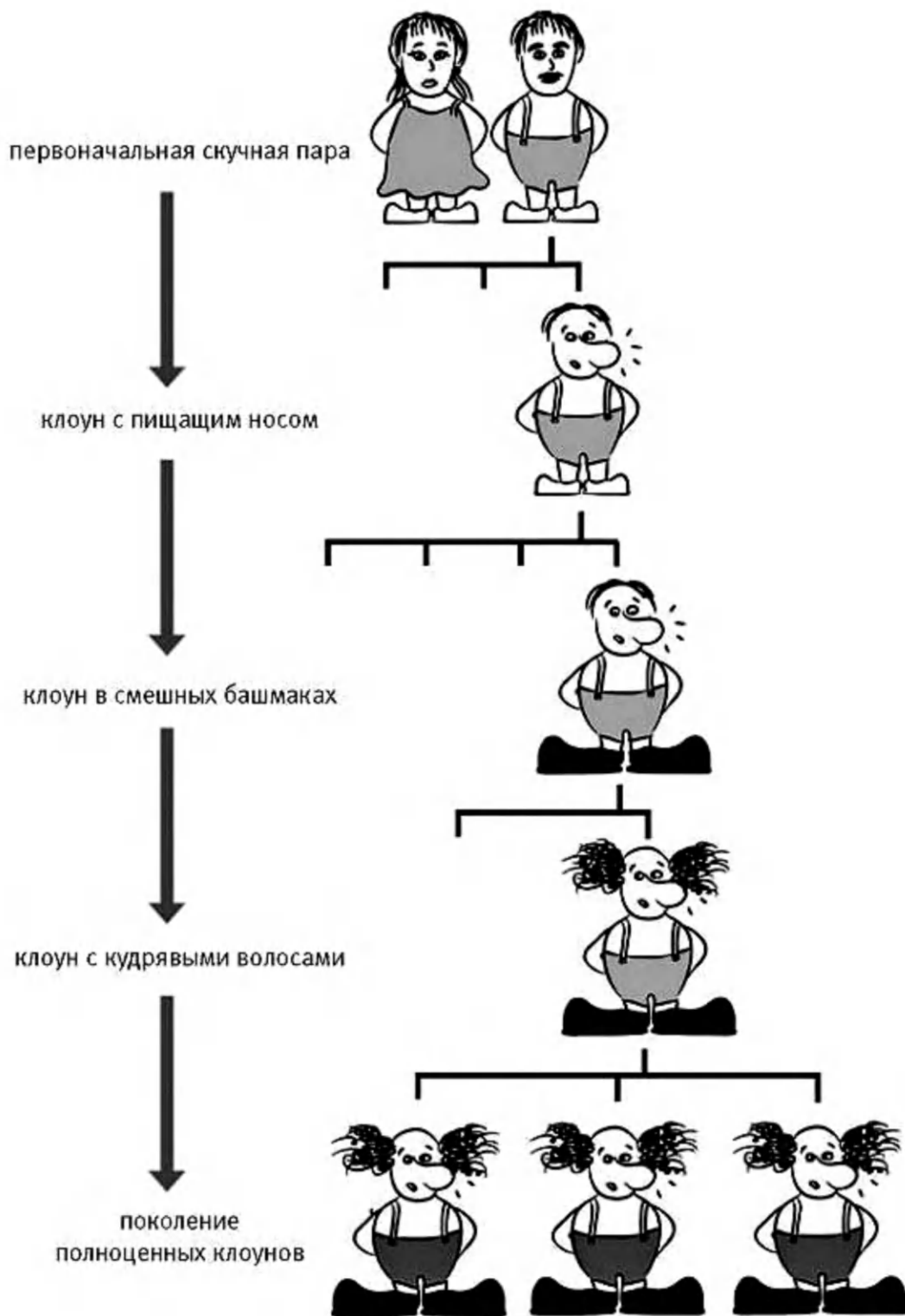
Представьте себе, что вы стоите в комнате, заполненной людьми, с которыми вы никогда доселе не встречались. Вам дают простое задание: определить степень вашего родства с каждым из находящихся в этой комнате людей. Как вам разобратся, кто из них ваш дальний родственник, кто очень дальний, а кто ваш семидесятипятикродный прапрадедушка?

Чтобы решить эту задачу, нам нужен некий биологический механизм, который можно было бы положить в основу наших изысканий и который позволял бы нам проверять гипотезы, касающиеся нашего генеалогического древа. Этот механизм можно вывести из уже знакомого нам закона биологии. Знание того, как именно работает наше происхождение, сопровождаемое модификацией¹, дает нам ключ к тайнам собственной биологической истории, потому что каждый этап такого происхождения оставляет в нас следы, которые мы можем выявить.

Давайте представим себе гипотетическую скучную супружескую пару, совершенно не похожую на клоунов, и их потомство. Один из их сыновей родился с генетической мутацией, которая дала ему красный резиновый нос, способный издавать громкий писк. Этот сын становится взрослым и осчастлиливает некую женщину, сочетаясь с нею браком. Он передает этот мутантный нос своим сыновьям, и все

¹ Происхождение, сопровождаемое модификацией (descent with modification), — термин, которым Дарвин называл в книге "Происхождение видов" то, что сегодня обычно называют биологической эволюцией. — Примеч. перев.

они рождаются с пищущими резиновыми красными носами. Теперь представим себе, что один из его сыновей наследует новую мутацию, из-за которой у него развиваются огромные шлепающие ступни. В следующем поколении все его сыновья такие же, как он, — с красным пищущим носом и шлепающими ступнями. Перейдем дальше еще на одно поколение.



Родословное древо клоунов.

Представим себе, что один из детей этого поколения, правнук нашей скучной пары, получает в наследство еще одну мутацию — кудрявые ярко-рыжие волосы. Когда эта мутация переходит в следующее поколение, все его сыновья оказываются с кудрявыми рыжими волосами, шлепающими ступнями и пищущим красным носом.

В итоге все эти праправнуки нашей бедной скучной пары оказались настоящими клоунами.

Этот несерьезный пример иллюстрирует одну в высшей степени серьезную идею. В результате происхождения, сопровождаемого модификацией, образуются генеалогические деревья, ветви которых мы можем определять по их признакам. Эти ветви обладают своими характерными чертами. Представители каждого поколения определенной ветви обладают уникальными признаками, по которым их можно разделить на группы разного ранга, входящие одна в другую как матрешки. Группа "настоящих клоунов", правнука и праправнуков первоначальной пары, вся происходит от того из их внуков, у которого был пищащий нос и шлепающие ступни. Этот внук относился к группе "протоклоунов" — потомков того сына первоначальной пары, у которого был только пищащий резиновый нос. Этот "предпротоклоун", в свою очередь, произошел от родителей, совершенно не похожих на клоунов.

Эта схема происхождения, сопровождаемого модификацией, означает, что вы могли бы представить гипотетическое родословное древо клоунов, даже если бы я ничего вам о нем не рассказывал. Если бы перед вами была комната, заполненная представителями разных поколений клоунов, вы бы догадались, что все клоуны, у которых есть пищащий нос, составляют группу родственников. В составе этой группы будет подгруппа с пищащим носом и шлепающими ступнями, в составе этой подгруппы будет подгруппа более низкого ранга — настоящих клоунов с оранжевыми волосами, пищащим носом и шлепающими ступнями. Главное здесь то, что по наблюдаемым признакам — таким как оранжевые волосы, пищащий нос, большие шлепающие ступни — можно выделить все эти группы. Эти признаки дают нам возможность выделять группы клоунов, состоящие друг с другом в родстве, начиная с определенного поколения.

Если рассматривать вместо этой воображаемой клоунской семьи реальные организмы, обладающие реальными признаками, возникшими за счет мутаций, видоизменявших тела их предков, то и их родословное древо можно будет восстановить по наблюдаемым признакам. Если именно так и работает происхождение, сопровождаемое модификацией, то в основе каждой ветви наших деревьев должны находиться организмы, обладающие теми или иными базовыми признаками. Эта истина обладает такой огромной силой, что позволяет нам восстанавливать генеалогические деревья, даже основываясь на одних только генетических данных, в чем мы убеждаемся из результатов целого ряда генеалогических проектов, осуществляемых в настоящее время. Разумеется, реальный мир намного сложнее, чем этот простой гипотетический пример. Восстановление генеалогических деревьев нередко оказывается непростой задачей, например, если тот или иной признак неоднократно независимо возникал у разных представителей изучаемой родственной группы, или если взаимосвязь между признаком и геном, его определяющим, не прямая, или если наблюдаемые признаки определяются не генетическими изменениями, а изменениями рациона питания или каких-то условий окружающей среды. К счастью, восстановление схемы развития, сопровождаемого модификацией, нередко оказывается возможным, несмотря на все эти трудности, примерно так же, как оказывается возможной очистка принимаемых радиосигналов от шума.

Но откуда растут все ветви этих деревьев, где их начало? Началась ли ветвь клоунов с той скучной пары? Ответ во многом зависит от того, как мы договоримся считать. Начинается ли моя ветвь с первых моих предков, носивших фамилию Шубин? Начинается ли она с украинских евреев или жителей Северной Италии? Как насчет древнейших людей? Или ее началом нужно считать микробов, живших 3,5 миллиарда лет назад или еще раньше? Все согласятся, что их родословная где-то начинается, но весь вопрос в том, где именно ее начало.

Если наша родословная началась с древнейших микробов и если это соответствует нашему закону биологии, то мы можем приводить в систему имеющиеся у нас данные и делать специфические предсказания. Жизнь на Земле оказывается не

случайным набором из разных существ, она обретает систему, все элементы которой несут общие признаки происхождения, сопровождаемого модификацией, вроде тех, что мы видели в семье клоунов. Неслучайной должна быть и структура всей геологической летописи. Признаки, появившиеся позже, должны встречаться у ископаемых из менее древних слоев горных пород, чем признаки, возникшие ранее. Точно так же, как на моем собственном генеалогическом древе я появился позже, чем мой дедушка, на общем генеалогическом древе всего живого все его элементы тоже должны иметь свое место во времени.

Чтобы увидеть, как биологи на практике восстанавливают наши родственные связи с другими живыми существами, нам нужно покинуть наш воображаемый цирк и вернуться в зоопарк, который мы посетили в первой главе.

Еще одна прогулка по зоопарку — на сей раз подольше

Как мы с вами уже убедились, наши тела устроены далеко не случайно. Здесь я использую слово "случайно" в особом значении: я имею в виду, что строение нашего тела далеко не случайным образом соотносится со строением тел других животных, бегающих, летающих, ползающих и плавающих по нашей планете. Разные черты нашего строения объединяют нас с одними животными и отличают от других. Все то, что объединяет нас с остальными живыми существами, подчиняется определенному порядку. У нас два глаза, два уха, одна голова, пара рук и пара ног. У нас нет семи рук или двух голов. Нет у нас и колес.

Прогулка по зоопарку наглядно демонстрирует нашу связь со всей остальной жизнью. Более того, мы убеждаемся в том, что реальных живых существ можно распределить по группам так же, как мы распределили клоунов. Давайте пойдем и для начала посмотрим на трех разных животных, которых содержат в нашем зоопарке. Начнем с белых медведей. Из признаков, объединяющих нас с белыми медведями, можно составить длинный список: волосяной покров, молочные железы, четыре конечности, шея, два глаза, два уха — и многое другое. Перейдем теперь в отдел рептилий, к черепахам. Сходство с нами тоже налицо, но список общих черт получится короче. У черепах, как и у нас, есть четыре конечности, шея и два глаза (а также некоторые другие признаки). Но, в отличие от нас и от белых медведей, черепаха лишена волосяного покрова и молочных желез. Что касается ее панциря, то он, похоже, уникален для черепах, точно так же как белый мех уникален для белого медведя. Теперь зайдем в аквариум и посмотрим на экзотических рыб. У них тоже есть общие с нами признаки, но список этих признаков будет еще короче, чем список наших общих признаков с черепахами. Как и у нас, у рыб два глаза. Как и у нас, у них тоже есть конечности, но эти конечности представляют собой плавники, а не ноги и не руки. Мы не найдем у рыб и многих других признаков, объединяющих нас с белыми медведями, в частности волосяного покрова и молочных желез.

Все это начинает напоминать систему групп и подгрупп, входящих друг в друга как матрешки, с которыми мы только что имели дело на примере семейства клоунов. Рыб, черепах, белых медведей и людей объединяет ряд признаков: голова, два глаза, два уха и так далее. Черепах, белых медведей и нас объединяют не только эти признаки, но также наличие шеи и четырех конечностей, что рыбам не свойственно. Белые медведи и люди образуют более элитарную группу, представители которой обладают не только всеми этими признаками, но также шерстью и молочными железами.

Пример с клоунами дает нам способ, позволяющий во многом разобраться в ходе прогулки по зоопарку. У клоунов наблюдаемое распределение признаков отражало происхождение, сопровождаемое модификацией. Из этого следовало, что настоящие

клоуны, обладающие всеми характерными признаками клоунов, происходили от менее далекого предка, чем все, у кого есть пищащий нос. Это вполне логично: первый клоун с пищащим носом приходится дедом отцу всех настоящих клоунов. Применяя тот же подход к группам животных, выделенным нами во время прогулки по зоопарку, мы приходим к выводу, что у людей и белых медведей должен быть не такой далекий общий предок, как у людей, белых медведей и черепах. Этот вывод подтверждается палеонтологическими данными: остатки древнейших млекопитающих известны из слоев намного более поздних, чем остатки древнейших рептилий.

Главная задача здесь состоит в том, чтобы узнать, как выглядело генеалогическое древо видов, то есть узнать, в какой степени разные виды родственны друг другу. Представления о степени родства разных организмов помогают нам толковать признаки ископаемых, таких как тиктаалик, в свете нашей прогулки по зоопарку. Тиктаалик — замечательная промежуточная форма между рыбами и их потомками, заселившими сушу, но вероятность того, что это наш непосредственный предок, очень невелика. Скорее всего, это родственник нашего предка. Ни один палеонтолог, находящийся в здравом уме, никогда не станет утверждать, что им открыт чей-нибудь Предок. Подумайте, каковы шансы, что, гуляя по какому-нибудь случайно выбранному на нашей планете кладбищу, я обнаружу могилу своего предка? Они крохотны. Что я действительно могу обнаружить, так это то, что все люди, похороненные на любом кладбище — где бы оно ни находилось, в Китае, в Ботсване или в Италии, — в разной степени приходятся мне родственниками. Это можно узнать, исследуя их ДНК с помощью одной из многих продвинутых методик, применяемых сегодня в следственной экспертизе. Я могу убедиться в том, что одни из тех, кто покоится на этом кладбище, состоят со мной в далеком родстве, а другие приходятся мне довольно близкими родственниками. Построенное на основании таких данных родословное древо пролило бы немало света на мое прошлое, на историю моего рода. Эти данные можно было бы применить и на практике: их можно использовать, чтобы узнать, насколько я предрасположен заболеть той или иной болезнью, и разобраться в некоторых других биологических особенностях моего организма. То же самое можно сказать и о выяснении родственных связей между разными видами.

Сила родословного древа жизни, прежде всего в том, что оно позволяет делать проверяемые предсказания. Важнее всего, что мы можем предсказывать, когда будут выявлены те или иные неизвестные ранее общие признаки разных групп организмов, они должны укладываться в построенную нами схему степеней родства. Таким образом, когда мы выявляем какие-то свойства клеток, ДНК и любых других структур, тканей и веществ, мы ожидаем, что степень их сходства у разных животных будет соответствовать тем группам, которые мы выделили, гуляя по зоопарку. Проверая, действительно ли это так, мы проверяем нашу гипотетическую схему родства на ложность. Если будут обнаружены признаки, которые не соответствуют построенной нами схеме, значит, мы построили ее неправильно, и она должна быть переделана. Например, если бы мы обнаружили множество признаков, общих для рыб и людей, но не свойственных белым медведям, это означало бы, что наша схема неправильна и должна быть заменена на другую. В тех случаях, когда имеющиеся данные могут быть интерпретированы неоднозначно, мы применяем ряд статистических методов, чтобы оценить надежность разных признаков и построить наиболее правдоподобный вариант дерева. Такие генеалогические построения рассматривают как рабочую гипотезу — до тех пор пока новые данные не позволят принять их или отказаться от них.

Некоторые из выделяемых нами групп животных так убедительно подтвердились в ходе неоднократных проверок, что мы относимся к ним как к фактам. Например, распределение по группам рыб, черепах, людей и белых медведей подтверждается особенностями тысяч генов, а также, по сути, и всеми чертами анатомии, физио-

логии и клеточной биологии этих организмов. Схема наших родственных отношений с этими животными подтверждена так убедительно, что мы уже не занимаемся поиском новых данных для ее проверки. Делать это так же бессмысленно, как пятьдесят раз бросать вниз один и тот же шарик, чтобы проверить, выполняется ли закон тяготения. Схема нашего родства с рыбами, черепахами и медведями уже не больше нуждается в проверке, чем этот закон. Вероятность того, что на пятьдесят первый раз шарик полетит не вниз, а вверх, не больше, чем вероятность того, что будут обнаружены новые данные, которые опровергнут схему наших связей с этими животными.

Теперь мы можем вернуться к цели, поставленной в начале. Как безошибочно восстановить отношения животных, которые давно вымерли, с телами и генами современных животных? Для этого мы ищем проявления происхождения, сопровождаемого модификацией, суммируем признаки, определяем, насколько качественны наши данные, и оцениваем, насколько хорошо выделенные нами группы представлены в палеонтологической летописи. Потрясающе то, что сегодня мы располагаем инструментами, которые позволяют проверять предполагаемую нами иерархическую структуру всего живого с помощью информационных технологий и при участии больших лабораторий, читающих последовательности нуклеотидов в ДНК. Эти инструменты помогают анализировать связи живых организмов по тому же принципу, который мы применяли в зоопарке, но на уровне намного более высоком. Кроме того, в последнее время мы получили доступ к множеству новых местонахождений ископаемых, разбросанных по планете. Место наших тел в мире природы открывается нам яснее, чем когда-либо прежде.

Пройдя главы с первой по десятую, мы убедились, что современных живых существ объединяют с давно вымершими многие черты глубокого сходства. Это относится и к червям, и к губкам, и к рыбам, и к людям. Теперь, вооружившись знаниями о происхождении, сопровождаемом модификацией, мы можем понять значение всего этого. Хватит развлечений в цирке и зоопарке — время перейти к делу.

Как мы убедились, внутри наших тел можно найти связи с целым зверинцем. Одни структуры нашего тела напоминают структуры медуз, другие — червей, третьи — рыб. Это сходство отнюдь не бессистемно. Некоторые черты нашего строения свойственны также всем остальным животным, некоторые — уникальны для нас. Видеть порядок, которому подчиняются все эти черты, прекрасно и удивительно. Тысячи генов, бесчисленные особенности строения и развития — и все это следует той же логике, какой следовали клоуны в приведенном нами воображаемом примере.

Давайте рассмотрим некоторые из признаков, о которых мы уже говорили, и разберемся, какому порядку они подчиняются.

Со всеми животными, населяющими нашу планету, нас объединяют многоклеточные тела. Назовем эту группу многоклеточной жизнью. Признак многоклеточности объединяет нас со всеми организмами от губок, трихоплаксов и медуз до шимпанзе.

Подгруппа в составе группы многоклеточных объединяет животных, обладающих планом строения тела, похожим на наш, который включает перед и зад, верх и низ, правый и левый бок. Систематики называют эту группу Bilateria (то есть "двусторонне-симметричные"). Сюда относятся многие животные от червей и насекомых до людей.

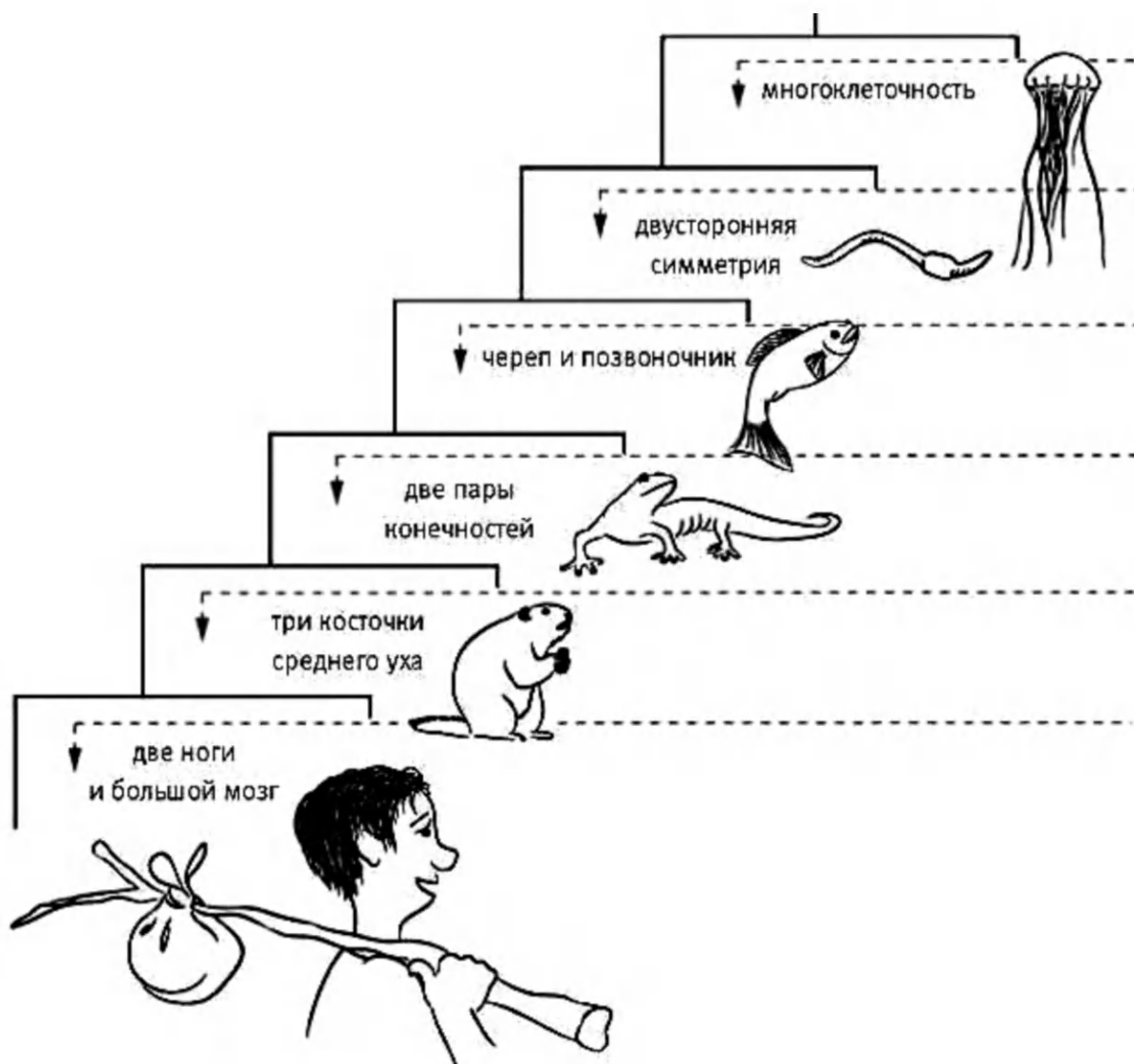
Подгруппа следующего ранга, в составе подгруппы двусторонне-симметричных многоклеточных животных, объединяет организмы, обладающие черепом и позвоночником. Их называют позвоночными животными.

Следующая подгруппа объединяет многоклеточных животных, двусторонне-симметричных, обладающих черепом и позвоночником, у которых к тому же есть две пары конечностей. Этих животных называют тетраподами (то есть "четвероногими") или наземными позвоночными.

Подгруппа еще более низкого ранга объединяет многоклеточных животных, дву-

сторонне-симметричных, с черепом и позвоночником и двумя парами конечностей, у которых к тому же среднее ухо состоит из трех косточек. Этих наземных позвоночных называют млекопитающими.

И наконец, следующая подгруппа объединяет многоклеточных животных, двусторонне-симметричных, с черепом и позвоночником, двумя парами конечностей и тремя косточками среднего уха, которые к тому же ходят на двух ногах и обладают огромным мозгом. Этих млекопитающих называют людьми.



Родословное дерево людей, начиная от медузоподобных организмов. Оно устроено точно так же, как родословное дерево клоунов.

Сила этого разделения на группы — в том множестве данных, которые лежат в его основе. Эту схему подтверждают сотни и тысячи генетических, эмбриологических и анатомических признаков. И это разделение позволяет нам по-новому взглянуть на самих себя и на наше внутреннее строение.

Рассматривая эти группы в обратном порядке, мы как бы очищаем луковицу, снимая слой за слоем и обнажая более древние слои нашей истории. На поверхности лежат признаки, объединяющие нас с остальными млекопитающими. Затем, если посмотреть глубже, мы видим черты, которые объединяют нас со всеми наземными позвоночными. Еще глубже лежат наши общие черты с рыбами. Еще глубже — признаки, которые объединяют нас с червями. И так далее. Исходя из той же логики, которую мы применяли к клоунам, мы открываем для себя схему происхожде-

ния, сопровождаемого модификацией, которая выгравирована внутри наших тел. Эта схема отражена и в геологической летописи. Древнейшим многоклеточным ископаемым более 600 миллионов лет, древнейшим ископаемым четвероногим — меньше 400 миллионов лет, а древнейшим млекопитающим — меньше 200 миллионов лет. Древнейшему ископаемому, ходившему на двух ногах, около 4 миллионов лет. Что это — случайное совпадение или отражение закона биологии, работу которого мы наблюдаем повсюду изо дня в день?

Карл Саган однажды сказал, что смотреть на звезды — все равно, что смотреть в прошлое. Достигающий наших глаз свет многих звезд начал свой путь миллионы и миллиарды лет назад, задолго до того, как возник мир, который мы знаем. Мне нравится думать о том, что смотреть на людей — во многом все равно, что смотреть на звезды. Если знать, как смотреть, то наши тела оказываются капсулами с посланиями из прошлого, и, открывая эти капсулы, мы узнаем о важнейших этапах истории нашей планеты и о живых существах, населявших в далеком прошлом ее океаны, реки и леса. Изменения, произошедшие в древней атмосфере, дали клеткам возможность сообща строить многоклеточные тела. Условия древних рек во многом определили строение наших конечностей. Наши цветовое зрение и обоняние оформились под влиянием жизни в древних лесах и на древних равнинах. И этот список можно продолжать и продолжать. Эта история — наше наследие. Оно влияет на нашу жизнь сегодня и будет влиять на нее в будущем.

Как история нас достает

Однажды моя коленка раздулась до размеров грейпфрута, и одному из моих коллег из отделения хирургии пришлось долго мять и сгибать ее, чтобы понять, растяжение ли это, или разрыв одной из связок, или повреждение хрящевых прокладок внутри сустава. Этот осмотр и последовавшая за ним магнитно-резонансная томография выявили разрыв мениска — возможно, следствие двадцати пяти лет блужданий с рюкзаком по скалам и каменным осыпям. Повреждая коленный сустав, мы обычно повреждаем одну или несколько из трех его структур: внутренний мениск, внутреннюю боковую связку или переднюю крестообразную связку. Повреждения этих трех структур коленного сустава случаются так часто, что врачи между собой называют эти структуры "несчастной триадой". Это яркое свидетельство того, что носить в себе рыбу не всегда приятно.



Коленный сустав.

За то, что мы стали людьми, приходится расплачиваться. Мы платим определенную цену за обладание своим исключительным набором признаков — способностью говорить, думать, работать руками и ходить на двух ногах. Это неизбежное следствие заключенного внутри нас древа жизни.

Представьте себе, что кто-нибудь постарался бы переделать "фольксваген-жук" так, чтобы он мог развивать скорость 250 километров в час. В 1933 году Адольф Гитлер поручил конструктору Фердинанду Порше разработать автомобиль, который был бы недорогим, развивал скорость до 100 километров в час и мог служить надежным средством транспорта для средней немецкой семьи. В результате появился легендарный "фольксваген-жук". Эта история и условия, поставленные Гитлером, накладывают определенные ограничения на возможности модификации этого автомобиля. Сегодня его конструкция допускает переналадку лишь до определенных пределов, после которых начнутся серьезные проблемы.

Во многом люди похожи на рыб, прошедших тюнинг — как "фольксваген-жук" для участия в гонках. Возьмем план строения рыбы, переоборудуем его, чтобы получить млекопитающее, а затем постепенно модифицируем это млекопитающее так, чтобы оно могло ходить на двух ногах, говорить, думать и управлять тончайшими движениями своих пальцев, — и мы неизбежно столкнемся с рядом проблем. Переделывать рыбу, ничего не платя за это, можно лишь до определенных пределов. В мире, который был бы продуктом идеального замысла, а не долгой и непростой истории, нам не пришлось бы страдать от множества разных болезней, начиная с геморроя и заканчивая раком.

Нигде наша история не проявляется так отчетливо, как в изгибах, извивах и поворотах наших артерий, вен и нервов. Если проследить путь некоторых нервов, мы увидим, что они странным образом петляют вокруг определенных органов, следуя поначалу в одном направлении лишь затем, чтобы потом причудливо изогнуться и привести в совсем неожиданное место. Эти изгибы и извивы представляют собой поразительные порождения нашего прошлого, которые, как нам предстоит убедиться, нередко создают нам проблемы, например такие, как икота или грыжа. И это лишь два из многих примеров того, как прошлое дает о себе знать, сказываясь на нашем здоровье.

В разные времена наши предки жили в древних океанах, в мелководных реках и в саваннах, но не в офисных зданиях, не на горнолыжных курортах и не на теннисных кортах. Мы не приспособлены для того, чтобы жить больше 80 лет, сидеть на ягодицах по десять часов в день и есть пирожные. Не приспособлены мы и для того, чтобы играть в футбол. Эти противоречия между нашим прошлым и нашим человеческим настоящим означают, что наши тела обречены нередко ломаться определенным предсказуемым образом.

У всех болезней, от которых мы страдаем, есть некоторая историческая составляющая. Примеры, которые мы сейчас разберем, покажут нам, как разные ветви заключенного в нас древа жизни, от микробов до рыб, амфибий и, наконец, древних людей, достают до нас из прошлого и сказываются на нашем здоровье. Каждый из этих примеров показывает, что мы не были устроены согласно некому рациональному замыслу, но возникли в ходе долгой и непростой истории.

Наследие охотников
и собирателей:
ожирение, сердечные
заболевания и геморрой

Наши далекие предки-рыбы активно охотились в древних океанах и реках. Предки чуть менее дальние, амфибии, рептилии и млекопитающие, тоже были активными хищниками и добывали разную добычу, от насекомых до рептилий. Предки, которые стоят к нам еще ближе, приматы, активно передвигались по деревьям и питались

плодами и листьями. Древнейшие люди, в свою очередь, были активными охотниками и собирателями, которые впоследствии занялись сельским хозяйством. Замечаете общую тему? Красной нитью через весь этот ряд проходит слово "активный".

К несчастью, большинство из нас проводит значительную часть дня в занятиях каких угодно, только не активных. В настоящую минуту я просиживаю зад, набивая на компьютере текст этой публикации, а многие из вас делают то же самое, читая ее (за исключением тех немногих праведных, кто делает это во время упражнений в тренажерном зале). Весь ход нашей истории от рыб до древних людей никоим образом не подготовил нас к такому образу жизни. Это несоответствие нашего прошлого нашему настоящему проявляется во многих недугах, свойственных современной жизни.

От чего люди чаще всего умирают? Четыре из первых десяти причин — сердечные заболевания, диабет, ожирение и инсульты — имеют и генетическую, и, по всей видимости, историческую основу. Почти несомненно, что эти проблемы во многом порождены тем, что наши тела приспособлены для жизни активного животного, а мы ведем образ жизни овощей.

В 1962 году антрополог Джеймс Нил рассмотрел эту проблему с точки зрения питания. Он сформулировал концепцию, известную как гипотеза "экономного генотипа". Эта концепция предполагает, что наши предки, древние люди, были приспособлены к жизни в условиях чередующихся бумов и спадов. Будучи охотниками и собирателями, они испытывали периоды временного изобилия, когда добыча была многочисленна и охота успешна, сменявшиеся периодами нехватки, когда еды удавалось добыть намного меньше.

Нил предположил, что этот цикл пиров и голодовок отразился на наших генах и на наших болезнях. Его основная идея состояла в том, что тела наших предков позволяли им накапливать ресурсы во времена изобилия, чтобы впоследствии использовать их в голодные времена. В связи с этим очень полезной оказалась способность накапливать жир. Наш организм распределяет энергию потребляемой пищи таким образом, что часть ее уходит на поддержание активности в настоящее время, а часть запасается, например, в виде жира, для использования в будущем. Этот механизм успешно работает в мире бумов и спадов, но дает прикормбные сбои в условиях, когда высококалорийная пища доступна круглые сутки и круглый год. Ожирение и связанные с ним болезни — развивающийся с возрастом диабет, повышенное кровяное давление и многие сердечные заболевания — становятся обычным явлением. Гипотеза экономного генотипа правдоподобно объясняет также наше увлечение жирной пищей. Жирная пища особенно калорийна, то есть богата энергией, и врожденная склонность к такой пище могла давать нашим предкам преимущество перед теми собратьями, кто ею не увлекался.

Сидячий образ жизни тоже сказывается на нашем здоровье, потому что наша кровеносная система сформировалась у намного более активных существ, чем те, которыми мы являемся сегодня.

Наше сердце, как насос, прокачивает по телу кровь, которая доходит до наших органов по артериям и возвращается в сердце по венам. Артерии находятся ближе к сердцу, поэтому давление в них намного выше, чем в венах. Это обстоятельство может затруднять возвращение крови от ступней к сердцу. Кровь, которая поступает туда, должна возвращаться назад, так сказать, в гору, по венам наших ног и вплоть до грудной клетки, где находится сердце. Если давление в венах слишком низкое, у крови может не получиться пройти весь этот путь. В связи с этим у наших предков развились два признака, помогающих крови подниматься вверх. Во-первых, это небольшие клапаны внутри вен, которые пропускают кровь вверх, но преграждают ей дорогу обратно вниз. Во-вторых, это работа мышц наших ног. Когда мы ходим, бегаем или прыгаем, эти мышцы сокращаются, и их сокращение помогает крови подниматься вверх по венам. Клапаны, пропускающие

кровь лишь в одну сторону, и ножные мышцы, работающие как насос, позволяют крови успешно достигать грудной клетки, поднимаясь из ступней.

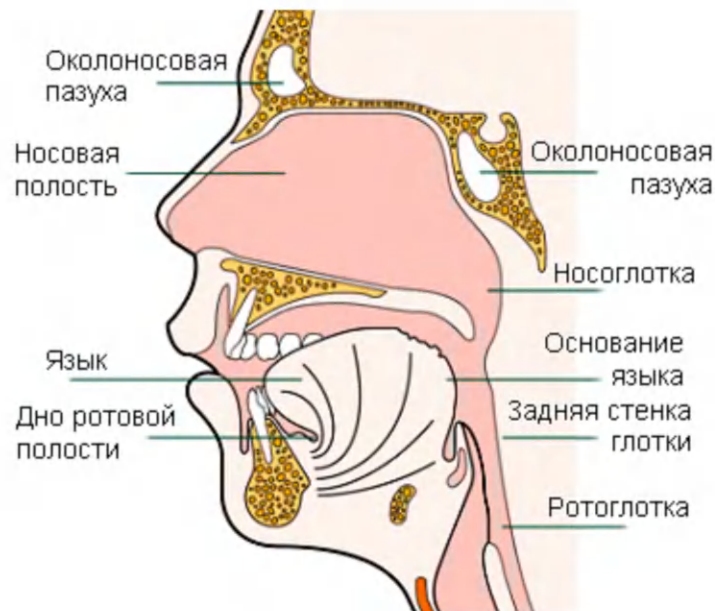
Эта система превосходно работает у активных существ, которым ноги постоянно служат, чтобы ходить, бегать и прыгать. Но у тех, кто ведет сидячий образ жизни, она работает плохо. Если человек мало пользуется ногами, их мышцы не прокачивают кровь вверх по венам. В итоге кровь застаивается в венах, и ее постоянное давление на клапаны может нарушать их работу. Именно это происходит при варикозном расширении вен. Нарушения работы клапанов еще больше способствуют скапливанию крови в венах. Их стенки растягиваются, и вены раздуваются, образуя под кожей ног выступающую извилистую сеть.

Не меньшие проблемы происходят от сбоев этой системы в районе прямой кишки. Водители-дальнобойщики и люди других специальностей, проводящие долгое время в сидячем положении, особенно подвержены геморрою — еще одной форме нашей расплаты за сидячий образ жизни. Во время продолжительного сидения кровь застаивается в венах, окружающих прямую кишку. Застой крови вызывает расширение, разрастание и воспаление этих вен — неприятное напоминание о том, что мы не приспособлены к продолжительному сидению, особенно на жестких поверхностях.

Наследие приматов:
речь достается
недешево

Способность разговаривать досталась нам дорогой ценой. За эту способность мы расплачиваемся риском умереть от остановки дыхания во время сна или подавившись какой-нибудь пищей.

Мы издаем звуки, складывающиеся в речь, посредством управляемых движений языка, гортани и задних стенок горла. Все эти структуры возникли в результате несложных модификаций структур, свойственных другим млекопитающим, а также рептилиям. В пятой главе мы уже говорили о том, что человеческая гортань формируется на основе хрящей бывших жаберных дуг. Задние стенки горла, идущие от последних коренных зубов до участка непосредственно над гортанью, у нас мягкие и подвижные и могут смыкаться и размыкаться. Мы издаем звуки речи, двигая языком, меняя форму и положение губ и сокращая ряд мышц, управляющих жесткостью стенки горла.



Ротовой аппарат человека.

Синдром ночного апноэ — внезапной остановки дыхания во сне — опасный побочный эффект, иногда вызываемый способностью говорить. Во время сна мышцы человеческого горла расслабляются. У большинства людей их расслабление не вызывает никаких проблем, но у некоторых оно может приводить к тому, что доступ воздуха в легкие оказывается перекрыт и человек в течение довольно долгого времени не дышит. Этот синдром, разумеется, очень опасен, особенно для людей, страдающих сердечными заболеваниями. Гибкость нашего горла, которая позволяет нам говорить, в то же время подвергает нас риску одной из форм остановки дыхания, вызываемого перекрытием дыхательных путей во время сна.

Еще одно неприятное последствие устройства нашего речевого аппарата — повышенный риск подавиться и умереть от удушья. Наш рот ведет и в трахею, через которую мы дышим, и в пищевод, куда поступает наша пища. Таким образом, мы дышим, едим и разговариваем через одно и то же отверстие. Между этими функциями иногда возникают противоречия, например, когда в трахее застревает косточка или кусок пищи.

Наследие рыб и головастики: икота

Икота — неприятность, восходящая корнями к истории, роднящей нас с рыбами и головастиками.

Если что-то и может нас в связи с этим утешить, так это то, что наше несчастье разделяют с нами и многие другие млекопитающие. У кошек можно искусственно вызвать икоту, стимулируя электродами небольшой участок ткани в стволовой части мозга. По-видимому, в этой части мозга и находится центр, управляющий сложной рефлекторной реакцией, которую мы называем икотой.

Рефлекс икоты представляет собой стереотипные повторяющиеся сокращения ряда мышц, относящихся к стенке нашего тела, диафрагме, шее и горлу. Спазм одного или двух главных нервов, управляющих дыханием, заставляет эти мышцы сокращаться. В результате происходит очень резкий вдох. Затем, около 35 миллисекунд спустя, в глубине нашей гортани смыкается голосовая щель, перекрывая верхнюю часть дыхательных путей. Быстрый вдох с последующим перекрытием дыхания вызывает звук, похожий на "ик".

Беда в том, что нам редко удается икнуть лишь единожды. Если икоту получается остановить, икнув раз пять или десять, у нас есть хорошие шансы, что она не возобновится. Но если пропустить этот момент, то икота продолжится и повторится в среднем еще шестьдесят раз. Некоторым из нас довольно быстро избавиться от икоты помогает вдыхание углекислого газа (классический способ — дышать, засунув лицо в бумажный пакет) или распрямление стенки тела (за счет глубокого вдоха и задержки дыхания). Но многим и это не помогает. Иногда патологические приступы икоты могут быть необычайно долгими. Самый долгий известный приступ икоты у человека продолжался непрерывно с 1922 по 1990 год.

Склонность к икоте — еще один способ нашего далекого прошлого напомнить о себе. Здесь стоит обсудить два момента. Первый — причина того нервного спазма, который вызывает икоту. Второй — механизм управления икотой, резким вдохом и быстрым перекрытием голосовой щели. Нервный спазм — наследие наших предков-рыб, а сама реакция икоты возникла у наших предков-амфибий, личинки которых были похожи на нынешних головастиков.

Начнем с рыб. Наш мозг позволяет контролировать дыхание без малейших сознательных усилий с нашей стороны. Большая часть работы выполняется в стволовой части мозга, на границе между головным и спинным мозгом. Мозговой ствол посылает нервные импульсы главным дыхательным мышцам. Дыхание всегда происходит ритмично, по одной и той же схеме. Мышцы груди, диафрагма и гортань сокращаются в строго определенном порядке. Управляющая этими сокращениями часть моз-

гового ствола получила название "центральный генератор ритма". Этот участок мозга вызывает ритмичные нервные импульсы и, посредством этих импульсов, ритмичное сокращение мышц. Ряд других похожих генераторов, расположенных у нас в головном и спинном мозге, управляет другими ритмичными формами активности, такими как глотание или ходьба.

Беда в том, что первоначально ствол нашего мозга управлял дыханием у рыб и лишь впоследствии был переоборудован, чтобы управлять дыханием наземных позвоночных. И у хрящевых, и у костных рыб определенный участок мозгового ствола обеспечивает ритмичное сокращение мышц глотки и жабр. Нервы, вызывающие сокращения этих мышц, все идут из строго определенного участка мозгового ствола. Схема расположения этих нервов, свойственная современным рыбам, наблюдается уже у представителей одной из древнейших ископаемых групп позвоночных. Среди ископаемых остатков остракодерм в породах возрастом более 400 миллионов лет имеются отпечатки мозга и черепно-мозговых нервов. Как и у современных рыб, нервы, управляющие дыханием, выходят у остракодерм из мозгового ствола.

У рыб эта система работает прекрасно, но у млекопитающих дает сбой. Дело в том, что у рыб нервам, которые управляют дыханием, не приходится идти далеко после выхода из мозгового ствола. Жабры и глотка располагаются у них как раз по соседству с этим отделом мозга. У нас, млекопитающих, дела обстоят иначе. Нашим дыханием управляют мышцы стенки грудной клетки и диафрагма — мышечная перегородка, отделяющая грудную полость от брюшной. Сокращения этих мышц и вызывают дыхательные движения. Нервы, управляющие сокращением диафрагмы, выходят из нашего мозгового ствола ровно там же, где выходят нервы, управляющие дыханием у рыб, — в районе шеи. Эти нервы, блуждающий и диафрагмальный, проходят от основания черепа через шею и грудную клетку, достигая диафрагмы и грудных мышц, управляющих дыханием. Этот извилистый путь вызывает проблемы. Если бы наше тело было построено по рациональному замыслу, эти нервы выходили бы не в области шеи, а где-нибудь поблизости от диафрагмы. А так, к прискорбию, любые препятствия, с которыми встречаются эти нервы на своем долгом пути, могут затруднять их работу и вызывать спазмы.

Если странная конфигурация наших нервов досталась нам в наследство от предков-рыб, то сама реакция икоты, по-видимому, восходит к нашим менее далеким предкам — амфибиям. Икота представляет собой особую форму дыхательных движений — за резким вдохом следует быстрое перекрывание голосовой щели. Икотой, судя по всему, тоже управляет центральный генератор ритма в мозговом стволе. Стимулируя его электрическими импульсами, можно искусственно вызвать икоту. Вполне логично, что икотой тоже управляет центральный генератор ритма, ведь эта реакция, как и нормальные дыхательные движения, включает повторяющиеся в определенной последовательности серии сокращений мышц.

Оказывается, наш генератор ритма, ответственный за икоту, ничем, по сути, не отличается от соответствующего генератора, имеющегося у амфибий. И не только у взрослых амфибий, но и у их личинок — головастиков, которые используют для дыхания, как легкие, так и жабры. У головастиков этот генератор включается тогда, когда они дышат жабрами. В этом случае им необходимо закачивать воду в глотку и прокачивать ее сквозь жаберные щели наружу, но вода при этом не должна попадать в легкие. Чтобы не допустить проникновения в легкие воды, дыхательные пути перекрываются — за счет того, что сжимается ведущая в легкие щель. Вовремя закрывать эту щель сразу после начала вдоха позволяют нервные импульсы, посылаемые центральным генератором ритма в мозговом стволе. Реакция, аналогичная нашей икоте, позволяет головастикам успешно дышать жабрами.

Сходство между нашей икотой и жаберным дыханием головастиков столь велико, что многие исследователи полагают, что оба эти явления суть варианты одной и

той же реакции. Жаберное дыхание у головастиков тоже можно блокировать углекислым газом, как и нашу икоту. Блокировку жаберного дыхания можно вызвать и растяжением стенки тела, подобно тому, как мы останавливаем икоту глубоким вдохом с последующей задержкой дыхания. Может быть, мы бы остановили жаберное дыхание у головастика и в том случае, если бы смогли заставить его выпить воду с дальнего края стакана, низко наклонив голову.

Наследие

акул: грыжи

Наша предрасположенность к грыжам, по крайней мере, к тем из них, что возникают в области паха, вызвана тем, что наш организм представляет собой бывшее рыбье тело, превращенное в тело млекопитающего.

У рыб половые железы протянуты вдоль тела до его грудного отдела, заканчиваясь вблизи сердца. У млекопитающих это не так, и отсюда возникают проблемы. Но нам нужно, чтобы наши половые железы не заходили в грудной отдел и не располагались возле сердца (надо заметить, что клятвы, которые мы произносим, прижав руку к груди, будь там половые железы, выглядели бы довольно двусмысленно). Если бы наши половые железы располагались в грудном отделе, мы бы не могли размножаться.

Сделаем на теле акулы глубокий надрез от горла до хвоста. Первое, что мы увидим, будет печень — много печени. Печень у акул имеет гигантские размеры. Некоторые зоологи считают, что огромная печень нужна акулам, чтобы увеличивать плавучесть. Если удалить печень, мы увидим половые железы, протянутые по телу до области возле сердца, в грудном отделе. Такое строение характерно для большинства рыб: половые железы протянуты вдоль тела в направлении головы.

Нас, как и большинство других млекопитающих, такое строение привело бы к беде. Особи мужского пола у млекопитающих обычно в течение всей своей жизни производят мужские половые клетки — сперматозоиды. Для формирования наших сперматозоидов требуются особые условия, в частности строго определенный диапазон температур. Лишь в этом диапазоне они могут нормально развиваться и прожить отведенный им срок — около трех месяцев. Если температура слишком высокая, они развиваются неправильно, а если слишком низкая — умирают. В связи с этим у млекопитающих мужского пола есть весьма эффективное устройство для контроля температуры — мошонка. Под кожей мошонки расположены мышечные волокна, которые в зависимости от температуры сокращаются или расслабляются. Мышечные волокна есть также в стенках семенных канатиков, на которых подвешены половые железы. Сокращение всех этих волокон обеспечивает "эффект холодного душа": когда холодно, мошонка уменьшается в размерах и прижимается к телу. Подъем и опускание мошонки происходят соответственно при снижении и повышении температуры.

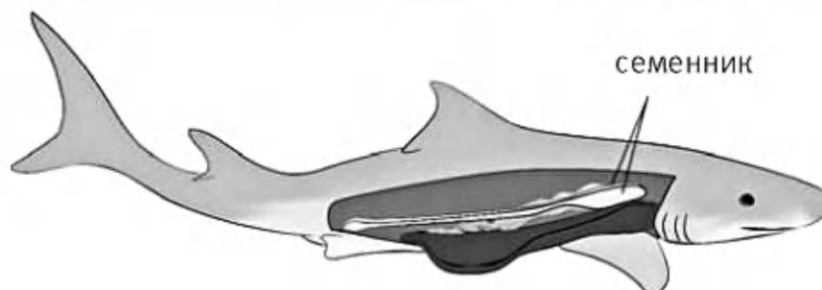
Этот механизм обеспечивает непрерывное производство здоровых сперматозоидов при разных условиях среды.

Кроме того, болтающаяся мошонка самца служит у многих млекопитающих половым стимулом для самки. Таким образом, развитие мошонки принесло млекопитающим вполне ощутимые выгоды, как физиологические, связанные с вынесением половых желез за пределы стенки тела, так, в некоторых случаях, и поведенческие, связанные с успешным завоеванием партнерши.

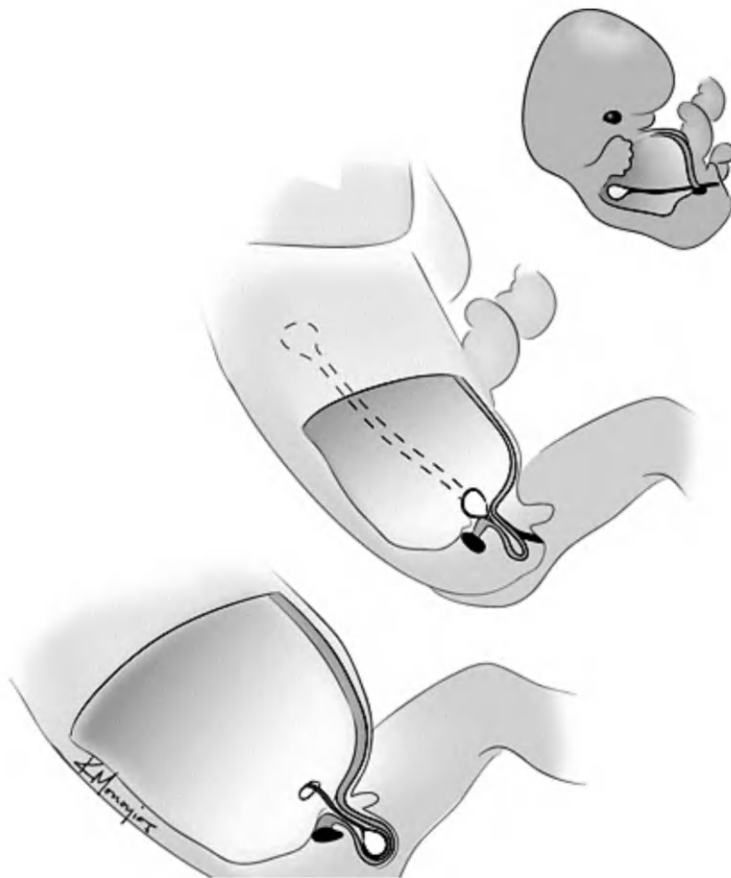
Но с таким строением связан и ряд проблем. Вынесенные за пределы тела семенники (мужские половые железы) означают, что сперматозоиды поступают в пенис окольным путем. Они выходят из семенников по семенным канатикам — которые идут вверх в направлении талии, огибают таз и проходят его насквозь, — а затем попадают в протоки, ведущие в мочеиспускательный канал. На пути спермато-

зоидов наружу располагается ряд желез, секрет которых образует основу семенной жидкости – спермы.

Нелепое устройство мужской половой системы млекопитающих связано с нашим историческим и индивидуальным развитием. В начале своего развития в эмбрионе млекопитающего половые железы располагаются примерно там же, где они расположены у акул, – вверху, рядом с печенью. По мере роста и развития у женских особей они перемещаются из средней части туловища несколько ниже и оказываются возле матки и фаллопиевых труб. Такое строение позволяет сократить путь яйцеклетки от половой железы туда, где происходит оплодотворение. У мужских особей половые железы опускаются еще дальше.



Если вскрыть тело самца акулы, первым, что мы увидим, будет огромная печень (вверху). Если ее удалить, нам откроются семенники (мужские половые железы), вытянутые вдоль тела и заканчивающиеся вблизи сердца. Подобное строение характерно для большинства примитивных позвоночных.



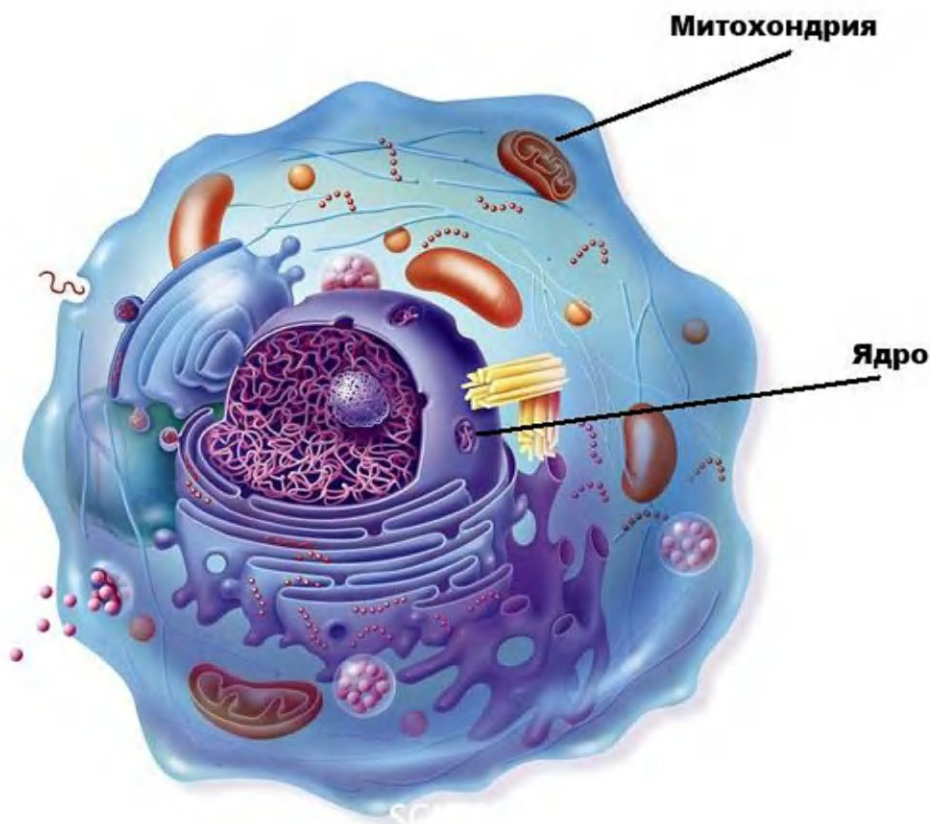
Опускание семенников у человека. В процессе роста и развития эмбриона половые железы, первоначально расположенные в глубине тела, как у наших далеких предков, постепенно выходят в мошонку — выпячивание стенки тела. В результате в паховой области возникает уязвимое место, в котором может образоваться паховая грыжа.

Опускание наших половых желез, особенно у особей мужского пола, приводит к возникновению уязвимого участка стенки тела. Чтобы понять, что происходит, когда семенники и семенные канатики опускаются и выходят из тела в мошонку, представьте себе, что вы кулаком продавливаете резиновую пленку. Будем считать, что рука — это семенные канатики вместе с семенниками (кулак соответствует семенникам). Под давлением кулака пленка прогибается и образует карман. Там, где раньше была ровная пленка, образуется дополнительная полость, в которой, у основания кулака, есть свободное место, которое может быть чем-то заполнено. Именно это и происходит при образовании многих форм паховой грыжи у мужчин. Паховая грыжа бывает и врожденной — когда участок кишечника опускается у эмбриона вместе с семенниками и попадает в основание мошонки. Другая разновидность паховой грыжи — приобретенная. Когда мы напрягаем мышцы живота, кишечник давит на стенку тела. Уязвимое место в районе мошонки делает возможным выдавливание участка кишечника в пространство по соседству с семенными канатиками.

Женщины далеко не так уязвимы, как мужчины, по крайней мере, в этой части тела. У женщин здесь не проходят никакие длинные трубки, и брюшная стенка у них намного крепче, чем у мужчин. Это свойство оказывается особенно кстати во время беременности и родов, когда женский организм проходит суровое испытание на прочность. Здесь трубки, выходящие за пределы тела, могли бы создать серьезные проблемы. Мужчины же вынуждены мириться с повышенным риском паховой грыжи, расплачиваясь за те выгоды, которые дает нам перестройка рыбьего тела в тело млекопитающего.

Наследие микробов: митохондриальные заболевания

Митохондрии есть в каждой клетке нашего тела, и везде они выполняют ряд важнейших функций. Самая известная из этих их функций состоит в том, чтобы из кислорода и сахаров получать энергию в том виде, в котором ее используют наши клетки. Другие функции митохондрий включают разложение токсинов у нас в печени и регулировку различных процессов, проходящих в наших клетках. Мы осознаем присутствие митохондрий лишь тогда, когда что-то в их работе разлаживается. К сожалению, заболевания, вызываемые неполадками в работе митохондрий, составляют длинный и сложный список. Когда нарушаются химические реакции, за счет которых наши клетки усваивают кислород, нарушается и обеспечиваемое этими реакциями производство энергии. Такого рода нарушения могут затрагивать лишь отдельные ткани, например глаза, а могут и все структуры организма. В зависимости от местоположения и серьезности нарушения оно может иметь разные последствия — от общей слабости до летального исхода.

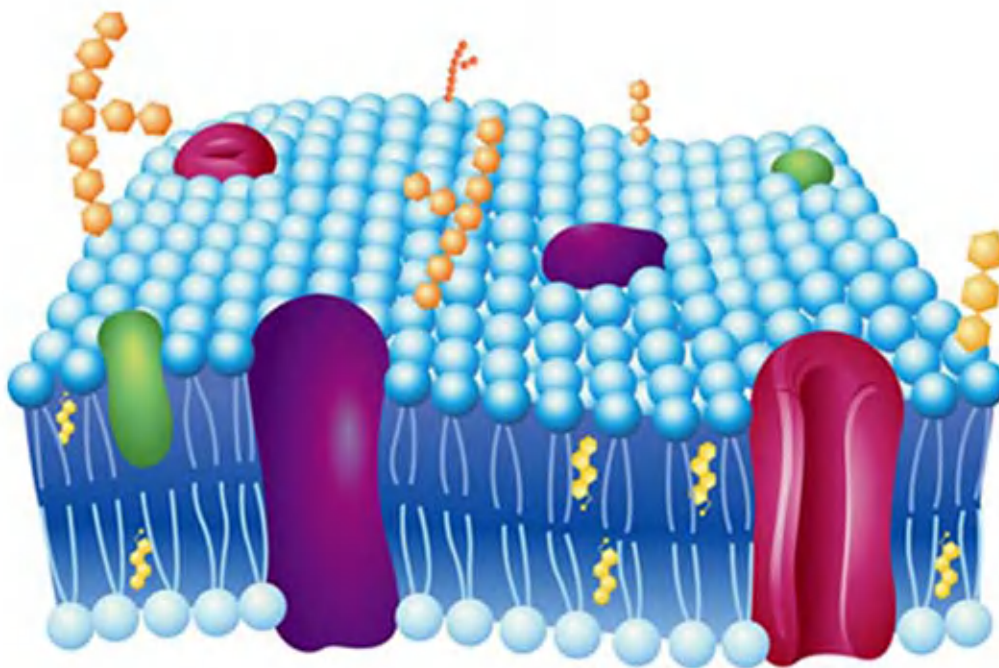


Митохондрии в клетке.

Многие из процессов, которые обеспечивают нашу жизнедеятельность, отражают историю происхождения наших митохондрий. Цепь химических реакций, в ходе которых из сахаров и кислорода получаются вода и углекислый газ, и выделяется энергия в пригодном для использования виде, развилась миллиарды лет назад, и разные ее варианты по-прежнему можно наблюдать у разных микробов. Митохондрии несут в себе наследие этого бактериального прошлого. Генетический аппарат и клеточная микроструктура митохондрий напоминают бактериальные. Согласно теории, которая в последнее время получила всеобщее признание, митохондрии развились из свободноживущих микробов — бактерий, живших более миллиарда лет назад. При этом вся система генерации энергии, имеющаяся у наших митохондрий, возникла еще у их далеких предков — древних бактерий.

Изучение нашего бактериального наследия помогает разобраться в митохондриальных заболеваниях человека. Более того, наилучшими экспериментальными моделями для изучения многих таких заболеваний служат именно бактерии. Использование в качестве модельных объектов свободноживущих бактерий дает возможность проводить множество экспериментов, которые были бы неосуществимы на материале человеческих клеток. Одно из самых продуктивных исследований такого рода было проведено недавно группой ученых из Италии и Германии. Заболевание, которое они изучали, неизменно приводит к смерти рождающихся с этим недугом младенцев. Это заболевание называют кардиоэнцефалопатией. Оно возникает в результате генетической мутации в митохондриях, которая нарушает нормальный обмен веществ в этих структурах. Изучая ДНК одного из пациентов, страдающих этим заболеванием, исследователи выявили мутантный участок, в котором они подозревали причину заболевания. Вооруженные знаниями об истории живых организмов, они затем обратились к микробу *Paracoccus denitrificans*, который нередко называют свободноживущей митохондрией – за сходство его генов и обмена веществ с митохондриальными. Проведенные затем эксперименты наглядно показали, насколько велико это сходство. Исследователи искусственно произвели в гене этой бактерии ту же мутацию, которую они выявили в соответствующем гене человеческой митохондрии. Полученный результат был вполне предсказуем, если знать, откуда произошли наши митохондрии. Митохондриальное заболевание человека удалось воспроизвести у мутантных бактерий, которые оказались подвержены тем же изменениям обмена веществ, что свойственны митохондриям пациентов. Изучению этой болезни помогли знания о событиях нашей истории, которые произошли более миллиарда лет назад!

Это далеко не единственный пример успешных исследований такого рода. Исходя из того, за какие открытия в последние тринадцать лет присуждали Нобелевские премии по физиологии и медицине, я мог бы озаглавить эту публикацию "Внутренняя муха", "Внутренний червь", или даже "Внутренние дрожжи". Премию 1995 года присудили за новаторские исследования плодовых мух, в ходе которых был выявлен набор генов, определяющих план строения тела у людей и других животных. Нобелевки по физиологии и медицине 2002 и 2006 годов достались людям, которые сделали возможными ряд важнейших достижений генетики и медицины, изучая непримечательного на первый взгляд почвенного червя *Caenorhabditis elegans* (ценорабдитис изящная). Премией 2001 года были, в свою очередь, отмечены не менее изящные опыты на дрожжах (в том числе обычных пекарских) и морских ежах, позволившие открыть ряд фундаментальных свойств живых клеток. И все это – не какие-то абстрактные эксперименты на странных существах. Подобные исследования дрожжей, мух, червей – и, конечно, рыб – многое говорят нам о том, как работают наши собственные тела, какие причины вызывают у нас болезни и какие новые методы мы можем использовать для продления нашей жизни и улучшения нашего здоровья.



ПРОТОННЫЙ ЦИКЛ

В.П. Скулачев

Для меня эта история началась четверть века назад, когда я, студентом третьего курса, занялся тем, что сейчас называют биоэнергетикой. Рискованная, в общем-то, область биологии: здесь ничего не увидишь, не уловишь на слух и не пощупаешь руками. Приходится доверять приборам, способным ловить слабые отклики событий, сопутствующих превращению энергии в мельчайших крупинках живой материи.

Здесь нет ничего сложнее, чем угадать единственный правильный путь среди тысячи, казалось бы, равных возможностей. И нет ничего проще, чем придумать новую гипотезу: достаточно располагать неким минимумом сведений и способностью логически мыслить.

**Крепкий
орешек**

В 1961 году в Москве на Всемирном биохимическом конгрессе выступал с пленарной лекцией американец Дэвид Грин. Я слушал доклад со все возрастающим волнением. Казалось, еще шаг — и группа Грина в Мэдисоне решит проблему превращения энергии при дыхании и фотосинтезе. «Эту работу мы закончим к следующему конгрессу», — пообещал Грин. Можно ли сомневаться в его успехе?

Профессор Грин... Блестящий специалист по окислительным ферментам: ферментные комплексы, названные его именем, — излюбленный объект биоэнергетиков. Ди-

ректор института энзимологии в университете штата Висконсин, с его сказочно дорогим оборудованием и неправдоподобными масштабами работы. Там рядами стоят десятки ультрацентрифуг, там за один день перерабатывают сотни килограммов бычьих сердец, а за сердцами посылают на чикагские боины специальный самолет. Вот кто такой профессор Грин!

Прошло три года. Вновь — конгресс биохимиков. Председательствующий Э. Слейтер дает слово Дж. Уэбстеру для внеочередного сообщения чрезвычайной важности. Уэбстер — правая рука Грина. Должно быть, Грин выполнил свое обещание? Так и есть: Уэбстер сообщает об успехе решающего эксперимента.

Это — торжество Грина и, казалось бы, хороший повод для других биоэнергетиков сменить тему. Но стоит ли спешить, особенно если вы, подобно Э. Ракеру из Корнелльского университета, что в Итаке, посвятили биоэнергетике не один год своей жизни? Ракер решает повторить опыты Уэбстера и сразу, в самом начале работы, обнаруживает небольшое несоответствие: один из белков в Итаке движется на электрофореграмме не так, как в Мэдисоне. Ракер звонит Грину, чтобы поделиться своими сомнениями. Тот и слушать не хочет: какие там еще несоответствия? «Мой Уэбстер прав и точка!». Ракер задет за живое: своим глазам он верит больше, чем всей армии гриновских сотрудников.

И вот Ракер в Мэдисоне. Грин продолжает упорствовать. Ракер просит показать ему электрофореграмму. Грин посылает за Уэбстером. Тот появляется и, узнав о причине вызова к шефу, уходит в соседнее здание за протоколами опытов... Уходит и — не возвращается. Более того, профессор Джордж Уэбстер исчезает! Его не могут разыскать ни в лаборатории, ни дома, ни у коллег по институту. Грин в замешательстве. В конце концов и без помощи Уэбстера он находит-таки протоколы и шаг за шагом проверяет результаты опытов. И тут всплывает чудовищный факт: в решающем измерении радиоактивности, когда определялось включение меченого фосфата в органическую фракцию, налицо явный разброс данных. При этом в опытных пробах (где ожидали включение фосфата) дальнейший расчет ведется по максимальным величинам, а в контроле (где включения фосфата быть не должно) — по минимальным. Разность тех и других величин записывается в итог опыта и преподносится как его окончательный результат.

...Спустя месяц Уэбстер объявится в другом конце США, в Майами, и напишет Грину невразумительное письмо в свое оправдание, а еще спустя несколько недель Грин сделает сообщение на съезде американских биохимиков и разошлет его текст своим вчерашним конкурентам-биоэнергетикам. Название доклада — «О вкладе Джорджа Уэбстера в изучение дыхательного фосфорилирования». Это — чисто-сердечное признание в невольном обмане, на который толкнул его сотрудник-фальсификатор. Но раскаяние не спасет профессора Грина. С тех пор ни один серьезный журнал не примет его статьи, и Грин будет публиковаться только в трудах Национальной академии наук (США), где он как академик защищен от критики рецензентов.

Казалось бы, жестокий и наглядный урок! Но как бы это ни показалось невероятным, история Грина и Уэбстера повторяется спустя несколько лет. На этот раз другой почтенный биоэнергетик, профессор Хантер, становится жертвой недобросовестности своей аспирантки, мисс Пэинтер, пытавшейся провести все тот же «роковой» эксперимент с включением фосфата.

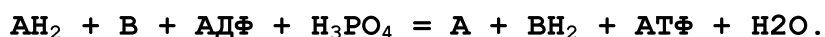
Не подумайте, что биоэнергетика богаче проходимцами¹, чем любая другая наука. Просто в развитии каждой науки когда-то наступает свой звездный час, приближение которого лихорадит даже самые холодные и расчетливые умы. Так случилось с биоэнергетикой в шестидесятые годы.

¹ Просто если не дать шефу нужный ему результат (который он присвоит), то работы в этом университете (и возможно в любом другом) исследователю уже не видать. Если же результат в принципе недостижим — то выхода просто нет.

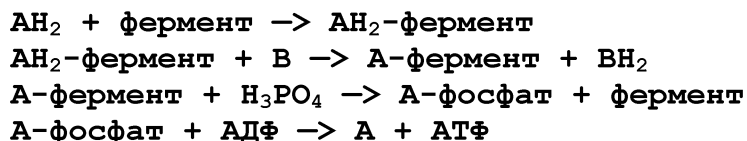
В те времена звездный час переживали молекулярные биологи. Уже открыли двойную спираль ДНК. Шумно отпраздновали победу над тайной генетического кода. Расшифровали пространственную структуру первых ферментов. А вот биоэнергетики, не уступавшие «нуклеинщикам» и энзимологам в своих честолюбивых мечтах, все еще не могли ответить на вопрос, каким таким образом живая клетка обеспечивает себя необходимой энергией. Такая ситуация каралась тем более странной, что давно уже были налицо, казалось бы, все предпосылки для решения этой проблемы. Стало ясно, какими энергетическими ресурсами пользуются те или иные живые существа. Были найдены и получены в чистом виде ферменты, усваивающие эти ресурсы. Не составило большого труда определить, в каких частях клетки происходят энергетические превращения. Однако сам принцип, на котором базируется действие основных биологических преобразователей энергии, оставался неясным, как и прежде.

Здесь я должен извиниться перед читателем: мне придется сообщить кое-какие специальные сведения, которые могут показаться скучными. Но, к сожалению, без них не понять все дальнейшие перипетии этой истории, подобно тому, как в детективном романе не обойтись без описания места происшествия.

Так вот, биохимикам известно, что живая клетка превращает энергетические ресурсы (например, пищевые вещества) в субстрат определенного окислительного фермента. Фермент катализирует окисление этого субстрата (назовем его AH_2) каким-либо другим веществом (В). Выделяющаяся при окислении энергия используется для синтеза аденозинтрифосфата (АТФ), компонента, играющего роль универсального поставщика энергии при различных видах работы живого организма. Было показано, что АТФ получается путем соединения неорганического фосфата с предшественником АТФ, аденозиндифосфатом (АДФ):



Невероятно, чтобы такая химическая реакция происходила в одну стадию: это потребовало бы одновременного взаимодействия всех четырех веществ, написанных в левой части уравнения. Поэтому приходится предположить, что процесс протекает с участием фермента в несколько этапов. Например:



Именно так образуется АТФ при брожении. Брожение — «подсобный» механизм энергообеспечения. Он включается в условиях нехватки основных энергетических ресурсов: у растений — света, у животных и бактерий — кислорода или окисляемых кислородом веществ (субстратов дыхания). В общем-то, не удивительно, что механизм образования АТФ при дыхании и фотосинтезе вначале стремились объяснить по аналогии с уже изученным к тому времени брожением. Казалось, замени бродильный фермент на дыхательный или фотосинтетический, и та же система реакций будет образовывать АТФ за счет световых квантов или питательных веществ, сжигаемых кислородом.

Эта точка зрения, названная «химической схемой», стала общепринятой концепцией биоэнергетики в пятидесятые — шестидесятые годы. В ее основе — хорошо известные факты, свидетельствующие о ключевой роли окислительных ферментов в дыхательном и фотосинтетическом синтезе АТФ. Но что это за роль? Казалось бы, ясно: катализ окислительных реакций и их сопряжение с синтезом АТФ. Поэтому во многих лабораториях предпринимались отчаянные усилия заставить ферменты дыхания и фотосинтеза реагировать с АДФ и фосфатом, как того требовала схема.

Биоэнергетики шли дорогой, уже пройденной однажды при изучении брожения. Сперва разрушали структуру клетки, потом из великого множества внутриклеточных ферментов выделяли тот, который катализировал нужную окислительную реакцию. И наконец, к раствору очищенного фермента добавляли субстрат, вещество-окислитель, АДФ и фосфат, и смотрели, не получится ли АТФ.

Так вот, АТФ не получался!

Напрасно искусные экспериментаторы составляли сложнейшие смеси белков, субстратов и солей, варьируя до бесконечности условия проведения реакции. С легкостью удавалось воспроизвести в пробирке окислительный процесс, но освобождающаяся энергия превращалась в тепло вместо того, чтобы использоваться для синтеза АТФ. Сообщения о синтезе АТФ в растворе дыхательных ферментов всегда оказывались в конце концов случайной ошибкой или преднамеренной фальсификацией, как это было с Уэбстером и Пэйнтер.

В то же время более сложные системы, сохранявшие черты надмолекулярной организации биологических объектов: кусочки тканей, клетки, внутриклеточные органеллы (митохондрии и хлоропласты) — или даже образующиеся при их разрушении ультразвуком мельчайшие пузырьки, окруженные мембраной, — все они в определенных условиях образовывали АТФ. Но стоило изменить условия — и даже на этих сложных объектах дыхание утрачивало связь с синтезом АТФ.

Уже первые исследователи, работавшие с дыхательным синтезом АТФ, обратили внимание на ту необычайную легкость, с которой фосфорилирование ускользает, а дыхание переключается на «холостой ход». Сопряжение дыхания с фосфорилированием обнаружил Владимир Александрович Энгельгардт в 1930 г. А спустя несколько лет другой Владимир Александрович, Белицер, описал условия, когда дыхание отключалось от фосфорилирования и протекало без образования АТФ, несмотря на высокую скорость окислительной реакции. Так было открыто явление, названное разобщением дыхания и фосфорилирования. Именно этот эффект оказался камнем преткновения для химической схемы биоэнергетики.

Парадокс веществ- разобщителей

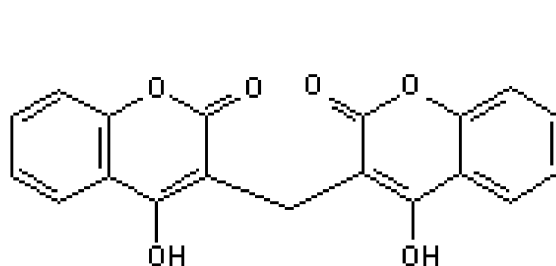
Тот факт, что окисление может быть отключено от фосфорилирования, впервые был описан при изучении брожения. Если сбрасывать сахар в среде, где фосфат заменен на арсенат, то брожение идет с большой скоростью, но без образования АТФ. Подобным образом действует арсенат и на дыхание: в присутствии арсената система дыхания перестает запасать энергию в форме АТФ. Именно арсенат был первым разобщителем дыхания и фосфорилирования в опытах В.А. Белицера. Казалося бы, это наблюдение лишь подчеркнуло еще раз сходство механизмов дыхания и брожения, чего и требовала химическая схема.

Осложнения начались с 1948 г., когда Ф. Липман неожиданно обнаружил, что дыхание разобщается и таким веществом, как динитрофенол, причем его требуется гораздо меньше, чем арсената. В отличие от арсената динитрофенол совсем не похож на фосфат. Фермент может принять арсенат за фосфат, но чтобы он перепутал фосфат с динитрофенолом?.. Кстати, динитрофенол не действовал на брожение, и это могло бы зародить сомнения в сходстве механизмов дыхательной и бродительной энергетики.

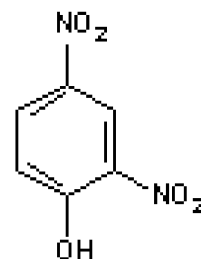
Несколько лет эффект Липмана считали одним из курьезов, которыми не так уж бедна биохимия. Однако затем последовали наблюдения, показавшие, что разобщить дыхание и синтез АТФ можно не только динитрофенолом, но и салициловой кислотой, дикумаролом, перфторпинаколом, производными бензимидазола и фенилгидразона.

...Теперь, рассказывая студентам историю о разобщителях, я пишу формулы

этих веществ (рис. 1) на доске в конце первого часа лекции и предлагаю подумать о том, что же роднит разобщители между собой и почему все они одинаково действуют на дыхание. Наиболее смышленным хватает пятнадцати минут перерыва между лекциями, чтобы найти правильный ответ. Науке для этого потребовалось больше пятнадцати лет. От частного, в общем-то, вопроса о действии веществ-разобщителей биоэнергетики пришли к одному из крупнейших открытий современной биологии, справедливо отмеченному Нобелевской премией.



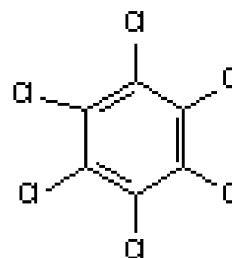
дикумарол



динитрофенол



трифторкарбонилцианид
фенилгидразон



пентахлорфенол

Рис. 1. Примеры разобщителей окислительного фосфорилирования.

Что же, пора представить читателям лауреата, чья фигура по праву заняла центральное место в биоэнергетике шестидесятых – семидесятых годов.

Питер Митчел. Начало пути

Питер Деннис Митчел родился 29 сентября 1920 г. в Митчепе (графство Суррей, Англия). Сын лейтенанта британской армии был отдан родителями в Тонтонский королевский колледж. Затем – студент колледжа Иисуса в Кембриджском университете. В 1943 г. – выпускник университета, бакалавр искусств. В том же году Митчел начинает работать над диссертацией под руководством профессора Д. Ф. Даниэлли. Еще в тридцатые годы Даниэлли прославился как автор изящной концепции о молекулярном строении биологических мембран – тончайших пленок, окружающих цитоплазму любой живой клетки или ее органеллы. После отъезда Даниэлли из Кембриджа Митчел переходит в группу по изучению ферментов, которую возглавлял известнейший энзимолог М. Диксон.

Чтобы стать кандидатом наук (в Англии это называется «доктор философии»), Митчелу потребовалось семь лет. Вторую диссертацию – на звание доктора наук – Митчел так и не защитил, шагнув в 1974 г. сразу в члены Королевского общества.

Студентом Митчелу довелось слушать лекции Флеминга. Это было время, когда из английских госпиталей выходили фронтовики, чью жизнь спас Флемингов пенициллин. И в общем-то, не удивительно, что темой своей первой научной работы молодой биолог выбрал механизм действия пенициллина на бактерии.

Сначала было исследовано включение меченого фосфата в нуклеиновые кислоты. Пенициллин тормозил этот процесс. В столь сложной системе, как живая клетка, такой эффект мог объясняться либо прямым действием пенициллина на синтез нуклеиновых кислот, либо влиянием на какой-то отдаленный этап обмена веществ или на перенос фосфата через клеточную стенку.

Именно тогда Митчел впервые уловил притягательную силу тайны, окружавшей роль фосфата в энергетике клетки. Но пройдут годы, прежде чем он вплотную займется этой проблемой. Пять лет после защиты диссертации Митчел работает демонстратором на кафедре биохимии Кембриджского университета, а затем его приглашают старшим преподавателем на кафедру зоологии в Эдинбург. В течение следующих восьми лет, проведенных здесь, в Шотландии, Митчел мало печатается, не спешит с продолжением опытов по действию пенициллина. Постепенно он приходит к убеждению, что история с пенициллином – всего лишь частный случай, за которым стоят куда более общие вопросы.

Митчел как-то издали, медленно, исподволь приближается к основной проблеме биоэнергетики. Сначала – мысль о том, нельзя ли отнести пенициллин к загадочным разобщителям, благо в эту группу попадают самые разные по строению вещества. Казалось бы, взять да поставить опыт вроде того, что описал Липман еще в 1948 г.! Но далеко ли он продвинется вперед, если даже докажет, что пенициллин действительно разобщитель? Одним разобщителем больше – не велико открытие! Не лучше ли поразмыслить над тем, что такое вообще разобщение дыхания и фосфорилирования? Ясно, что здесь дело в каком-то нарушении механизма, сопрягающего эти два процесса. А что это за сопрягающий механизм?

Митчел внимательно анализирует бытовавшие в то время взгляды на природу дыхательного фосфорилирования. На первый взгляд ему, биохимику, должна импонировать химическая схема сопряжения, объяснявшая энергетику дыхания наподобие уже известной энергетики брожения. Но как объяснить действие разобщителей? Интуиция энзимолога (недаром Диксон – один из его учителей!) подсказывала Митчелу, что динитрофенол и вся разномастная компания разобщителей не могут быть аналогами фосфата. Ферменты слишком разборчивы к своим субстратам, чтобы ошибаться так грубо.

Но что если разобщители действуют не на фермент, а на его окружение?

Дыхательные ферменты отличаются от ферментов брожения тем, что они не плавают в клеточном соке, а прикреплены к мембранам. Так может быть именно мембрану и атакуют разобщители? Но зачем нужна мембрана ферментам вообще и дыхательным ферментам в частности? Вот вопрос, которым занялся Митчел, вспомнив беседы с другим своим учителем – Даниэлли, основателем учения о мембранах.

Биохимики и «транспортники»

До Митчела биохимики, изучавшие мембранные ферменты, рассматривали мембрану как штатив, к которому эти ферменты крепятся. Считалось, что ферментативные процессы разворачиваются на поверхности, а не в «толще» мембраны. Такое мнение основывалось на факте, что субстраты ферментов – это, как правило, водорастворимые вещества. Казалось бы, они не должны проникать в сердцевину мембраны, сделанную из жира.

Однако для целой группы процессов транспорта веществ было установлено с несомненностью, что водорастворимые соединения проходят каким-то образом через жировой барьер мембраны внутрь клетки. Если, допустим, глюкоза, вообще не

растворимая в жирах, переносится через внешнюю мембрану клетки (а это факт!), почему бы не предположить, что она может быть атакована каким-то из мембранных ферментов не на поверхности, а в срединной части мембраны?

До Митчела химическими превращениями внутри мембран практически не занимались. Изучение транспорта через мембраны оставалось уделом физиологов-«транспортников». Биохимики рассматривали мембрану как помеху, от которой следует поскорее избавиться, чтобы перевести исследуемый фермент в раствор и там уже заняться им вплотную, используя весь арсенал энзимологии.

Столкнувшись с проблемами биоэнергетики, Митчел был поражен отсутствием каких бы то ни было контактов биохимиков с «транспортниками». Между ними лежала пропасть. И Митчел занялся наведением мостов.

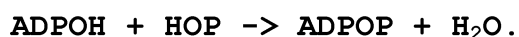
Чисто умозрительное построение

Представим себе на момент такую схему. стакан с водой разделен на две части перегородкой. В перегородке – отверстие, закрытое мембраной. В мембрану встроен фермент, превращающий какое-либо вещество (субстрат) в продукт. Фермент закреплен в мембране таким способом, что он связывает субстрат из раствора слева от мембраны и освобождает получающийся продукт в раствор справа от мембраны. Если теперь добавить в каждый из растворов равные количества субстрата и продукта, то спустя какое-то время в левом отсеке резко понизится концентрация субстрата, а в правом – повысится концентрация продукта. При этом окажется, что энергия, выделяющаяся в ходе ферментативной реакции, будет использована на повышение концентрации веществ в правом отсеке в сравнении с левым

Работа, затраченная на концентрирование веществ, называется осмотической. Поэтому система на рис. 2 – не что иное, как химико-осмотический преобразователь, поскольку химическая энергия, выделяющаяся при реакции, тратится на осмотическую работу.

В принципе такой преобразователь может действовать обратимо. Например, повышение концентрации продукта в правом отсеке стимулирует дальнейшее превращение этого продукта, если он атакуется другим ферментом на правой стороне мембраны.

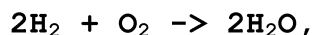
Если один фермент окисляет субстрат кислородом, а другой синтезирует АТФ из АДФ и фосфата и оба они закреплены в одной и той же мембране, то нельзя ли сопрячь окисление и фосфорилирование по принципу, описанному выше? Для этого потребовалось бы, чтобы окислительный фермент переносил через мембрану АДФ и фосфат или образовывал какой-то продукт, используемый в реакции синтеза АТФ. В обширной литературе по дыхательному фосфорилированию не было никаких указаний на то, что дыхательные ферменты действуют как переносчики АДФ и фосфата через мембрану. Но только ли АДФ и фосфат участвуют в данной реакции, и только ли АТФ образуется в ее результате? На первый вопрос мы смело можем ответить утвердительно. Что касается второго, то надо признать, строго говоря, существование, помимо АТФ, еще одного продукта, хотя и незначительного по величине. Этот продукт – молекула воды. Давайте рассмотрим реакцию синтеза АТФ:



Молекула H_2O при синтезе АТФ, обозначенного здесь ADPOP (буквами Р показаны атомы фосфора), может получиться из остатка гидроксила (ОН), отщепляемого от фосфата (обозначенного НОР), и иона водорода аденозиндифосфата (ADPОН).

Вода – продукт не только синтеза АТФ, но и дыхания, которое формально опи-

сывается реакцией взрыва гремучего газа:



с той разницей, что в процессе участвует не молекулярный водород, а органические субстраты, поставляющие атомы Н для образования воды.

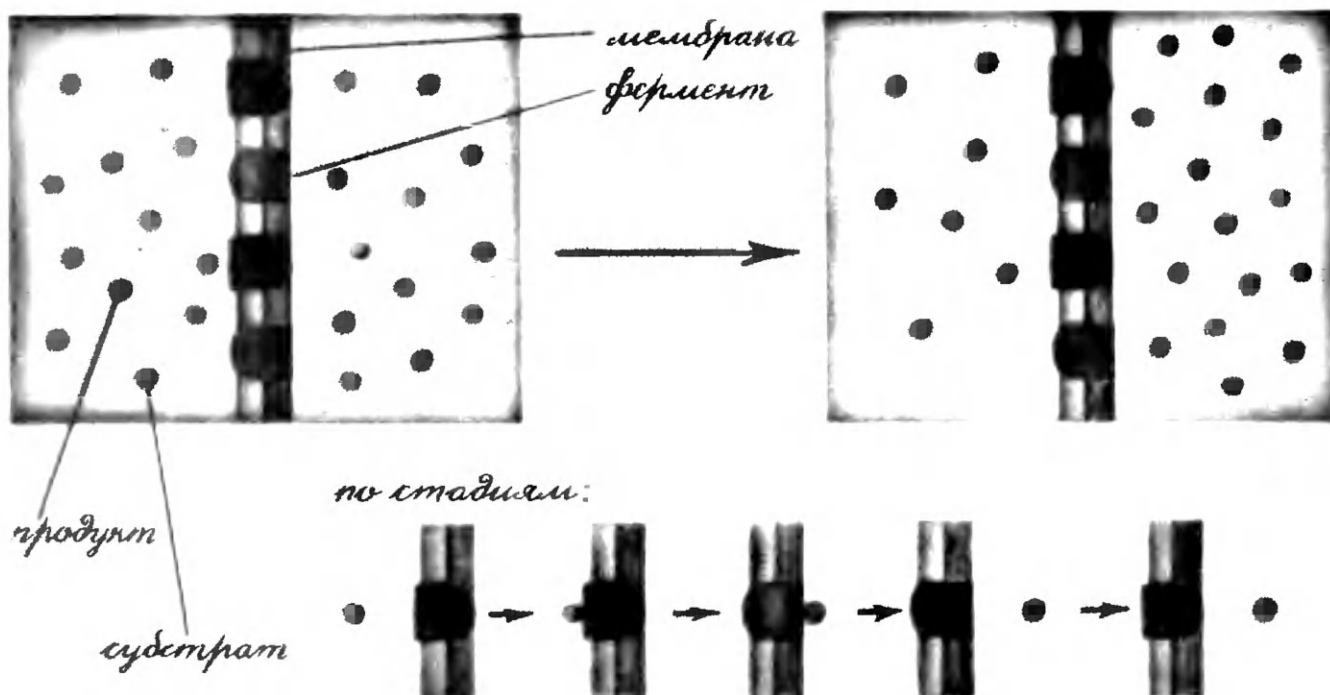


Рис. 2. Схема химико-осмотического преобразователя энергии. Два раствора одинакового состава разделены мембраной. В мембране — фермент, превращающий вещество-субстрат в продукт, что сопровождается выделением энергии. Мембрана так устроена, что фермент может связать субстрат только на левой, а освободить продукт — только на правой ее поверхности, т. е. для освобождения продукта в раствор необходим поворот фермента в мембране на 180° .

Если две реакции, образующие общий продукт, протекают в одной пробирке, то они, в конце концов, могут лишь замедлить друг друга. В то же время наша цель — объяснить, почему дыхание активирует, увлекает за собой реакцию фосфорилирования. Итак, введя в поле нашего зрения воду, мы все еще не продвинулись к цели? Так-то оно так, да не совсем. Появилась маленькая зацепка, ниточка, потянув за которую, можно попытаться распутать клубок.

Нам нужно, чтобы дыхание влияло на фосфорилирование, и эта цель уже достигнута — влияние уже есть. Беда только в том, что влияние-то направлено не в ту сторону, куда хотелось бы. Но ведь мы не учли еще один неперемный компонент системы — мембрану. Плохо, если вода, образующаяся при дыхании, и вода, образующаяся при синтезе АТФ, выделяется по одну и ту же сторону от мембраны, то есть в один и тот же отсек. Это равносильно протеканию двух реакций в одной пробирке. А что если два процесса образуют воду по разные стороны от мембраны? Тогда дыхание будет создавать избыток воды, образуя ее, например, слева от мембраны. Допустив теперь, что синтез АТФ приводит к выделению воды справа от мембраны, мы создадим ситуацию, когда синтез АТФ как бы компенсирует нехватку воды справа относительно возросшей (из-за дыхания) «концентрации воды» слева. Тем самым, в принципе говоря, тормозящее влияние дыхания на фосфорилирование сменяется благоприятным эффектом: дыхание создает избыток продукта

(воды) по одну сторону мембраны, а фосфорилирование уравнивает «концентрацию воды», образуя ее по другую сторону мембраны. Уравнивание концентраций повышает энтропию системы, и, стало быть, увеличивается вероятность процесса, вызывающего это возрастание энтропии. Дыхание повышает вероятность реакции синтеза АТФ. Другими словами, дыхание сопрягается с фосфорилированием. Наконец-то!

Гипотеза всегда основывается на предположениях. Она может быть отвергнута, если хотя бы одно из предположений противоречит уже известным фактам. Нет ли таких противоречий в «водной» гипотезе сопряжения? К сожалению, есть. В предложенной схеме дыхание образует, а фосфорилирование нивелирует, разность «концентраций воды». Чтобы такая система работала, мембрана должна быть непроницаемой для воды. Если мы не выполним этого условия, то избыток воды, образуемый слева от мембраны за счет дыхания, «утечет» на другую ее сторону, где воды меньше. В результате «концентрация воды» слева повысится без всякого фосфорилирования, и энергия будет безвозвратно потеряна.

Так вот, давно известно, что биологические мембраны проницаемы для воды. Они вообще не могут служить барьером для маленьких нейтральных молекул. Поэтому у мембран нет шансов удержать разность «концентраций воды», даже если дыхание ее образует. Умозрительное построение «водяной гипотезы» рушится!

Но может быть, из тех же блоков удастся построить что-нибудь более устойчивое?

Хемиосмотическая гипотеза

На чем же мы споткнулись? На том, что мембрана — негодный барьер для воды, продукта дыхания и фосфорилирования. Но из чего получится вода, например, при фосфорилировании? Из H^+ , отнятого от АДФ, и OH^- отнятого от фосфата. Так ведь H^+ и OH^- — заряженные частицы, ионы, а для ионов мембраны, как правило, практически непроницаемы!

Итак, первое, что нам требуется, это чтобы синтез АТФ давал не воду, а ионы H^+ и OH^- , разделенные мембраной.

Если бы теперь дыхание тоже образовывало не воду, а H^+ и OH^- , то можно было бы так расположить ферменты в мембране, чтобы при дыхании ион H^+ выделялся слева от мембраны, а при фосфорилировании — справа от нее. Тогда окажется, что дыхание образует слева от мембраны кислоту, справа — щелочь, а процесс фосфорилирования просто нейтрализует эту кислоту и щелочь.

Таким образом, реакция нейтрализации кислоты и щелочи, образованных дыханием, окажется движущей силой процесса синтеза АТФ, а разность концентраций водородных ионов — фактором, сопрягающим дыхание и фосфорилирование.

Чтобы завершить строительство «интеллектуального собора», остается лишь придумать, как заставить дыхание образовывать кислоту и щелочь.

Известно, что окисление субстратов дыхания кислородом катализируется дыхательными ферментами. Они бывают двух типов. Одни присоединяют атомы H , другие присоединяют электроны. Если окислить донор водорода (AH_2) ферментом — акцептором электронов (C), то одним из продуктов реакции окажутся ионы H^+ :



Если теперь восстановить кислород посредством Se^- , то получатся ионы OH^- :



По Митчелу, роль дыхания в синтезе АТФ ограничивается созданием избытка H^+

на одной стороне мембраны (на рис. 3 слева) по сравнению с другой ее стороной. Дыхание как бы сгущает, концентрирует иона H^+ в одном из двух отсеков системы, разделенных мембраной (реакция 1 на рис. 3). Иными словами, оно совершает осмотическую работу. Затем осмотическая энергия, накопленная в виде разности концентраций ионов H^+ между левым и правым отсеками, расходуется на химическую работу, т. е. на синтез АТФ (реакция 2).

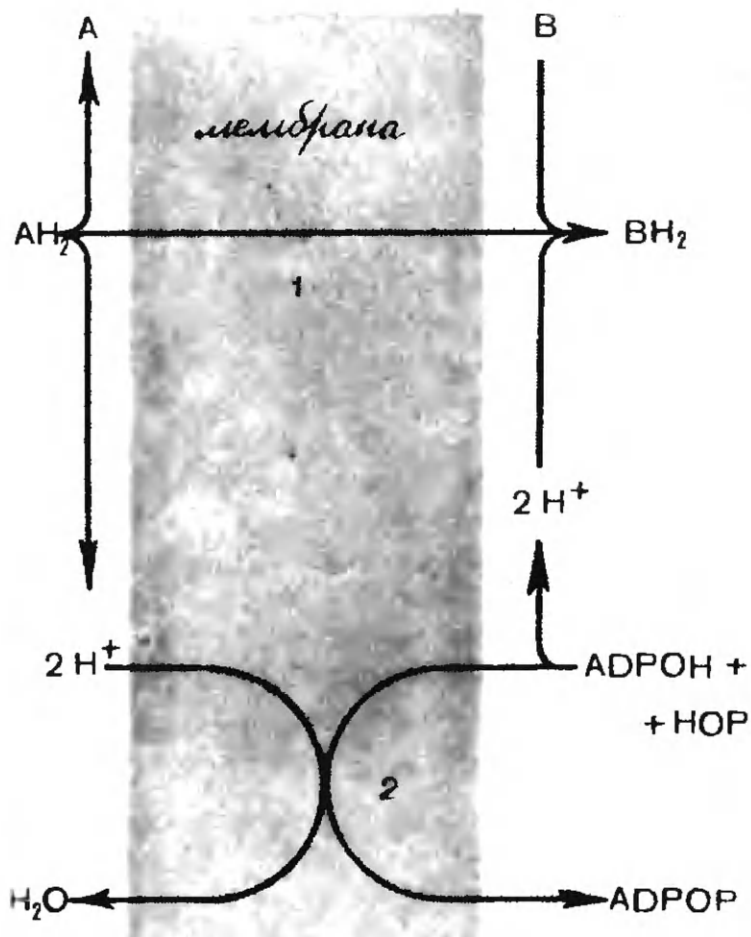


Рис. 3. Хемиосмотическая гипотеза Митчела. Окисление субстрата AN_2 (реакция 1) ферментом-акцептором электронов (не указан, чтобы не усложнять схему) происходит на левой поверхности мембраны. В результате электроны присоединяются к ферменту, а протоны уходят в воду. Затем электроны переносятся ферментом на правую сторону мембраны и там восстанавливают молекулярный кислород или какой-либо другой акцептор водорода (в общей форме обозначен буквой В). Вещество В, присоединив электроны, связывает ионы H^+ справа от мембраны, превращаясь в BH_2 . Синтез АТФ ($ADP + P$) — реакция 2 — происходит таким образом, что два иона H^+ отщепляются от АДФ ($ADP + HOP$) и фосфата (HOP) справа от мембраны, компенсируя потерю двух H^+ при восстановлении вещества В. Один из кислородных атомов фосфата переносится на другую сторону мембраны и, присоединив два иона H^+ из левого отсека, образует H_2O . Остаток фосфора присоединяется к АДФ, давая АТФ.

Вот почему Митчел назвал свою схему «хемиосмотической гипотезой». Она выгодно отличалась от старой, «химической» схемы, по крайней мере, в одном своем аспекте. Митчел обошелся без неуловимых промежуточных продуктов вроде AN_2 — фермент, А-фермент и А-фосфат. Ему вообще не нужны были какие-либо специальные продукты, общие для реакций дыхания и фосфорилирования. По Митчелу, свя-

зующим звеном двух процессов служат водородные ионы.

Итак, хемиосмотическая гипотеза была свободна от одного из недостатков старых схем. В то же время она объясняла два ранее непонятных момента: необходимость мембран и механизм действия веществ-разобщителей. Совершенно очевидно, что устройство, придуманное Митчелом, нуждается в двух пространствах, разделенных мембраной, непроницаемой для ионов H^+ и OH^- . Любое нарушение изолирующих свойств мембраны, например повышение ее проницаемости для H^+ , то есть протонной проводимости, должно подавлять процесс синтеза АТФ. Что касается дыхания, то при повышении проводимости оно ускорится, так как перенос электронов, уже не приводящий к накоплению энергии, «покатится под гору», превращая всю энергию дыхания в тепло.

Так ведь это же и есть разобщение дыхания и фосфорилирования: тот самый феномен, над объяснением которого бились авторы «химических» гипотез, заставляя динитрофенол уподобиться фосфату в реакции с ферментом!

Митчел обратил внимание на то, что все разобщители являются растворимыми в жирах слабыми кислотами, то есть, имеют в своем составе легко отщепляющийся протон. Так возникло предположение, что разобщители служат переносчиками протонов через мембрану: протонируются на той ее стороне, где дыхание создает избыток ионов H^+ затем диффундируют, неся лишний протон, через мембрану и освобождают H^+ в противоположном отсеке, где водородные ионы в дефиците.

Корни гипотезы

Пожалуй, только два факта (оба негативного свойства!) были положены Митчелом в основу его гипотезы в далеком уже 1961 г. Это – невозможность найти химические продукты, которые были бы общими для дыхания и фосфорилирования, и необъяснимость роли мембран и действия разобщителей в рамках традиционных представлений, почерпнутых из аналогий с брожением.

Однако было бы ошибочным полагать, что хемиосмотическая гипотеза возникла совсем уж на пустом месте. Еще в 1939 г. Г. Лундегард писал о возможности образования кислоты и щелочи мембранными окислительными ферментами. Лундегард был первым, кто «уложил» дыхательный фермент поперек мембраны, увидев в этом механизм концентрирования ионов. В сороковые годы эту идею подхватили И. Дж. Конвей и Т. К. Брэйдс, а в начале пятидесятых – Р. И. Дэви, А. Г. Огстон и Г. Кребс.

Выдвинув гипотезу о разделении H^+ и OH^- при синтезе АТФ, Митчел заполнил недостающее звено, замкнул «протонный цикл» и объяснил природу сопряжения между дыханием и фосфорилированием.

В 1961 г. схема Митчела в краткой форме была тотчас напечатана журналом «Nature» (трудности с публикациями возникнут позже!). Новую концепцию восприняли первоначально как еще одно умозрительное предположение в длинном ряду биоэнергетических гипотез. В начале шестидесятых годов была большая мода на эти гипотезы. Поскольку речь шла о главных системах энергообеспечения живых клеток, ясно было, что победителя ждет хороший приз, и каждый из уважающих себя биоэнергетиков спешил выдвинуть свою собственную схему энергетического сопряжения. Гипотезы возникали и, не выдержав испытания опытом, гибли, чтобы уступить место новым предположениям.

Некоторые из них казались столь фантастичными, что не удостоивались проверки – никто не спешил вкусить сомнительного вида плод. Это случалось, прежде всего, тогда, когда сам автор гипотезы не делал попытки проверить предсказательную силу своих постулатов. Поначалу казалось, что такая судьба уготована и хемиосмотической теории. Шел год за годом, а Митчел все молчал. Прошел даже слух, что он вовсе удалился от дел.

Глинн хауз. Ослы и дети

Митчел действительно не ставил опытов по проверке своей концепции. Вскоре после первой публикации гипотезы он тяжело заболел и решил оставить работу в университете, с начальством которого у него всегда были нелады. Он покинул Эдинбург и на деньги, только что полученные по наследству, купил ферму на самом юге Англии, в медвежьем (по английским понятиям) углу, в нескольких милях от маленького городка Бодмин, графство Корнуэлл. Это места, известные нам по Конан Дойлю («Собака Баскервиль»), точнее чуть южнее тех мрачных болот, где произошли захватывающие события с участием Шерлока Холмса. Научных учреждений в этих краях нет, зато сохранились легенды о пиратах, избравших окрестности Бодмина местом своего последнего прибежища на английских островах. Прежний владелец фермы, получив от Митчела причитающуюся ему сумму, поспешил удалиться, оставив Митчелу стадо коров, которых доктор философии вынужден был доить собственноручно, чтобы предотвратить их страдания.

На территории фермы находились развалины старинного дома, принадлежавшего во времена наполеоновских войн британскому адмиралу. Как показали раскопки, под адмиральским домом были погребены еще более древние развалины каменного строения, где жило когда-то семейство некоего Глинна, начавшего платить подать королю чуть ли не тысячу лет тому назад.

Митчел решил восстановить дом адмирала, а заодно и дом Глинна, заключенный в его недрах. Были приглашены архитектор и бригадир строителей, с которыми Митчел немедленно рассорился. Других в Бодмине достать было непросто, и хозяин решил сам взяться за постройку. Он нанял двух каменщиков. «Чудесные простые люди, — рассказывал мне Митчел, — жаль только, что один из них совершенно неожиданно оказался беглым каторжником, осужденным за убийство!»

После того как полиция заинтересовалась одним из новых его коллег, Митчелу пришлось сколачивать другую артель. Эта задача была не без труда решена, и на склоне холма у живописной речки Фой стали помаленьку вырисовываться очертания двухэтажного дома с дорическими колоннами вдоль фасада. Здоровье Митчела пошло на поправку. Причиной тому была смена занятий, образа жизни и климата, а также, по-видимому, аскорбиновая кислота, которую Митчел принимал в огромных количествах, следуя рецепту Лайнуса Полинга (довольно редкий случай, когда один нобелевский лауреат по химии излечил другого, будущего нобелевского лауреата по химии).

Обосновавшись на новом месте и выздоровев, Митчел завел двух ослов — животных, которые, как он мне однажды признался, вызывают у него наибольшую симпатию. Других ослов в графстве Корнуэлл не было. По утрам Митчел запрягал одного из них в коляску и вез своих многочисленных детей в школу («чтобы школа, как говорил Митчел, не вызвала у детей слишком уж большой неприязни»). Затем Митчел отправлялся на ферму (в его руках она оказалась выгодным предприятием) или разъезжал по окрестностям в поисках развалившихся замков. Их восстановление стало новой страстью Митчела. Вплоть до недавнего времени он посвящал один день в неделю архитектурному надзору за возрождением какого-либо утраченного шедевра старинной архитектуры в Корнуэлле.

«Глинновские лаборатории»

Мир в Глинн Хаузе был взорван, когда однажды Митчел решил просмотреть пачку научных журналов за последние два-три года. С надеждой на нежданную радость он листал страницы многочисленных статей по биоэнергетике. Что случилось с его гипотезой? Быть может, получены факты, ее подтверждающие? Или она опровергну-

та? Нет, хуже. Она — не замечена.

Ах, так! Митчел немедленно берется за организацию лаборатории, чтобы поставить опыты и проверить свою догадку. Он сразу же отказывается от мысли вернуться в Эдинбург или любой другой город. Хватит с него тамошнего начальства и воздуха, отравленного автомобилями (еще один штрих к портрету: Митчел с одним из сыновей конструировал электромобиль). Лаборатория должна быть здесь, в Глинн Хаузе. Это будет его собственная лаборатория, предприятие, независимое от всякой научной и ненаучной бюрократии. А деньги? Что же, можно построить коттеджи и сдавать их дачникам. Кроме того, есть еще и доход от фермы! Но захочет ли кто-нибудь поехать в такую глушь, чтобы помочь ему в его экспериментах? Посмотрим, не откликнется ли «старая гвардия», сотрудники его давно распавшейся группы в Эдинбурге.

Откликнулась Дженнифер Мойл. Пройдет несколько лет, и это имя прославится среди биоэнергетиков, но пока Мойл — безвестный и единственный соратник Митчела в его начинании. Нет слов, как благодарен ей Митчел. И во вновь основанном научном предприятии под громким названием «Глинновские лаборатории для стимулирования фундаментальных биологических исследований» Митчел решает иметь двух директоров: это Мойл и он сам. Не беда, что директоров двое, а в их подчинении только один лаборант. Самоотверженность должна быть вознаграждена, и немедленно! Так Дженнифер стала директором.

Для лаборатории, размещенной в нескольких комнатах на первом этаже Глинн Хауза, Митчел закупил самое необходимое — центрифугу, рН-метр, полярограф, счетчик изотопов, реактивы. И начались опыты.



Питер Митчел (Peter D. Mitchell) и Дженнифер Мойл (Jennifer Moyle)

Первые опыты Митчела и Мойл

Митчел взялся за то, что было доступно при его более чем скромном оборудовании, и мягко говоря, не совсем укомплектованном штате.

Гипотеза предсказывала, что дыхание должно образовывать по одну сторону от мембраны кислоту, а по другую — щелочь. Так давайте в процессе дыхания мерить кислотность среды, благо для этого ничего, кроме рН-метра, не требуется.

Из печени белых крыс выделяли митохондрии, помещали их в бескислородные условия, а затем начинали реакцию окисления добавкой кислорода. Не изменится ли кислотность среды, где инкубируются митохондрии?

Первые опыты — первые неудачи. Но может быть, рН-метр слишком груб, чтобы почувствовать небольшие сдвиги в концентрации H^+ ионов? Митчел становится стеклодувом и конструирует изящную ячейку совсем маленького объема и очень чувствительный рН-электрод.

Вновь опыт с добавкой кислорода... Есть! Прибор регистрирует изменение рН. Среда закисляется, как если бы пространство по наружную сторону от мембраны митохондрий соответствовало левому отсеку на схеме Митчела.

А что если добавить вместо кислорода АТФ? Снова закисление! Именно этого можно было бы ожидать, если бы АТФ расщеплялся той системой, которая в присутствии кислорода синтезирует АТФ.

Митчел и Мойл направляют в «Nature» краткое сообщение, заключив, что их опыты подтверждают хемиосмотическую гипотезу.

«Варшавская битва». Поражение

Апрель 1966 г. Варшава. Европейский съезд биохимиков. Англичанин Брайан Чэпел рассказывает о своих опытах с фосфолипидными мицеллами — полыми внутри сферическими частицами, стенка которых сделана из жироподобных веществ, полученных из биомембран. Оказывается, что мицеллы отвечают на добавки веществ-разобщителей и антибиотика валиномицина точно такими же изменениями концентрации ионов, как митохондрии в опытах Митчела и Мойл. Стало быть, разобщители и валиномицин атакуют липидный компонент системы, а не белки-ферменты: в мицеллах ферментов просто нет. Напомним, что сторонники «химических» схем сопряжения считали именно ферменты мишенью действия разобщителей. Казалось бы, новое подтверждение гипотезы Митчела? Однако Чэпел пока уклоняется от такого вывода.

После съезда Э. Слейтер и Л. Войчак собирают семинар. Присутствует узкий круг специалистов-биоэнергетиков.

Среди них (впервые!) Митчел. Более того, ему оказана честь председательствовать на одном из заседаний.

Митчел использует свое вводное слово председателя, чтобы изложить хемиосмотическую концепцию. В поддержку гипотезы Митчел приводит полученные с Дж. Мойл данные опытов на рН-метре. Встает Бриттон Чане: «А что будет, если в вашем, доктор Митчел, опыте добавить комплексон на ион кальция?». Митчел: «Я так полагаю, что ничего особенного не случится». Чане: «Мы добавили комплексон, и все ваши изменения кислотности исчезли!...»

С Митчелом я впервые познакомился в Варшаве, Чанса знал уже лет пять, с Московского международного конгресса биохимиков. Двое спорящих являли собой разительный контраст: англичанин Митчел — чуть сутулый, с крупной головой и высоким лбом, редкеющей шевелюрой чуть вьющихся, с сединой волос, вспыльчивый и добродушный, как мистер Пиквик, и Чанс, стройный, подтянутый американец с прямыми, гладко зачесанными назад волосами и жестким взглядом «морского волка» (в свои 54 года он стал чемпионом мира по парусным гонкам). Чанс старше Митчела на восемь лет, но он кажется моложе своего противника, динамичнее и гораздо приспособленней к спору. Вслед за Чансом Митчела атакуют другие участники семинара. А что же Чэпел? Он молчит... Я прошу у Митчела слова. Но тот забыл о своих функциях председателя, смешался и потерял контроль над собранием. Вновь говорит Чанс. Его слова — как приговор несостоявшейся теории: «Идея фантастична, результаты опытов неясны!».

У меня сохранилась фотография: Митчел за кофе в перерыве между заседаниями, сразу после поражения. Рядом — Чэпел. Митчел что-то доказывает своему собеседнику. Тот, отвернувшись, всем своим видом демонстрирует сомнение.



П. Митчел (в центре) и Б. Чэпел (слева) в перерыве между заседаниями семинара по биоэнергетике в Варшаве. 1966 г.

Первая «Серая книга»

Вернувшись в тишину своего Глинн Хауза, Митчел повторил опыт Чанса. Напрасно Дженнифер вглядывалась в показания рН-метра: кислород не вызывал закисления, если в среде был комплексон, связывавший кальций. Так что же, Чанс был прав там, в Варшаве? В этом конкретном опыте — да.

Такую гипотезу, как схема Митчела, нельзя доказать, имея в руках один рН-метр. Но ее нельзя и опровергнуть столь простым способом!

А все-таки при чем тут кальций? Насколько велико в действительности должно быть закисление, если работает дыхательная цепь, закрепленная поперек митохондриальной мембраны?

Митчел садится за письменный стол, а опыты временно препоручает своей верной Дженнифер Мойл и лаборанту.

Временно? Нет, навсегда. Отныне Митчел уже, как правило, не участвует в опытах лично. Митчел пишет книгу. Свою первую книгу с подробным изложением хемиосмотической теории.

Собственно, книга была начата еще до Варшавы. Но в окончательном виде она была готова лишь к концу мая 1966 г. Не рассчитывая найти сколько-нибудь серьезное издательство, которое решилось бы на публикацию развернутого описания только что отвергнутой публично гипотезы, Митчел напечатал книгу сам, на роталпринте. Так появилась на свет брошюра в сером картонном переплете, на котором значилось: «Хемиосмотическое сопряжение в окислительном и фотосинтетическом фосфорилировании». Книга была разослана участникам варшавской дискуссии. В конце того же 1966 года Митчела поддержала его Alma Mater — Кембридж-

ский университет, где согласились опубликовать сокращенный вариант «серой книги» в «Biological Reviews».

В своей книге, ныне одной из самых широко цитируемых работ по биоэнергетике, Митчел рассмотрел механизмы реакций, которые могли бы сопровождаться переносом протонов и электронов через мембраны. Там же содержался ответ на конкретный вопрос, в какой степени среда инкубации с митохондриями должна закисляться при добавлении кислорода. Расчет дал курьезный результат: оказалось, что Митчел и Мойл не могли увидеть закисления среды в своих опытах 1965 года, если бы это закисление было обусловлено одним только переносом электронов через митохондриальную мембрану (реакция 1 на рис. 3).

Дело в том, что перенос заряженной частицы (например, электрона) поперек мембраны должен создавать разность электрических потенциалов (ее обозначают $\Delta\psi$) между двумя разделенными мембраной отсеками. Если субстрат АН_2 окисляется таким образом, что ионы H^+ остаются снаружи митохондрии, а электроны транспортируются внутрь, то внутренность митохондрий зарядится отрицательно, а внешний объем — положительно. Величина $\Delta\psi$ будет тем больше, чем большее число электронов пересечет мембрану. Но $\Delta\psi$ не может возражать беспредельно. Чем выше величина отрицательного заряда внутри митохондрий, тем труднее двигаться через мембрану. В какой-то момент перенос электронов остановится, и окисление вещества АН_2 прекратится. Это случится тогда, когда выигрыш в энергии при реакции окисления АН_2 посредством В окажется недостаточным, чтобы покрыть энергетический дефицит, возникающий при переносе электронов через мембрану — от плюса к минусу. Именно в этот момент дальнейшая зарядка электрической емкости мембраны станет невозможной.

Сопоставляя электрическую емкость мембраны и энергетический выход окислительной реакции, Митчел заключил, что емкость зарядится так быстро, что кислотность снаружи митохондрий еще не успеет измениться сколько-нибудь заметным образом.

Не подрывает ли этот расчет хемиосмотическую гипотезу? Ведь мы говорили все время о разности pH, нейтрализации кислоты и щелочи и т. д. Оказывается, нет. Обратимся еще раз к схеме Митчела. Реакция 2, то есть синтез АТФ, рождает положительные заряды (H^+) справа от мембраны (например, во внутреннем пространстве митохондрий, то есть в отсеке, заряжающемся за счет дыхания отрицательно). Та же реакция 2 приводит к уменьшению количества положительных зарядов (H^+) слева от мембраны, то есть там, где дыхание создает знак «плюс». Таким образом, синтез АТФ нейтрализует работу дыхательной системы, не только поставляя кислоту в защелачивающийся дыханием внутренний отсек митохондрии, но и образуя в этом отсеке положительные заряды. Тем самым дыхание может служить движущей силой для процесса фосфорилирования, даже не образуя сколько-нибудь заметной разности концентраций водородных ионов. Достаточно создания $\Delta\psi$. Но что же в таком случае измеряли Митчел и Мойл в своих первых опытах? Откуда взялось закисление и что за магический эффект комплексона?

Если закисление действительно было связано с работой дыхательных ферментов, то в условиях опыта электрическая емкость мембраны не ограничивала движение потока электронов внутрь митохондрий.

Что если вслед за электроном в митохондрию проникал какой-нибудь катион, например, Ca^{2+} ? В своих опытах Митчел и Мойл не добавляли ионов Ca^{2+} , но специально и не освобождались от них. Источником Ca^{2+} могли быть реактивы, да и сами митохондрии. Но если все обстоит именно так, то давайте добавим кальций, и закисление должно возрасти... Митчел попросил свою сотрудницу поставить этот опыт. Закисление резко увеличилось!

Таков был ответ Чансу. Но еще не доказательство гипотезы, скорее свидетельство ее непотопляемости теми средствами, которые употребил в Варшаве знаменитый яхтсмен.

Мое знакомство с хемиосмотической теорией произошло задолго до встречи с ее автором в 1966 г. Уже первая публикация Митчела в «Nature» показалась мне созвучной работам, которые я вел на кафедре биохимии МГУ у Сергея Евгеньевича Северина и Нины Павловны Мешковой.

В то время мы с С. П. Масловым стригли голубей. А что поделаешь, если голуби отказывались снижать свою температуру тела в холодильнике при -20° , даже если внутри работал вентилятор?

Нас интересовало, всегда ли дыхание *in vivo* сопряжено с фосфорилированием, или в отличие от брожения оно может идти в организме также и без синтеза АТФ, на холостом ходу.

В опытах с митохондриями *in vitro* мы получили свидетельства в пользу этой второй возможности, и вот теперь шел поиск модели, где холостое (или, как мы его называли, нефосфорилирующее) дыхание было бы наиболее активно.

Мы рассуждали просто: если нефосфорилирующее дыхание возможно *in vivo*, то организм должен активировать его в условиях, когда тепло нужнее, чем АТФ. Давайте поставим животное на грань замерзания и посмотрим, не пустит ли оно свое дыхание по нефосфорилирующему пути. Если даже в таких крайних условиях ничего подобного не случится, значит, гипотеза ошибочна и животное не умеет отключать дыхание от фосфорилирования.

Мне не приходилось видеть ничего более жалкого, чем голубь без перьев. Дрожащий, иссиня-красный комочек, стыдливо переминающийся с ноги на ногу и поглядывающий с укоризной на своих мучителей. Нет, такой не вынесет двадцатиградусного мороза с ветром!

Спустя полчаса после начала охлаждения мы вынули из холодильника полумертвую птицу с температурой тела около 30° вместо нормальной для голубя $41,5^{\circ}$. Измерили дыхание и синтез АТФ в мышечных митохондриях. Оба показателя были близки к норме. Дыхание по-прежнему сопровождалось синтезом АТФ. Да, видно, не умеет голубь разобщать дыхательное фосфорилирование... А может быть, умеет, да не успевает за те полчаса, которые длится наш жестокий опыт? Продлить опыт невозможно; несчастное животное просто умрет. Единственный выход — повторить охлаждение, дав голубю какое-то время на передышку.

Поведение голубя при повторном охлаждении на следующий день разительно отличалось от той трагической картины, что мы видели накануне. Снизив свою температуру на два-три градуса, голубь умудрился каким-то образом остановить дальнейшее остывание тела. Через три часа после начала охлаждения, заглянув в очередной раз в холодильник, мы обнаружили, что голубь ведет себя вполне бодро и как-то даже агрессивно поглядывает на нас из своего ледяного плена. Ну, а как там его митохондрии? Есть разобщение! Дыхание отключилось от синтеза АТФ. Энергия больше не накапливалась, а тотчас превращалась в тепло.

Потом такой же опыт был проделан на мышах, и вновь при повторном охлаждении наблюдалось разобщение дыхания и фосфорилирования. Охлаждаясь впервые, мыши, как и голуби, не успевали (в наших суровых условиях опыта) отключить синтез АТФ и гибли, если охлаждение не прекращалось. Им удалось продлить жизнь инъекцией искусственного разобщителя — динитрофенола.

Итак, нефосфорилирующее дыхание существует и может активироваться в организме, например для срочной выработки тепла. Но как должно быть устроено сопряжение дыхания и фосфорилирования, чтобы обеспечить возможность разобщения этих процессов? Вот вопрос, который мы задавали себе в 1959 году после опытов с охлаждением животных.

Гипотеза Митчела появилась как нельзя кстати. Она давала простой ответ на наш вопрос. Дыхание образует избыток положительных зарядов и кислоту (H^{+}) по

одну сторону мембраны митохондрии, а при синтезе АТФ эти избыточные ионы водорода потребляются. Достаточно повысить проницаемость мембраны для протонов, как $\Delta\psi$ и разность рН исчезнут без всякого синтеза АТФ, дыхание пойдет без фосфорилирования, а вся энергия окислительных реакций превратится в тепло.

Впоследствии оказалось, что в разобщении на холоду замешаны свободные жирные кислоты, которые действительно повышают протонную проводимость мембраны. Но это уже следующая история.

Протонофоры

В 1966 г. сотрудник института биофизики Е. А. Либерман задался целью получить искусственные мембраны с такими же электрическими характеристиками, что и мембраны биологические. Он добавлял к фосфолипидам, из которых образовывали искусственные мембраны, различные вещества и смотрел, не снизится ли сопротивление до величин, характерных для внешней мембраны нейрона, популярного объекта электрофизиологических исследований. Одним из веществ, снижающих сопротивление, оказались жирные кислоты. Именно эти вещества, как нам казалось, могут играть роль природных разобщителей.

В том же году А. Л. Ленинджер, известный биоэнергетик и автор самого знаменитого учебника по биохимии, поставил вместе с Дж. Билавским и Т. Э. Томпсоном опыт с динитрофенолом на искусственной мембране. Как и у Е. А. Либермана, это была так называемая черная мембрана из фосфолипидов (черная — значит такая тонкая, что уже не преломляет световых лучей, будучи в поперечнике меньше длины волны видимого света). Мембрана закрывала небольшое отверстие в тефлоновой перегородке, разделяющей кювету на два отсека. В каждый из отсеков погружено по электроду, между ними — вольтметр. В этой простой системе легко измерить сопротивление черной мембраны. Так вот, оказалось, что добавка динитрофенола в оба отсека кюветы или даже в один из них заметно снижает сопротивление мембраны.

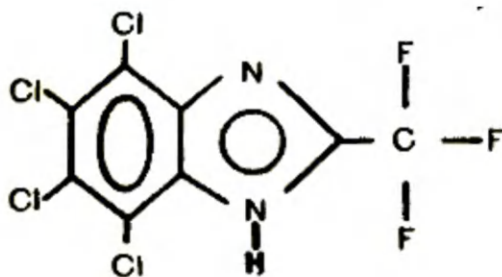
Сопоставив эти два наблюдения, — одно сделанное в Пущино и другое — в Балтиморе, — с результатами Чэпела на фосфолипидных мицеллах, я решил, что перед нами прекрасная модель для проверки важнейшего постулата хемиосмотической теории, а именно концепции разобщителей как переносчиков водородных ионов.

Как-то поздно вечером, возвращаясь из МГУ с биологического семинара И. М. Гельфанда вместе с Е. А. Либерманом, я предложил ему взять несколько разобщителей и проверить их действие на сопротивление черных мембран. Ефим Арсеньевич немедленно согласился, заметив с воодушевлением, что это будет первый его опыт, где в равной степени окажется интересным как положительный, так и отрицательный результат.

Сначала Е. А. Либерман испытал два вещества, в сто раз отличавшиеся по разобщающей активности: слабый разобщитель динитрофенол и сильный — тетрахлортрифторметилбензимидазол (ТТФБ). Добавка динитрофенола снижала сопротивление мембраны, что уже не было новостью после опытов Ленинджера. А как поведет себя ТТФБ? Первое впечатление было, что от капли этого вещества мембрана просто лопнула. Но нет, мембрана-то есть, а вот ее сопротивление — оно катастрофически снизилось.

Измерение показало, что ТТФБ примерно в сто раз сильнее снижает сопротивление черной мембраны, чем динитрофенол.

Из 16 атомов, образующих молекулу ТТФБ, только один — атом водорода. Если ТТФБ — переносчик водородных ионов, то можно было бы думать, что замещение этого единственного водорода (кстати, легко диссоциирующего) должно лишить вещество его способности разобщать дыхание и фосфорилирование и понижать сопротивление черной мембраны. Опыт подтвердил и это предположение.



Тетрахлортрифторметилбензимидазол (ТТФБ) .

Затем был взят еще десяток разобщителей, и всюду наблюдалась корреляция между эффектами на митохондриях и искусственных мембранах. Более того, удалось предсказать наличие разобщающей способности у веществ, ранее не подозревавшихся в этом качестве. Если выяснялось, что то или иное вещество создает протонную проводимость в черных мембранах, то можно было не сомневаться, что оно разобщит дыхание и фосфорилирование в последующем опыте с митохондриями. Это правило не знало исключений.

Так был сделан вывод о справедливости предположения Митчела, касающегося природы феномена разобщения.

Вещества, повышающие протонную проводимость искусственных и биологических мембран, я окрестил «протонофорами».

Красные флажки на карте

Работа по протонофорам вызвала ожесточенные споры, которые теперь, спустя много лет, кажутся уже не слишком интересными. Важно было, что опыты оказались достаточно простыми, чтобы их воспроизвел любой биофизик, способный «повесить» черную мембрану на отверстие в тефлоновой перегородке. Вскоре термин «протонофор» замелькал на страницах научных статей, и изучение протонофоров стало новым направлением мембранологии.

Митчел воспринял приятную для себя новость по-своему. Он завел большую географическую карту мира и воткнул в Москву красный флажок.

Когда в 1975 г. сотрудник нашей лаборатории И. А. Козлов посетил Митчела в Глинн Хаузе, он обнаружил, что вся карта была усеяна красными флажками — так Митчел отмечал места, откуда приходили вести о подтверждении хемиосмотической теории.

Но в 1967 г., о котором сейчас у нас идет речь, до победы было еще далеко. Не утихали схоластические споры вокруг бесчисленных гипотез энергетического сопряжения, причем каждый из авторов тшился защитить свое детище от нападков, забывая о том, что в науке важно не кто первый, а кто правый. Если автор получал результат, противоречащий его концепции, но подтверждающий гипотезу Митчела, то он принимался перекраивать свою концепцию вместо того, чтобы идти вперед, следуя за опытом, а не за мертвой схемой «бумажной биохимии».

Еще в 1964 году американцы Сирил Мур и Бертон Прессман описали интереснейшее явление: повышение калиевой проводимости мембраны митохондрий под действием валиномицина. Оказалось, что в присутствии этого антибиотика митохондрии начинают жадно поглощать калий в ответ на включение дыхания. Такой факт хорошо согласовался с идеями Митчела. Ведь если дыхание создает разность потенциалов со знаком «минус» внутри митохондрий, то K^+ должен идти внутрь этих органелл, к минусу, как только повысится их калиевая проводимость. Однако сами авторы вместо этого естественного (теперь!) объяснения придумали сложней-

шую схему, чтобы как-то увязать свои результаты с химической гипотезой. Они еще долго потом держались за свою точку зрения, хотя уже в 1967 г. А. А. Лев в СССР и независимо П. Мюллер в США показали, что валиномицин создает специфическую калиевую проводимость в черных мембранах. В 1967 г. Митчел и Мойл использовали открытия Мура, Прессмана, Льва и Мюллера, добавив валиномицин и K^+ вместо Ca^{2+} в своих опытах с митохондриями на рН-метре. Предсказание гипотезы состояло в том, что ионы K^+ в этих условиях будут способствовать закислению среды при добавке кислорода, подобно тому как это делают ионы Ca^{2+} . Опыты полностью подтвердили такое предположение.

Ион K^+ оказался удобнее, чем Ca^{2+} . В отличие от Ca^{2+} калий не связывается с содержимым митохондрий и не повреждает органелл, даже если накапливается там в достаточно больших концентрациях. Именно это обстоятельство позволило Митчелу и Мойл определить величину разности потенциалов ($\Delta\Psi$) на мембране дышащих митохондрий. Удалось измерить также и разность концентраций ионов H^+ между митохондриями и средой, сокращенно ΔpH .

Зная $\Delta\Psi$ и ΔpH , Митчел подсчитал общую величину «протондвижущей силы», т. е. потенциальной энергии ионов H^+ , выделяющихся из митохондрии при дыхании и «стремящихся» вернуться назад, внутрь митохондрий, туда, где создалась нехватка положительных зарядов и более щелочная среда. Протондвижущая сила, или разность электрохимических потенциалов водородных ионов (сокращенно $\Delta\mu H$ — вспомним этот символ), оказалась порядка четверти вольта, причем около 0,2 В составляла $\Delta\Psi$, а остальные 0,05 В — ΔpH .

Величина $\Delta\mu H$ около 0,25 В соответствовала тому энергетическому дефициту, который необходимо было покрыть при синтезе АТФ из АДФ и фосфата, если принять, что на каждую синтезированную молекулу АТФ внутрь митохондрий возвращаются два иона H^+ .

Такое количественное соответствие не могло быть простой случайностью и явилось сильным доводом в пользу хемиосмотической гипотезы.



П. Митчел (слева) и Б. Чанс на приеме по случаю VIII Международного биохимического конгресса. Люцерн, 1970 г.

Однако оппоненты Митчела поставили под сомнение правомочность исходной предпосылки всей этой серии опытов. Где гарантия, говорили они, что валиномицин прошивает мембрану митохондрий насквозь, а не открывает ионам калия доступ к некой K^+ -АТФазе, которая и транспортирует K^+ внутрь митохондрий? К тому времени уже была описана Na^+ , K^+ -АТФаза во внешней мембране животных клеток, и этот фермент действительно переносил K^+ за счет энергии гидролиза АТФ.

Митчелу нечего было возразить, но в душе он уже уверовал в свою правоту. Я помню его доклад в 1968 г. на очередном европейском биохимическом съезде в Праге. Он вышел на трибуну в помятом дорожном пиджаке и принялся рассказывать, мягко ступая, по сцене, победоносно поглядывая в зал поверх стекол очков желтыми, немного кошачьими глазами. Время от времени он подходил к доске, и склонив набок крупную голову, рисовал по памяти графики опытов. Ему не смогла испортить настроения даже пропажа чемодана со всеми слайдами и парадным костюмом.

Питер Хинкль, вскоре после этого приехавший к Митчелу поработать, говорил мне, что он никогда не видел такого счастливого человека, как Митчел, и такой счастливой семьи, как обитатели Глинн Хауза. К этому периоду относится фотография, сделанная в Швейцарии, в Люцерне, на банкете после окончания международного биохимического конгресса. Рядом с Митчелом — «капитан» Чанс.

Митчел пишет вторую «серую книгу» и вновь издает ее на свой страх и риск. Вскоре ее публикуют полностью в международном журнале по биофизике в виде одной огромной статьи.

Конформационная гипотеза

Тем не менее борьба еще не окончена, и не только из-за K^+ -АТФазы. Появляется на свет божий новая, так называемая конформационная гипотеза сопряжения. Она пытается избавиться от наиболее вопиющих недостатков химической схемы, не прибегая к $\Delta\mu H$. Автор конформационной концепции, американский биохимик П. Бойер, сразу же отказался от аналогий с брожением. Он не признавал мифических промежуточных продуктов вроде фосфорилированных ферментов дыхания. Предполагалось вместо этого, что перенос электронов дыхательным ферментом создает некую напряженную конформацию этого фермента. Затем «конформационная энергия» передается АТФ-синтетазе, образующей прочный комплекс с дыхательным ферментом. Релаксация (расслабление) напряженной АТФ-синтетазы ведет к синтезу АТФ.

Напряженная конформация, расслабление... Это все было взято из энергетики мышечного сокращения. Если химическая схема уподобляла систему дыхательного фосфорилирования брожению, то конформационная брала в основу биохимию белков мышц, которыми долгие годы занимался Бойер.

Две концепции — K^+ -АТФазы и конформационного сопряжения — были противопоставлены хемиосмотической гипотезе на рубеже шестидесятых и семидесятых годов. Вокруг этих концепций дружно сплотились бывшие сторонники химической гипотезы, чтобы «противостоять протондвижущей силе». Тогда их было еще большинство. Но с каждым годом все прибавлялись имена сторонников Митчела, множились красные флажки на карте в Глинн Хаузе.

Ягендорф, Витт, Булычев и другие

Корнелльский университет в городе Итаке (штат Нью-Йорк), как мне объяснили по приезду в этот симпатичный городок на севере США, специализируется в подготовке ветеринаров и управляющих отелями. Не знаю уж, кому из них более интересен фотосинтез: ветеринарам, чьи подопечные нагуливают молоко, поедая

продукты фотосинтеза, или управляющим, которым приходится следить, помимо прочего, за пальмами в гостиничных холлах.

Так или иначе, в Корнелльском университете работал некто А. Т. Ягендорф, специалист по фотофосфорилированию в хлоропластах. С целью, весьма далекой от обсуждаемых здесь вещей и сейчас несущественной, он поместил хлоропласты сначала в кислую, а потом в щелочную среду, измеряя при этом количество АТФ. Все манипуляции производились в темноте.

Оказалось, что такая процедура ведет к синтезу АТФ, как если бы мы на минутку включили свет. Удивительно? Система фотофосфорилирования работает без света? А почему бы и нет, если, по Митчелу, вся роль света в синтезе АТФ — это запустить перенос электронов поперек мембраны, чтобы образовать разность электрических потенциалов или ΔpH между внутри- и внехлоропластным пространствами. Перенеся хлоропласты из кислой среды в щелочную, мы, так сказать, своими руками создадим нужную разность концентраций водородных ионов, т. е. ΔpH , которая будет поддерживать какое-то время синтез АТФ без всякого света. Городу Итаке — красный флажок!

Университет в Западном Берлине. Лаборатория профессора Х. Т. Витта. Исследуется электрохромный эффект Штарка: способность некоторых красителей менять свой спектр при помещении в сильное электрическое поле. Оказывается, пленки, приготовленные из смеси определенных пигментов хлоропластов, демонстрируют электрохромизм. Интересно, конечно, но какое это имеет отношение к делу? Самое прямое. Освещение хлоропластов вызывает спектральный сдвиг, подобный эффекту Штарка. Так может быть, свет создает электрическое поле на хлоропластной мембране, где как раз и находятся исследованные Виттом пигменты? Тщательный анализ свидетельствует в пользу этого предположения. Еще один флажок на карте...

А. А. Булычев, В. К. Андрианов, Г. А. Курелла и Ф. Ф. Литвин, сотрудники биофака МГУ, ставят опыты на растениях с очень крупными хлоропластами. В один из хлоропластов удастся ввести микроэлектрод. Освещение вызывает образование разности потенциалов между хлоропластом и цитоплазмой клетки, куда введен другой электрод. Рука Митчела тянется к красному флажку. Напрасно. Над Москвой красный флажок уже есть.

«Кислые и щелочные едкости»

Но не думайте, что в Москве все идет так уж гладко. Когда я впервые рассказывал о хемиосмотической гипотезе на одной из всесоюзных конференций, то председательствующий быстро погасил мой пыл. Гипотеза, как было сказано, напомнила ему двадцатые годы, когда все химические события в организме объясняли изменением баланса «кислых и щелочных едкостей». Шутка имела большой успех у аудитории.

На Международном ботаническом конгрессе, проходившем в нашей стране, Д. С. Чернавский выступил с заявлением о совершенной невозможности существования хемиосмотического механизма из сугубо теоретических соображений. Он говорил по-русски, а перевода не было, так что один мой знакомый англичанин из всего выступления Чернавского понял только одно слово «Митчел», повторявшееся множество раз. «Как все же у вас поддерживают Митчела!» — сказал мне потом англичанин.

«Чудо-ионы»

После опытов с протонофорами мы взялись за проверку следующего постулата

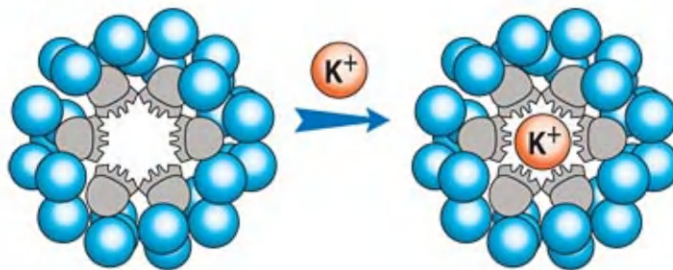
хемиосмотической гипотезы, а именно ее, так сказать, «электрической части».

Митохондрия или хлоропласт – сложная штука, целое натуральное хозяйство внутри клетки. Может быть, когда-то это была самостоятельная клетка микроба, вступившего на путь симбиоза с более крупным хозяином. В митохондриях и хлоропластах есть множество ферментов, в том числе неизученных. Может случиться, что среди них скрывается и K^+ -АТФаза. Поэтому далеко не безопасно мерить разность электрических потенциалов ($\Delta\Psi$), используя природные ионы типа K^+ , как это сделал Митчел. Лучше бы взять ион искусственный, синтетический, не похожий ни на кого из своих природных собратьев. Но будет ли чужеродный ион проникать через митохондриальную мембрану? К сожалению, скорее всего – нет. Чтобы удерживать образуемую дыханием $\Delta\Psi$, мембрана должна не пропускать ионы, иначе $\Delta\Psi$ разрядится. Только очень узкий круг вполне определенных, «избранных» природных ионов имеет возможность пройти через мембрану митохондрий. Среди них – ион Ca^{2+} , который избирательно накапливается в митохондриях при участии особого переносчика, локализованного в митохондриальной мембране. Но ион Ca^{2+} не годится по той же причине, что и K^+ (а вдруг в митохондриях есть кальциевая АТФаза, подобная, к примеру, той которую обнаружили в некоторых других типах мембран!).

Давайте подумаем, почему ионы не проходят через мембрану в отсутствие веществ-переносчиков или специальных ионных каналов.

Все природные мембраны сделаны из жиров и «жирных» белков (то есть полипептидных цепей с высоким содержанием гидрофобных аминокислот). Итак, мембрана – жирная. Ионы же в водном растворе окружены связанными молекулами воды («водной шубой»), и их сродство к жиру крайне низко. Именно поэтому мембрана – барьер для ионов.

Как же природа преодолевает эту трудность, столкнувшись с необходимостью повысить ионную проницаемость мембран? Обратимся к валиномицину, простейшему и наиболее изученному природному переносчику ионов (ионофору). Как показали Ю. А. Овчинников и его коллеги, валиномицин связывает ион K^+ своими гидрофильными карбонильными группами. При этом гидрофобные остатки amino- и оксикислот, образующих валиномицин, оказываются обращенными наружу, а K^+ занимает центральную полость молекулы антибиотика. Теперь K^+ окружен не водной шубой, а гидрофобными остатками, имеющими большое сродство к жиру. Так ион K^+ получает пропуск на вход в митохондрию.



Структура переносчика калия.

Но такой пропуск нам не годится. Валиномицин очень разборчив в отношении иона-партнера и не связывает даже близкий по свойствам к калию ион Na^+ . Что уж тут говорить о не природных ионах!

А если взять какое-нибудь синтетическое соединение, в котором заряд экранирован гидрофобными заместителями? Не обойдется ли такой ион без пропуска?

...Либерман завел свой старенький автомобиль и отправился по московским химическим институтам в поисках «чудо-иона», который, он был твердо уверен, пылит где-нибудь на полке у людей, не способных даже выговорить без запинки

слово «фосфорилирование».

Вскоре Ефим Арсеньевич вернулся к себе в подвал на Ленинском проспекте, 33, где в недрах одного из академических институтов у него была лабораторная комната. Портфель отяжелел от склянок с невиданными для биохимика веществами. Теперь уже его сотруднице Л. М. Цофиной пришлось встретиться с трудностями в произношении: «фенилдикарбаундекаборан...». Это — анион, имеющий форму усеченного шара, сделанного из атомов бора. Кроме того — фенильный остаток и отрицательный заряд, «размазанный» по всей этой ни на что природное не похожей молекуле, названной для краткости ФКБ^- . А вот еще один анион: тетрафенилбор (ТФБ^-). Этот устроен попроще: четыре фенильных остатка, а в центре — бор. Его «электрический антипод» — катион тетрафенилфосфоний (ТФФ^+): все то же, но вместо бора — фосфор, и в результате — заряд «плюс» вместо минуса. Другой катион — тетрапентиламмоний (ТПА^+) (рис. 4).

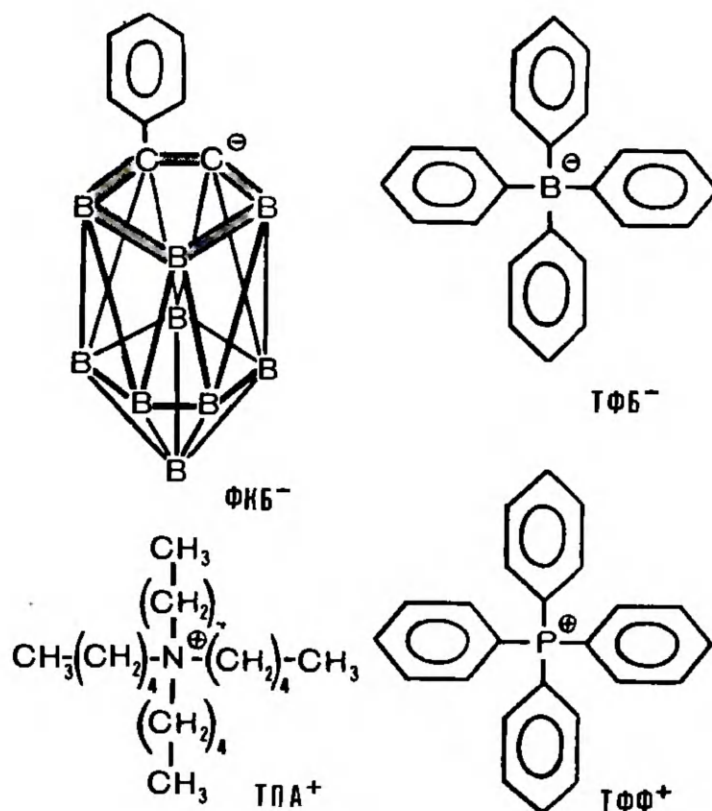


Рис. 4. Формулы проникающих ионов.

«Почему вы взяли такое сложное для синтеза вещество, как ФКБ^- ?» — спросил меня как-то сотрудник фирмы по производству реактивов, только что наладивший за океаном производство ФКБ^- на продажу. Я не стал его огорчать историей случайной находки ФКБ и сказал просто, что это самый лучший среди проникающих синтетических анионов.

Либерман, Цофина и их сотрудники обнаружили, что искусственные мембраны практически не создают препятствия для движения ФКБ^- . Несколько меньшей, но все же достаточно высокой проникающей способностью обладали также и некоторые другие из реквизируемых Либерманом ионов.

Но как поведут себя ионы-безбилетники в митохондриях? На этот вопрос вскоре смог дать ответ наш сотрудник А. А. Ясайтис. Оказалось, что они успешно заменяют K^+ и валиномицин в опытах «а la Митчел и Мойл».

Вскоре Е. А. Либерман придумал метод измерения «чудо-ионов», используя черную мембрану как ион-селективный электрод, и мы получили возможность следить

за изменениями концентрации этих ионов в инкубационной смеси с митохондриями. Проникающие синтетические ионы вели себя в полном соответствии с предсказанием хемиосмотической теории. При включении дыхания катионы послушно направлялись внутрь митохондрий, к минусу, а анионы наружу, к плюсу. Мы назвали это явление электрофорезом проникающих ионов по аналогии с известным методом разделения заряженных веществ в электрическом поле. Но действительно ли дело в электрофорезе? Что же, давайте еще раз проверим предсказательную силу «электрической» концепции.

Известно было, что если обработать митохондрии ультразвуком, то они распадаются на мелкие замкнутые пузырьки, окруженные как бы вывернутой наизнанку мембраной: в пузырьках грибовидные выросты АТФ-синтетазы смотрят наружу, в то время как в митохондриях они обращены внутрь. Изменение ориентации мембраны должно повлечь за собой и изменения направления электрического поля. Опыт — и вновь удача: в ответ на добавление субстрата дыхания или АТФ наблюдалось поглощение анионов (а не катионов, как в опытах с митохондриями).

И в митохондриях, и в вывернутых пузырьках эффекты дыхания и АТФ полностью предотвращались при шунтировании мембраны разобщителями-протонофорами.

Впоследствии проникающие синтетические ионы были неоднократно использованы в других лабораториях. Этим методом было выявлено образование разности электрических потенциалов на митохондриях из разных тканей, бактериях и хлоропластах, то есть на всех основных типах мембранных структур, в которых образуется АТФ. Чтобы не перечислять каждый раз непривычные названия синтетических ионов, Дэвид Грин предложил всех их называть «Скулачев-ионами», обозначая катионы Sk^+ , а анионы Sk^- . Это, конечно, глубоко несправедливо: ведь за «чудо-ионами» ездил на машине не я, а Либерман.

Карфаген
должен быть
разрушен!

Уже после первого нашего совместного опыта с разобщителями в 1966 г. Е. А. Либерман заявил, что хемиосмотическая гипотеза доказана. Мне полученный результат показался условием необходимым, но недостаточным. Чтобы решить спор, мы затеяли работу с синтетическими ионами. По ее завершении у меня исчезли последние сомнения. Действительно, было установлено, что и окисление дыхательных субстратов, и гидролиз АТФ могут образовывать разность потенциалов на мембране митохондрий:

субстраты дыхания $\rightarrow \Delta\mu H \leftarrow$ АТФ.

Приняв, что второй процесс обратим, мы получаем:

субстраты дыхания $\rightarrow \Delta\mu H \rightarrow$ АТФ,

то есть дыхание и фосфорилирование связаны через мембранный потенциал.

Синтез АТФ за счет искусственно созданной $\Delta\mu H$ был обнаружен еще Ягендорфом. О том, что $\Delta\psi$ также может служить источником энергии для фосфорилирования, говорили опыты Прессмана 1967. г. Эти опыты были поставлены следующим образом. Митохондрии инкубировали с K^+ и затем помещали в среду без K^+ . Для повышения калиевой проводимости мембран добавляли валиномицин. Выход K^+ из митохондрий в бескалиевую среду создавал избыток отрицательных зарядов во внутримитохондриальном пространстве. Если бескалиевая среда содержала АДФ и фосфат, то синтезировался АТФ.

Сопоставив эти данные с результатами опытов, описанных выше, я решил, что

настало время объявить о доказательстве Митчелова принципа сопряжения.

Доклад на Европейском биохимическом съезде в Варне в 1971 г. показался мне подходящим случаем, чтобы выступить со своим заявлением. Бог мой, что тут началось!..

После более чем оживленной дискуссии, выплеснувшейся в кулуары конгресса, один из моих оппонентов заметил, что даже Митчел, отсутствовавший в Варне, вряд ли счел бы мое выступление своевременным. Действительно, спустя некоторый срок, я получил конверт со штампом «Бодмин» и посланием Митчела, где он писал, что считает меня слишком большим энтузиастом хемиосмотической теории.

Мы вновь увиделись с ним через год, на следующем съезде европейских биохимиков. Митчел председательствовал на моей лекции, и я не без волнения вновь показал уже несколько затертый заключительный слайд своего варненского доклада, сопроводив его латынью: «Карфаген должен быть разрушен!».

Мой председатель уже не возражал. Видно, латынь пришлась по душе выпускнику колледжа Иисуса в Кембридже! Желтые глаза Митчела лучились, он, кажется, даже приоткрыл от удовольствия рот, показав язык нашим оппонентам в зале. «Вы будете держать флаг», — сказал мне Митчел, уезжая в Англию накануне постсимпозиума по биоэнергетике, где предполагалось нелицеприятное обсуждение конкурирующих теорий. Он вообще (а после Варшавы в особенности) не любил открытых дискуссий. «Мой компьютер работает медленно», — говорил он, постукивая пальцем по своему высокому лбу.

Бой на постсимпозиуме пришлось принять мне.

Что же возразили нам наши противники?

Их главный аргумент состоял в том, что митохондрия слишком сложна, чтобы имеющийся в наших руках материал был достаточен для вывода о сопрягающей роли $\Delta\mu\text{H}$. Почему вы думаете, спрашивали меня, что $\Delta\mu\text{H}$ стоит между дыханием и АТФ, а не где-нибудь в стороне? Например:

субстраты дыхания $\rightarrow$? $\rightarrow$ АТФ $\rightarrow$ $\Delta\mu\text{H}$

или:

$\Delta\mu\text{H} \leftarrow$ субстраты дыхания $\rightarrow$? $\rightarrow$ АТФ.

Напрасно я говорил о том, что хемиосмотической гипотезой предсказаны явления, мысль о существовании которых не могла даже прийти в голову, если придерживаться любой другой схемы. Оппоненты были неумолимы. Практически все маститые биоэнергетики, присутствовавшие в зале, не разделили моей точки зрения.

Протеолипосомы

Чтобы снять возражение, о котором только что шла речь, необходимо было разделить ферменты дыхания и фосфорилирования и показать, что каждый из них, взятый в отдельности, может образовать $\Delta\mu\text{H}$. Следовало сперва разобрать мембрану митохондрий на части — разделить белки и липиды, потом очистить какой-либо один тип белков, например дыхательный фермент, и после этого посмотреть, может ли данный фермент образовать $\Delta\mu\text{H}$.

— Позвольте, но ведь $\Delta\mu\text{H}$ — это трансмембранная разность электрохимических потенциалов, а мембрану-то мы уже разрушили?!

— Ну и что? Сначала разрушили, а теперь сделаем, да такую, что в ней будет только один тип белков — дыхательный фермент!

— Ломать — не строить. А если природная мембрана вообще не может быть воссоздана, будучи однажды разрушенной? Если мембрана происходит от мембраны,

как клетка от клетки?

— Волков бояться — в лес не ходить.

Эфраим Ракер волков не боялся (хотя бы потому, что, как говорят, в штате Нью-Йорк они давно вывелись). И вот в Корнелльском университете, в соседней с Ягендорфом лаборатории, начинается разработка метода самосборки мембран. Многие месяцы подряд японский стажер Ясуо Кагава испытывал разные белки, фосфолипиды и детергенты, пока, наконец, один из вариантов не принес надежду на успех. Взяв фосфолипиды сои, АТфазу митохондрий бычьего сердца и в качестве детергента одну из желчных кислот, Кагава получил пузырьки, обладавшие АТфазной активностью. Эта активность стимулировалась динитрофенолом, что могло бы указывать на образование $\Delta\mu\text{H}$ на мембранах пузырьков.

Незадолго до опытов Кагавы в лабораторию Ракера возвратился из годичной стажировки Питер Хинкль, посланный Ракером к Митчелу на выучку. Хинкль не только освоил теорию, но и провел в Глинн Хаузе ряд изящных опытов с митохондриями, исследуя один из дыхательных ферментов, цитохромоксидазу. Вернувшись в Итаку, Хинкль заразил Ракера своим митчельянством, так что Ракер стал первым из признанных корифеев биоэнергетики, кто поддержал Митчела. Если АТфаза и АТФ-синтетаза, рассуждали Ракер и Хинкль, — это один и тот же фермент, а роль дыхания состоит только в том, чтобы образовать $\Delta\mu\text{H}$, необходимую для фосфорилирования, то стоит включить в АТфазные пузырьки Кагавы также еще и дыхательный фермент, как они, эти пузырьки, начнут образовывать АТФ за счет дыхания.

Ракер засучил рукава белоснежного халата и взялся встраивать цитохромоксидазу в АТфазные пузырьки Кагавы.

Вскоре в американском биохимическом журнале появилось сенсационное сообщение, подписанное Э. Ракером и его лаборанткой А. Кандраш, о самосборке системы дыхательного фосфорилирования. Пузырьки, содержащие АТфазу и цитохромоксидазу, образовывали АТФ при окислении добавленной аскорбиновой кислоты кислородом. Фосфорилирование полностью прекращалось добавлением протонофоров.

Услышав об открытии Ракера, я попросил А. А. Ясайтиса наладить получение таких же пузырьков здесь, в Москве. Сказано — сделано! И вот уже передо мной три пробирки — в одной пузырьки с АТфазой, в другой — с цитохромоксидазой, а в третьей — с двумя этими ферментами вместе. Попробовали проникающие ионы. Как и следовало ожидать, в белково-липидных пузырьках происходил электрофорез синтетических ионов. Источниками энергии для транспорта наших ионов могли служить: в АТфазных пузырьках — гидролиз АТФ, в цитохромоксидазных — дыхание, а в смешанных — оба эти процесса.

Донором электронов для цитохромоксидазы служил водорастворимый белок цитохром «с». Удалось приготовить цитохромоксидазные пузырьки с цитохромом «с» внутри и другие — с цитохромом «с» снаружи. В первых перенос электронов должен быть направлен изнутри пузырька наружу, а во вторых — снаружи внутрь. Значит, в первом случае внутренность пузырьков должна заряжаться положительно, во втором — отрицательно. Чтобы проверить, правильно ли это предсказание, были взяты два одинаковых по структуре, но разных по заряду иона — TfB^- и TfF^+ . Оказалось, что при дыхании пузырьки с цитохромом «с» внутри поглощают TfB^- , а пузырьки с цитохромом «с» снаружи поглощают TfF^+ . Так сбылось еще одно предсказание гипотезы, а в целом был сделан новый шаг вперед. Теперь уже я мог ответить моим критикам $\Delta\mu\text{H}$ есть общий продукт двух разных ферментативных систем — дыхательной и АТфазной.

Вообще мне чрезвычайно понравились эти самые фосфолипидные пузырьки, инкрустированные очищенным белком, — простейшая модель, где еще сохранялась интересовавшая нас функция, то есть преобразование химической энергии в электрическую.

Я назвал такие пузырьки протеолипосомами, и это имя, кажется, прижилось.

Белки-генераторы тока

Л. А. Драчев никогда специально не изучал ни биологии, ни химии. Даже в школе: в связи с военным временем и нехваткой учителей вместо этих предметов преподавали математику.

Окончив физфак МГУ, он занялся ионосферой, а потом лазерами. Нас познакомил Либерман. Он же сагитировал Драчева включиться в биоэлектрическую эпопею. С легкой руки ректора МГУ Рема Викторовича Хохлова Драчев стал сотрудником нашей лаборатории.

Услышав истории о проникающих ионах, протеолипосомах и прочих премудростях биоэнергетики, Драчев флегматично заметил, что электричество хорошо бы мерить вольтметром и амперметром.

Мы сами знали, что хорошо бы, и потому не сочли мнение Драчева за снобизм чужака-физика. Проникающие ионы, электрохромизм в опытах Витта или открытые позже флуоресцентные красители, реагирующие на $\Delta\Psi$, — это все же косвенные методы. А в столь сложной системе, как биологическая, одно прямое измерение стоит сотен косвенных. Например, такое чуждое для живой клетки вещество, как TfB^- , совершенно неожиданно оказалось донором электронов для одного из ферментов в хлоропластах. А ведь мы считали TfB^- инертным соединением!

Так что мы сразу согласились с Драчевым. Но как прямо измерить производство электричества белками? Вводить микроэлектрод в митохондрию? Но она слишком сложна. Мое воображение уже было отравлено гениальной простотой протеолипосом. Микроэлектрод в протеолипосому? Так ведь она 0,1 микрона в диаметре! Нет, это не путь.

А если включить белок-генератор тока в черную искусственную мембрану. О, тогда бы мы измерили разность потенциалов и ток обычными электродами, помещенными в растворы по обе стороны от перегородки, отверстие в которой закрыто мембраной. Но как включить белок в черную мембрану? Белки-генераторы, как и другие мембранные белки, в воде нерастворимы. Попробуем добавить их к раствору фосфолипидов в декане, который применяют обычно для образования черной мембраны. А какой взять белок? Конечно, тот, что может использовать энергию света! Добавлять растворы окисляемых веществ или АТФ в таком опыте неудобно: черная мембрана вообще непрочна. Это, по существу, оболочка мыльного пузыря. Да еще белковые включения, которые, вероятно, прочности мембране не прибавят! Капля любого раствора может ее разрушить. Свет безусловно удобнее.

Итак, это должен быть какой-то из белков фотосинтетического аппарата.

Как раз в это время У. Стокениус и Д. Остерхельт в США описали новый тип светочувствительных белков — бактериородопсин. Как выяснилось, у соелюбивых бактерий есть фиолетового цвета белок, содержащий, подобно зрительному пурпуру глаза — родопсину, производное витамина А — ретиналь. Было получено косвенное указание на то, что бактериородопсин может переносить водородные ионы за счет энергии света, заменяя хлорофиллсодержащие белки обычных фотосинтетиков.

В конце 1973 г. Ю. А. Овчинников организовал проект «Родопсин» для сравнительного изучения животного и бактериального пигментов. Мы занялись изучением бактериородопсина, используя препарат, полученный в институте биофизики Л. Н. Чекулаевой, тогда сотрудницей лаборатории Л. П. Каюшина. Были приготовлены протеолипосомы с бактериородопсином в качестве белка, и методом проникающих ионов доказана способность бактериородопсина превращать свет в разность электрических потенциалов и градиент рН.

Я хорошо помню эти опыты. Особенно удачно они шли по воскресеньям, когда в опустевшей лаборатории никто не ходил мимо прибора и фосфолипидная мембрана, измеряющая концентрацию FKB^- , стояла, не лопааясь, в течение нескольких часов

кряду. Я включал и выключал свет, наслаждаясь стабильностью и воспроизводимостью обнаруженного явления: бактериородопсин работал как часы: протеолипосомы безотказно поглощали анионы ФКБ^- в ответ на свет и отдавали ФКБ^- в среду «в ответ на тьму». Приходя после опыта домой, я развешивал ленты самописца по стенам, чтобы полюбоваться ими перед сном.

Бактериородопсин оказался действительно на редкость стабильным генератором $\Delta\mu\text{H}$. Эту его способность не могло убить нагревание до 100° , помещение в $0,1\text{ N}$ кислоту и, как мы выяснили вместе с сотрудниками Ю. А. Овчинникова, даже расщепление белка в трех местах протеолитическим ферментом. Поэтому неудивительно, что было решено попытаться с прямым измерением $\Delta\Psi$, используя именно бактериородопсин. Л. А. Драчеву было поручено добавить бактериородопсин к смеси для приготовления черной мембраны и посмотреть, не приведет ли освещение такой мембраны к генерации тока.

Никогда не прощу моим товарищам, что они не позвали меня к прибору, когда впервые осветили мембрану с бактериородопсином. Осторожный Драчев, улыбаясь и пощипывая свою бородку, сообщил мне о генерации фототока только на следующий день.

Так в прямом опыте была продемонстрирована способность индивидуального белка превращать энергию света в электричество.

Затем последовали годы работы по проверке других белков, подозревавшихся в качестве $\Delta\mu\text{H}$ -генераторов, по усовершенствованию метода встраивания белков в мембрану, по стабилизации самой мембраны. Выдающиеся качества Драчева как виртуозного физика-экспериментатора позволили разработать универсальный метод измерения электрогенной активности белков с разрешением по времени до одной миллионной доли секунды.

Сегодня опыт Драчева воспроизведен в десятке других лабораторий у нас в стране и за рубежом. Электрическая часть гипотезы получила свое окончательное подтверждение.

Последняя капля

О своей догадке, что бактериородопсин может быть $\Delta\mu\text{H}$ -генератором, мне рассказал Уолтер Стокениус в Нью-Йорке в феврале 1973 г. Он разложил свои графики на необъятной двуспальной кровати в номере отеля и спросил, что я, как «митчельянец», обо всем этом думаю. Вскоре выяснилось, что он не меньший «митчельянец», чем я, и что думаем мы с ним одинаково: открыт новый тип фотосинтеза, где вместо хлорофилла работает бактериородопсин.

Из Нью-Йорка я отправился в Итаку, к Ракеру, и рассказал ему о данных Стокениуса. По реакции собеседника я понял, что все это он слышит впервые. Помнится, у меня даже были сомнения, имею ли я право рассказывать о бактериородопсине без разрешения Стокениуса, и я даже порывался позвонить ему в Сан-Франциско, но Ракер отговорил меня, сказав, что сейчас в Калифорнии 4 часа утра и вряд ли Стокениус будет в восторге от звонка.

А пять месяцев спустя Э. Ракер уже докладывал на международном биохимическом конгрессе о своей совместной работе с У. Стокениусом. Это был знаменитый «опыт с химерой».

Ракер и Стокениус взяли АТФ-синтетазу из митохондрий сердца быка, бактериородопсин из галофильных бактерий и фосфолипиды из соевых бобов и получили новый тип протеолипосом, составленных из веществ всех трех царств живого мира: животного, бактериального и растительного.

Протеолипосомы при освещении синтезировали АТФ. Бычья АТФ-синтетаза катализировала фотофосфорилирование! Это был результат, чудовищный с точки зрения быка или сторонника химической либо конформационной схемы сопряжения.

Даже самым яростным противникам хемиосмотической теории было ясно, что бактериородопсин не может образовывать каких-то высокоэнергетических химических соединений — предшественников АТФ. Не могла идти речь и об обмене конформационной энергией между бактериородопсином и бычьей АТФ-синтетазой. Для этого потребовался бы тесный контакт двух названных белков, а было известно, что бактериородопсин занимает обширные участки (до 0,5 микрон в длину) в мембране бактерии, причем никаких других белков в этих бляшках не обнаруживается. Бактериородопсин делает свое дело без помощников.

«Оппозиция сдается!» — писал мне в эти дни из Америки Питер Хинкль. Да, опыт Ракера и Стокениуса был воистину последней каплей!

Вместо эпилога

Прошли четыре года. Летом 1978 г. в Дрездене Митчеллу вручали высшую награду Федерации Европейских биохимических обществ — медаль Ганса Кребса. Это был уже не первый знак официального признания. За последние два-три года Митчелл стал членом Королевского общества Великобритании, получил золотую медаль международного научного фонда CIBA, премию Филдберга, а также и другие премии — в Бостоне, в Нью-Йорке.

Свою лекцию перед европейскими биохимиками в Дрездене он мог, казалось бы, выдержать в спокойных тонах, популярно изложив суть своей уже доказанной и всемирно знаменитой гипотезы. Так нет же, он вновь, как и прежде, перегрузил доклад чрезмерным обилием идей и фактов, чтобы в конце неистово обрушиться на Викстрема, Ленинджера и кое-кого из других биоэнергетиков, занятых сегодня по существу разработкой деталей его теории.

Речь шла о механизме образования и использования $\Delta\mu\text{H}$ в биологических мембранах. Согласившись с тем, что $\Delta\mu\text{H}$ есть фактор, сопрягающий дыхание и фосфорилирование, биоэнергетики занялись исследованием устройства ферментов, образующих $\Delta\mu\text{H}$. Посыпались самые различные предложения: каждый имел наготове свой собственный «чертеж» белка-генератора. Вот тут-то фигура Митчела вновь оказалась в самом центре полемики. Дело в том, что еще в первой «серой книге» Митчелл имел неосторожность дать конкретные схемы главных узлов постулированного им механизма превращения энергии. Впоследствии Ракер счел это за достоинство и даже вывел некое правило, звучащее примерно так: «Если вы выдвинули блестящую, новую гипотезу, но не изложили ее в деталях, вас, вероятно, будут игнорировать. Если вы хотите привлечь внимание к своему детищу, без колебаний включите в изложение несколько пунктов, которые не существенны для главной темы, но зато могут быть атакованы оппонентами». Отсутствие резонанса от первой краткой публикации Митчела 1961 г. Ракер объясняет именно тем, что было неясно, как атаковать новую гипотезу.

Нет слов, подробнейшее изложение теории, данное в 1966 г., было куда более уязвимо для критики. Каждый мог найти здесь себе подходящую мишень: и специалист по АТФаза, и тот, кто занимался дыхательными ферментами, мембранолог и исследователь фотосинтеза, микробиолог и биофизик-теоретик.

Многие из выписанных Митчелом в 1966 г. деталей, по-видимому, не универсальны для всех $\Delta\mu\text{H}$ -генераторов, а некоторые даже вообще неверны. Так, например, оказалось, что далеко не всегда образование $\Delta\mu\text{H}$ дыхательными ферментами связано с переносом электронов через мембрану. Вероятно, чаще мембрану пересекают не электроны, а протоны. Однако главное было схвачено абсолютно верно: использование энергетических ресурсов дает $\Delta\mu\text{H}$, которая расходуется затем на синтез АТФ.

Вот почему Митчелл имеет право сегодня сказать словами булгаковского Мастера: «О, как я угадал! Как я все угадал!»

В общей форме утверждение, которое я бы назвал «принципом Митчела», можно записать как

энергетические ресурсы клетки $\rightarrow \Delta\mu H \rightarrow \text{АТФ}$

То же, но в виде схемы изображено на рис. 5.

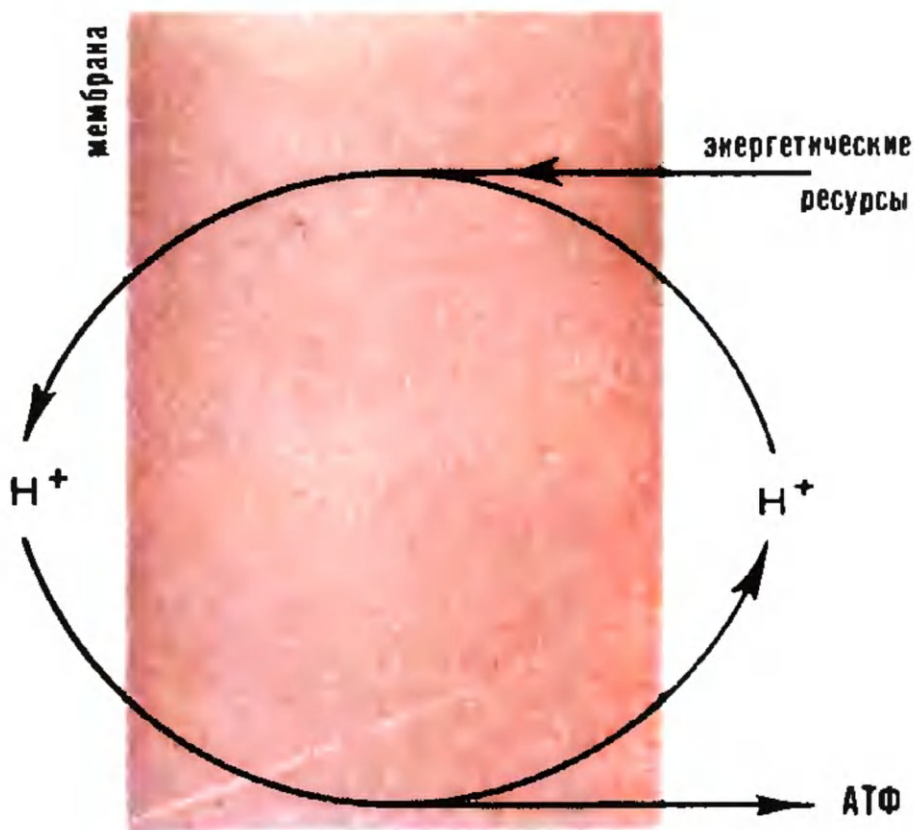


Рис. 5. Протонный цикл.

Перед нами — протонный цикл. Мы умышленно опустили такие детали, как природа энергетических ресурсов; механизм создания $\Delta\psi$ и $\Delta\mu H$, конкретный способ, каким образуется АТФ из АДФ и фосфата; количество ионов H^+ , которое необходимо перенести «под гору», по градиенту электрохимического потенциала, чтобы сделать одну молекулу АТФ, и т. д. Все это, как говорится, предмет будущих исследований. Но каков бы ни был их итог, протонный цикл, я уверен, останется непоколебленным.

Состояние проблемы протонного цикла на сегодняшний день, если сравнить его с другим великим биохимическим циклом, циклом Кребса, аналогично тому этапу исследований, когда циклическое превращение карбоновых кислот, постулированное Г. Кребсом, было уже экспериментально доказано, а механизмы отдельных ферментативных реакций, слагающих цикл, оставались еще неясными (заметим, что многие из этих механизмов служат предметом исследования и по сей день).

П. Хинкль, выступая на семинаре в нашей лаборатории спустя несколько дней после того, как мы узнали о Нобелевской премии Митчела, сравнил это событие с присуждением такой же премии биохимикам — соотечественникам Митчела двадцать лет тому назад. По его меткому выражению, идея протонного цикла имеет такое же значение для биоэнергетиков, как концепция двойной спирали ДНК для молекулярных биологов, изучающих функцию наследственности.

...Мне вспоминается поездка к Митчелу в его Глинн Хауз. Помню покрытые нежнейшей, только что взошедшей травой холмы, аллею вечнозеленых деревьев, веду-

щую к дому, и сам дом: освещенная жилая часть и затемненные лабораторные комнаты. В те январские дни 1974 года Англия пыталась бороться с энергетическим кризисом, сократив рабочую неделю. Митчел был этим страшно недоволен и грозился поставить на ближайшем холме ветряк, чтобы стать независимым от государственной энергетики.

Мне отвели большую комнату с нереально высоким потолком и огромными окнами, за которыми недвижно дремал сад. Был полный штиль.

Пытаясь уснуть, я обратил внимание на боль в ушах. Меня охватило какое-то беспокойство. Что-то было не так. Я не сразу сообразил, что все дело — в тишине. В доме было абсолютно тихо. На милю вокруг — ни жилья, ни шоссе, ни железной дороги. Я понял, что, пожалуй, впервые в жизни нахожусь в полной тишине. Пришло на ум, что Лундегард, предтеча Митчела, тоже жил в уединенном замке, где размещалась его лаборатория... Уснуть мне удалось, лишь положив под голову ручные часы.

Здесь, пожалуй, можно закончить рассказ об одном из открытий в области биоэнергетики и о Питере Митчеле — гении-одиночке двадцатого века.



МИР МИКРОБОВ

МЕТАБОЛИЗМ МИКРООРГАНИЗМОВ

МЕХАНИЗМ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОНОВ

При аэробном и анаэробном типах дыхания и при фотосинтезе АТФ образуется в результате прохождения электронов от первичного донора электронов через цепь переноса до конечного акцептора. При дыхании первичный донор электронов — окисляемый субстрат, а конечный акцептор электронов — неорганическое соединение: либо O_2 при аэробном дыхании, либо NO_3^- , SO_4^{2-} и CO_3^{2-} при анаэробном дыхании. В процессе фотосинтеза молекулы хлорофилла реакционных центров типа I служат и донорами, и акцепторами электронов для циклического фотофосфорилирования. Вместе с тем при нециклическом фосфорилировании в качестве первичного донора электронов используется H_2O , а в качестве конечного акцептора электронов — НАДФН.

Хотя сложность и набор компонентов цепей переноса электронов варьируют, все подобные цепи обладают некоторыми общими свойствами: во-первых, компоненты

цепи — это переносчики, способные легко вступать в обратимые реакции окисления и восстановления, и, во-вторых, АТФ образуется в результате прохождения электронов по цепи. В качестве примера на рис. 1 схематически изображена цепь переноса электронов, участвующая в аэробном дыхании. Электроны, отнятые от субстрата, переносятся последовательно через ряд промежуточных переносчиков, пока последний переносчик в этом ряду в восстановленном состоянии не прореагирует с кислородом. Последняя реакция катализируется оксидазой. В результате этого необратимого конечного окисления вся цепь переносчиков снова переходит в окисленное состояние, а кислород восстанавливается до воды. Другие цепи переноса электронов работают сходным образом и различаются только длиной цепи, первичным донором и конечным акцептором электронов.



Рис. 1. Схема дыхательной системы переноса электронов, связывающей дегидрирование окисляемого субстрата АН₂ с восстановлением молекулярного кислорода до воды.

Цепь переноса электронов может также функционировать в обратном направлении. Вместо образования АТФ за счет потока электронов от восстановленного соединения, например НАДН, благодаря использованию АТФ может возникнуть обратный поток электронов по цепи, который таким образом приведет к появлению восстановительного потенциала в форме НАДН. Такой обратный перенос электронов необходим для метаболизма некоторых хемоавтотрофов, например, таких, которые окисляют Fe²⁺ или NO₂⁻, так как образование восстановительного потенциала путем непосредственного переноса электронов от неорганического субстрата на НАД⁺ термодинамически невыгодно. Возможно, часть восстановительного потенциала у фотосинтезирующих организмов также образуется при обратном, переносе электронов.

Внутриклеточная локализация цепей переноса электронов

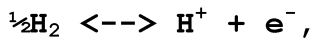
Цепи переноса электронов очень сложны. Они состоят из большого числа переносчиков электронов и различных ферментов, физически связанных с матриксом мембран, имеющим высокое содержание липидов. Такая многокомпонентная система всегда находится в мембранах. В эукариотических клетках эти мембраны локализованы в митохондриях или хлоропластах; в прокариотических клетках они обычно содержатся в самой клеточной мембране или ее впячиваниях.

Физическая структура цепей переноса электронов затрудняет их биохимический анализ. Поскольку большинство компонентов цепей нерастворимо в воде, их не легко отделять друг от друга, сохраняя при этом активность. Имеющиеся сведения по этому вопросу получены главным образом при исследовании митохондриальной дыхательной цепи переноса электронов, которая поразительно неизменна во всех группах эукариот. Строение дыхательных цепей переноса электронов у различных бактерий гораздо более разнообразно; и компоненты этих цепей часто сильно отличаются от соответствующих компонентов митохондриальных систем.

физиологическая
функция цепей
переноса электронов

Если отнятие пары электронов или атомов водорода от органического субстрата сопряжено с восстановлением кислорода до воды, то происходит значительное изменение свободной энергии (ΔG°), примерно равное изменению энергии при сжигании одной молекулы газообразного водорода. Прохождение электронов через цепь переноса позволяет этой энергии выделяться порциями, и часть ее может быть превращена в богатые энергией связи АТФ. Чтобы цепь переноса электронов действовала, каждый ее компонент должен быть способен восстанавливаться под действием восстановленной формы предыдущего компонента и окисляться окисленной формой следующего компонента цепи (т. е. в цепи переноса электронов должен существовать градиент способности к окислению).

Способность какого-либо вещества отдавать или принимать электроны (т. е. окисляться или восстанавливаться) может быть количественно выражена его электродным потенциалом или окислительно-восстановительным потенциалом. Это относительное напряжение в вольтах, необходимое для отрыва от данного соединения одного электрона. Оно измеряется относительно стандартного потенциала водородного электрода:

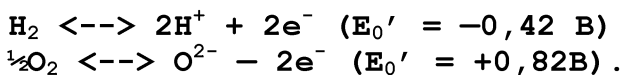


которому условно приписывается значение потенциала 0,0 В в стандартных условиях (т. е. при одномолярной концентрации всех компонентов, рН 0,0). При рН 7,0, вблизи которого протекает большинство биологических реакций, и при 25 °С потенциал водородного электрода равен -0,42 В. Электродный потенциал в вольтах, измеренный при этих условиях (концентрация реагентов 1М), обозначается символом E_0' .

Если известны значения E_0' для двух полуреакций, то изменение свободной энергии для сопряженной реакции окисления-восстановления может быть вычислено по следующему уравнению:

$$\Delta G_0' \rightleftharpoons nF\Delta E_0',$$

где $\Delta G_0'$ — стандартное изменение свободной энергии при рН 7,0; n — число перенесенных электронов; F — число Фарадея (физическая константа, равная 23000 кал/В) и $\Delta E_0'$ — разность между потенциалами двух полуреакций. Например, сжигание водорода (окисление водорода и восстановление кислорода) состоит из двух полуреакций:



Легко вычислить изменение свободной энергии:

$$-2 \cdot 23000 [0,82 - (-0,42)] = -57040 \text{ кал.}$$

Для типичного биологического окисления [например, окисления яблочной кислоты под действием кислорода до пировиноградной кислоты и CO_2 ($E_0' = -0,33$)] аналогичные вычисления дают изменение свободной энергии, равное -53000 кал, которое незначительно отличается от окисления водорода.

Переносчики в цепи переноса электронов участвуют в последовательных реакциях с постепенно увеличивающимися значениями $\Delta E_0'$ от первичного донора элек-

тронов до конечного акцептора электронов. Доноры и акцепторы электронов, участвующие в различных реакциях образования АТФ за счет транспорта электронов, перечислены в табл. 1. Положение на шкале окислительно-восстановительного потенциала некоторых типичных переносчиков, первичных доноров и конечных акцепторов электронов показано на рис. 2.

Табл. 1. Первичные доноры и конечные акцепторы электронов при различных способах образования АТФ за счет переноса электронов

Способ образования АТФ	Первичный донор электронов	Конечный акцептор электронов
Аэробное дыхание	Органическое или неорганическое соединение	O_2
Анаэробное дыхание	Органическое соединение	NO_3^- , SO_4^{2-} или CO_3^{2-}
Циклическое фотофосфорилирование	Хлорофилл реакционного центра	Окисленный хлорофилл реакционного центра
Нециклическое фотофосфорилирование	Химическое соединение	То же

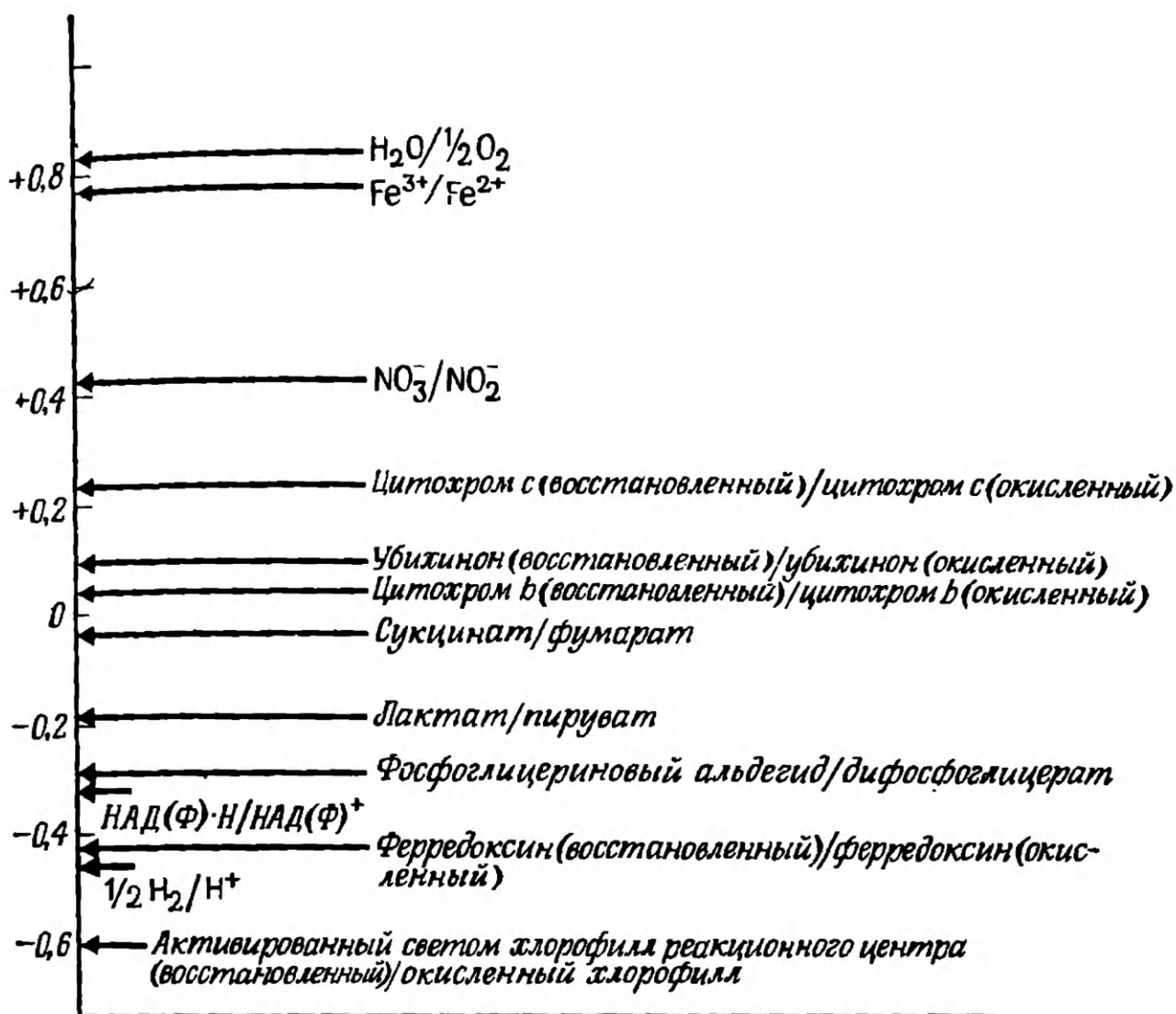


Рис. 2. Значения E_0' для различных полуреакций первичных доноров, переносчиков и конечных акцепторов электронов.

Основные компоненты цепей переноса электронов

Дыхательные цепи переноса электронов изучены наиболее подробно. Цепи, участвующие в дыхательном метаболизме органических соединений, всегда содержат молекулы трех различных классов. Молекулы двух классов — это ферменты с прочно связанными простетическими группами, способными претерпевать обратимое окисление и восстановление: флавопротеиды и цитохромы. Третий класс включает небелковые переносчики с небольшим молекулярным весом — хиноны.

Флавопротеиды — белки с желтой простетической группой, которая является биосинтетическим производным витамина рибофлавина (рис. 3, А). Простетической группой может быть флавиномононуклеотид (ФМН) или флавинадениндинуклеотид (ФАД); оба они обладают одинаковым активным центром, способным к обратимому окислению и восстановлению (рис. 3, Б). Флавопротеиды представляют собой большую группу ферментов, сильно различающихся по величинам E_0' . Некоторые из них активны при первичном дегидрировании органических субстратов (например, сукцинатдегидрогеназы); другие переносят электроны от восстановленных пиридиннуклеотидов к последующим компонентам цепи переноса электронов; наконец, третьи переносят электроны непосредственно на молекулярный кислород, образуя H_2O_2 .

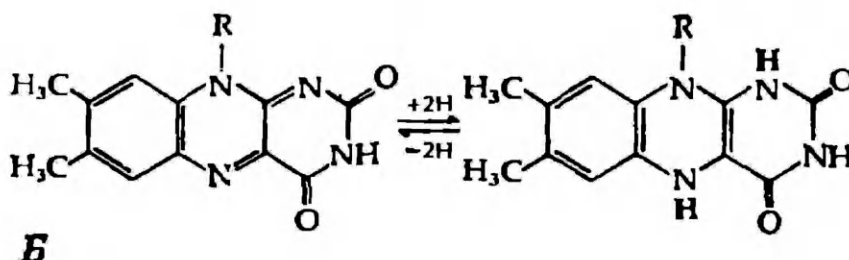
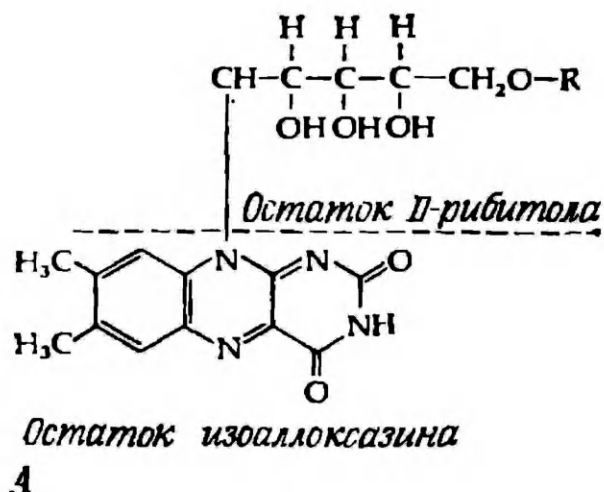


Рис. 3. А. Структура витамина рибофлавина (R обозначает H) и двух его производных, представляющих собой коферменты: ФМН (R обозначает PO_3H_2) и ФАД (R обозначает АДФ). Б. Обратимое окисление и восстановление кольцевой структуры ФМН и ФАД.

Основной компонент митохондриальной системы транспорта электронов — убинон (рис. 4); разнообразные хиноны встречаются и в бактериальных системах транспорта электронов. Хиноны являются промежуточными переносчиками между флавопротеидами и цитохромами.

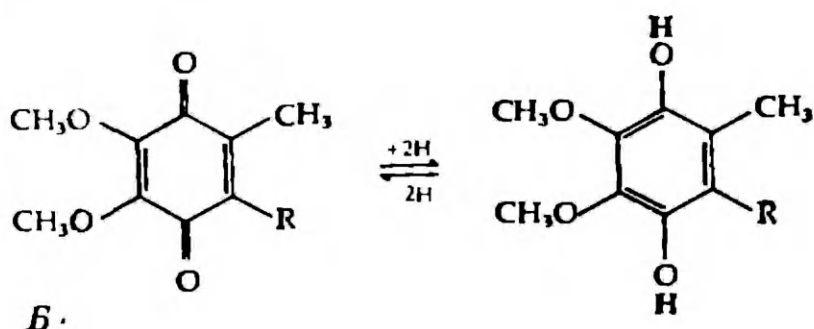
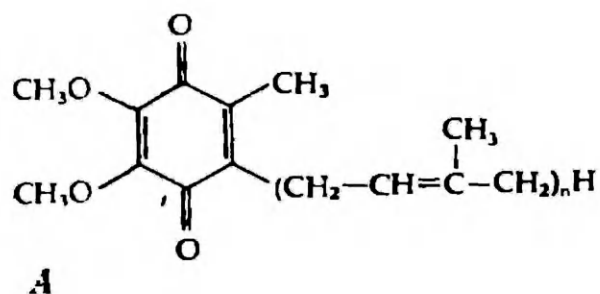
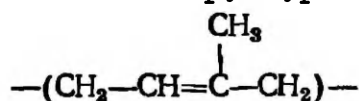


Рис 4. А. Структура убихинона. Число изопреновых звеньев



в боковой цепи варьирует у различных организмов от 6 до 10.

Б. Обратимое окисление и восстановление хинона.

Цитохромы — это ферменты, принадлежащие к гемопротеидам, к которым относятся также гемоглобин и каталаза. Все гемопротеиды содержат простетическую группу, представляющую собой производное гема, циклического тетрапиррола с атомом железа, связанным хелатной связью в кольцевой системе (рис. 5). При переносе электронов цитохромами происходит обратимое окисление этого атома железа:

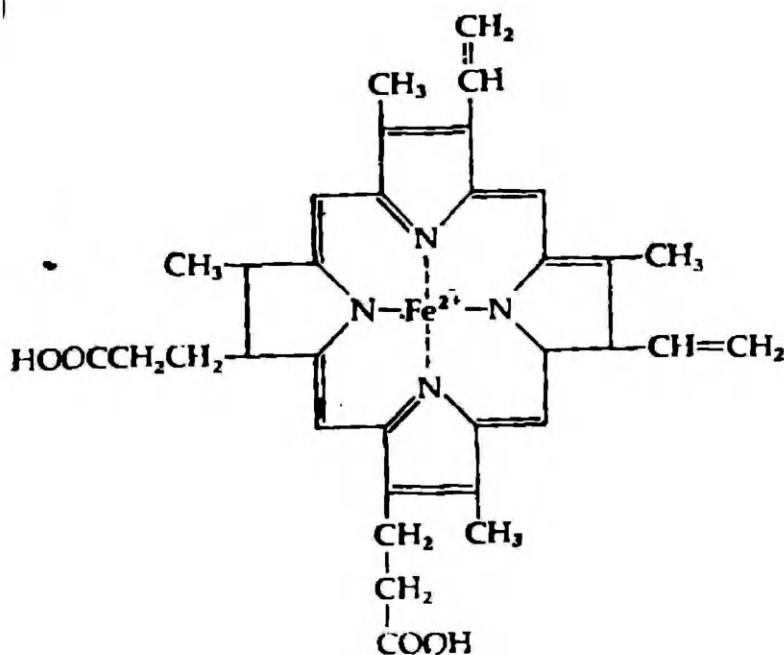
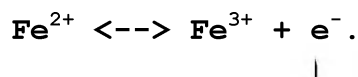


Рис. 5. Структура гема.

Цитохромы в восстановленном состоянии имеют характерные полосы поглощения (рис. 6), и их спектральные и функциональные свойства позволяют идентифицировать различные компоненты цепей переноса электронов, относящиеся к этому классу. Они обозначаются буквой после названия класса (например, цитохром с).

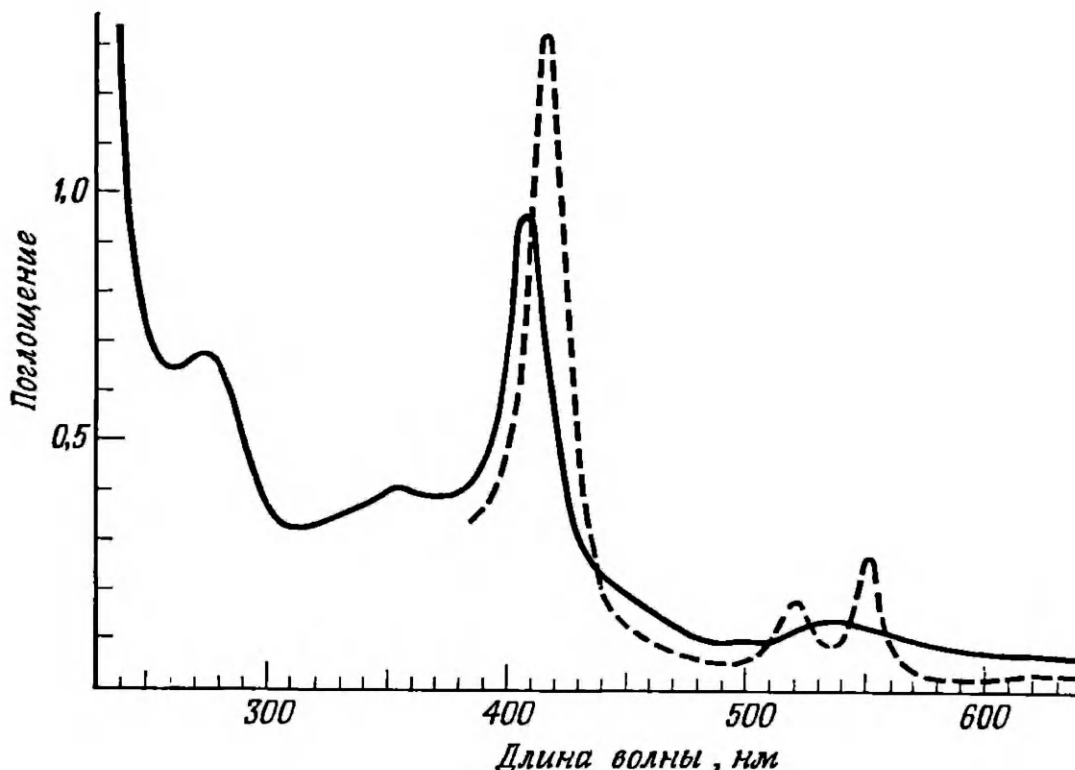


Рис. 6. Спектр поглощения цитохрома с. Сплошная линия — спектр окисленного цитохрома с, штриховая линия — спектр восстановленного цитохрома с.

Цепь переносчиков электронов при дыхании схематически изображена на рис. 7. Следует отметить, что у бактерий встречаются самые разнообразные варианты этой общей схемы. Например, у нитрифицирующих и серных бактерий, которые получают энергию за счет реакций со сравнительно низкими значениями E_0' , электроны попадают в цепь на уровне цитохрома с.

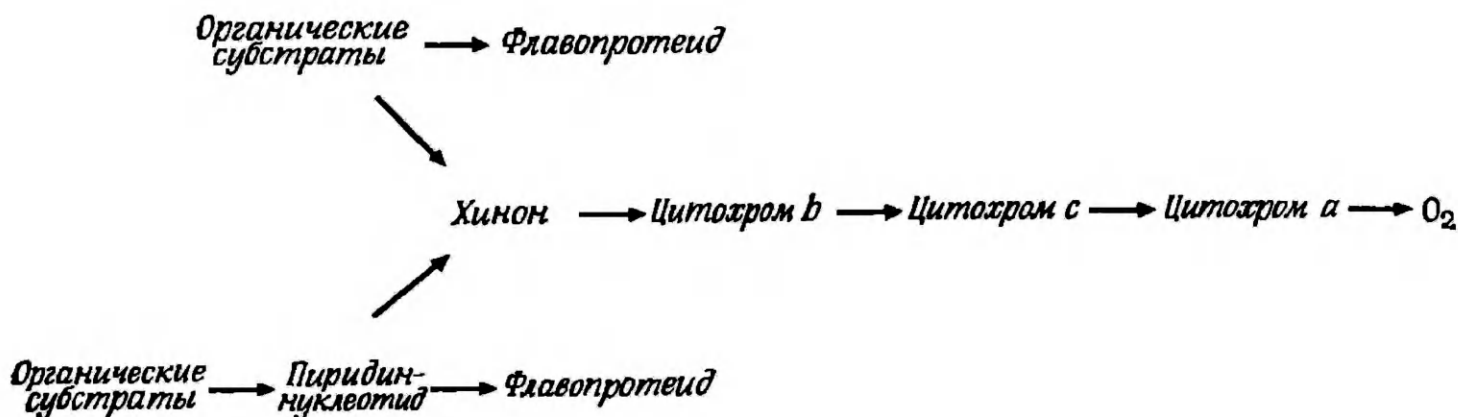


Рис 7. Схема взаимодействия различных компонентов дыхательной цепи переноса электронов. Стрелками обозначен поток электронов.

Удивительное разнообразие бактериальных дыхательных систем переноса электронов в противоположность сходству всех подобных митохондриальных систем обнаруживается при сравнении спектра поглощения цитохромов интактных бактериальных клеток и митохондрий (табл. 2). Измеряя спектр поглощения восстановленной системы (анаэробная суспензия) против окисленной системы (аэробная суспензия), можно идентифицировать характерные полосы поглощения различных цитохромных компонентов. Особенно характерны так называемые α -полосы при самых больших длинах волн; β -полосы с меньшей длиной волны и так называемые полосы Сорэ¹ (названные по имени открывшего их исследователя) состоят из полос поглощения нескольких пигментов.

Табл. 2. Длины волн (в нм) основных полос поглощения цитохромов в митохондриальных и бактериальных системах переноса электронов

Системы переноса	α-полосы					Основные β-полосы	Основные γ-полосы
	Типы цитохромов						
	a			b	c		
Митохондриальные системы							
Дрожжи	605	-	-	563	552	525	426
Сердечная мышца млекопитающих	605	-	-	563	552	525	426
Бактериальные системы							
Bacillus subtilis	604	-	-	564	552	523	422
Micrococcus luteus	605	-	-	562	552	523	430
Micrococcus lysodeikticus	-	600	-	-	552	520	432
Pseudomonas acidovorans	-	600	-	-	553	530	425
Pseudomonas aeruginosa	-	-	-	560	552	530	428
Pseudomonas putida	-	-	-	560	552	530	427
Gluconobacter suboxydans	-	-	-	-	554	523	428
Acetobacter pasteurianum	-	-	588	-	554	523	428
Enterobacter aerogenes	628	-	592	660	-	530	430
Escherichia coli	630	-	593	560	-	533	433
Proteus vulgaris	628	-	595	560	-	533	430
Pseudomonas maltophilia	628	-	597	558	-	530	430

Как показано в табл. 2, цитохромы митохондрий сердечной мышцы млекопитающих и цитохромы дрожжей (организмов, находящихся на противоположных концах шкалы, отражающей биологическую сложность эукариот) обладают одинаковым спектром. У некоторых бактерий (например, у *Bacillus subtilis*) спектр цитохромов сходен со спектром цитохромов митохондрий. Однако у большинства бактерий в лучшем случае лишь немногие из основных пиков поглощения цитохромов совпадают с таковыми митохондрий.

Следует отметить, что у многих видов бактерий, перечисленных в табл. 2, нет пиков поглощения в области между 552 и 554 нм, характерных для цитохромов типа с. Отсутствие цитохромов с у таких организмов коррелирует с результатом эмпирического, так называемого оксидазного теста, который служит важным критерием при идентификации аэробных бактерий. Этот тест осуществляется следующим образом: бактерии помещают на кусочек фильтровальной бумаги, смоченной

¹ Полосы Сорэ часто называют γ -полосами поглощения. — Прим. перев.

красителем дихлорфенолиндофенолом или N,N-диметил-p-фенилендиамином. Эти красители в восстановленном состоянии бесцветны и быстро окисляются до окрашенных форм «оксидазо-положительными» видами бактерий (содержащими цитохром c), но не «оксидазо-отрицательными» (у которых нет цитохрома c).

Механизм образования АТФ при переносе электронов

Несмотря на принципиальную биологическую важность, механизм образования АТФ при прохождении электронов через цепь переноса до сих пор вызывает некоторые разногласия. Для объяснения этого механизма были предложены две гипотезы: гипотеза химического сопряжения и химио-осмотическая гипотеза.

Согласно гипотезе химического сопряжения, предполагается, что при переходе пары электронов от одного переносчика к следующему в некоем третьем компоненте возникает богатая энергией связь, которая становится предшественницей высокоэнергетической связи АТФ. Хотя гипотеза химического сопряжения способна объяснить большую часть экспериментальных наблюдений, касающихся фосфорилирования при переносе электронов, она не в состоянии разрешить две проблемы: во-первых, гипотетический «третий компонент», содержащий богатую энергией связь, никогда не был обнаружен; во-вторых, фосфорилирование происходит только в интактных мембранных структурах, содержащих цепь переноса электронов.

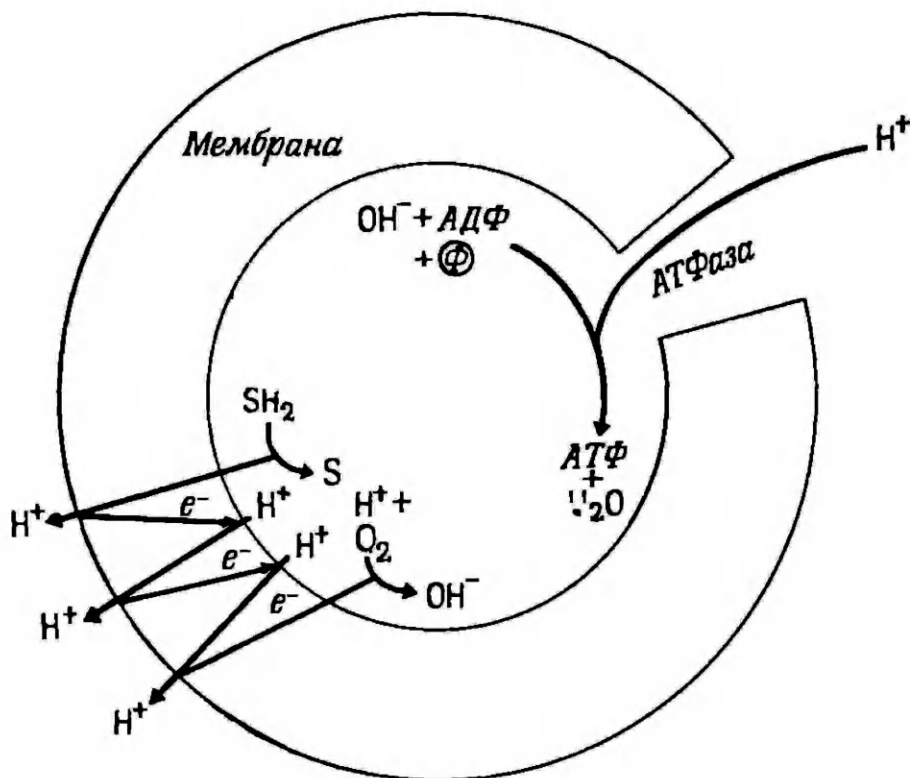
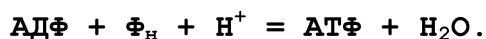


Рис. 7. Принципиальная схема, иллюстрирующая химио-осмотическую гипотезу. Показан механизм «выбрасывания» протонов дыхательной цепью переноса электронов. Градиент рН (ΔpH) между внутренним и наружным относительно мембраны пространством устанавливается в результате прохождения электронов (e^-) от донора электронов (SH_2) к конечному акцептору электронов (в данном случае к O_2). Протоны могут вернуться в клетку только в тех местах, где находится АТФаза — здесь они обеспечивают синтез АТФ.

В химио-осмотической гипотезе, выдвинутой Митчеллом, не предполагается существования богатых энергией третьих компонентов и требуется наличие интактной мембранной структуры. В ней постулируется, что цепь переноса электронов ориентирована поперек мембраны, так что окисление переносчиков электронов сопровождается переносом стехиометрического количества протонов в обратном направлении (рис. 7). Далее предполагается, что мембрана непроницаема для протонов. Поэтому при переносе электронов возникает градиент концентрации протонов (ΔpH) между внутренним и внешним относительно мембраны пространством. Протоны могут пройти обратно через мембрану только в определенных местах. В некоторых из этих мест расположены специфические белки (АТФазы), катализирующие следующую реакцию (при физиологических значениях pH):



Эта реакция поддерживается градиентом pH , существование которого и приводит к образованию АТФ.

Некоторые экспериментальные данные подтверждают химио-осмотическую гипотезу: было показано, что перенос электронов приводит к возникновению градиентов pH и что АТФазные активности связаны с мембранами².

² Кроме того, было показано, что искусственно созданный градиент pH может приводить к образованию АТФ в отсутствие переноса электронов; таким образом, химио-осмотическую гипотезу можно считать в основном доказанной. — Прим. перев.



ВВЕДЕНИЕ В ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Кубланов М.С.

(продолжение)

Планирование двухфакторного эксперимента

План двухфакторного эксперимента рассмотрим на примере задачи об испытаниях шин.

Пример

Пусть для испытания выделено 12 шин новой марки и 4 типа автомобиля: I, II, III, IV; а технические условия таковы, что перестановка колес во время испытания исключается.

В этом эксперименте предполагается наличие двух существенных факторов: Т – автомобиль и S – место установки шины на автомобиле, распознаваемое по условным номерам: 1, 2, 3, 4. Таким образом, количество уровней каждого фактора оказывается равным 4. Легко видеть, что рассматриваемые факторы независимы, поэтому можно не исследовать третий фактор их совместного влияния. Математическая дисперсионная модель такого эксперимента может быть записана в виде:

$$Y_{ij} = \mu + T_j + S_i + \varepsilon_{ij}$$

где Y_{ij} – результат испытания шины на i -м месте j -го автомобиля; μ – средний ожидаемый результат (математическое ожидание); T_j – отклонение от μ , обусловленное влиянием типа автомобиля; S_i – отклонение от $\mu + T_j$, обусловленное влиянием места установки шины на автомобиле; ε_{ij} – нормально распределенная погрешность оценки результата эксперимента, обусловленная влиянием неучтенных факторов.

Естественное стремление поставить эксперимент наиболее полным образом для данного примера означает, что надо было бы испытать шины на каждом месте всех автомобилей. Т.е. провести полный факторный эксперимент, обеспечивающий всевозможные сочетания всех уровней и всех факторов, объемом

$$\prod_{i=1}^k h_i = 4 \times 4 = 16$$

опытов, где $k = 2$ – число факторов, а $h_i = 4$ – число уровней каждого фактора. Наличие только 12 шин не позволяет построить полный план такого эксперимента. Как же следует разместить шины с наибольшей выгодой для наибольшей представительности результатов?

Если попытаться разместить шины, полностью укомплектовав первые 3 типа автомобилей, то последний окажется не у дел. В целях экономии средств это может быть и выгодно, но не позволит получить информацию об эксплуатационных свойствах шин на четвертом типе автомобиля. Однако с формальной точки зрения такой способ обладает существенным преимуществом перед другими – полнотой. Мы получаем полный план двухфакторного эксперимента для 3 уровней фактора типа автомобиля и 4 уровней фактора места расположения шин. В этом примере очевидно, что полнота плана без дополнительных усилий влечет за собой его сбалансированность – симметричность распределения отдельных опытов в эксперименте, т.е. в нашем примере расположение шин на каждом из трех автомобилей симметрично. Кроме того, нет нужды заботиться о рандомизации – в рамках рассматриваемой задачи различие между шинами не исследуется, а сбалансированность полного плана ставит исследуемые факторы в равные условия.

Аналогичные рассуждения можно провести для размещения шин на трех определенных местах (например, за исключением 4-го) всех 4 автомобилей.

Эти неудачные попытки наводят на мысль о неизбежности построения неполного плана. Размещение 12 шин на 4 местах 4 автомобилей возможно только группами – блоками (сериями). Блоки можно рассматривать как по автомобилям, так и по местам расположения. В нашем примере блоки не могут быть полными – шины будут испытываться не на каждом месте каждого автомобиля: план эксперимента оказывается неполноблочным.

Стремление получить как можно более полную информацию подталкивает к построению сбалансированных блоков: на каждом автомобиле разместить по 3 шины так, чтобы любые два места расположения встречались одинаковое число раз. А рандомизацию исследуемых факторов можно обеспечить случайным распределением незанятых номеров мест между автомобилями или полным перебором таковых.

Таким образом, мы приходим к неполноблочному сбалансированному плану двухфакторного четырехуровневого рандомизированного эксперимента, изображенному в табл. 1. В ней номер строки (места) можно интерпретировать, как номер отдельного опыта для определения результата испытаний шин на данном месте установки. Аналогичные рассуждения допустимы и относительно номера столбца (автомобиля). Т.е. возникает множество возможностей изображать один и тот же план

одного и того же эксперимента.

Таблица 1.

Место (i)	Автомобиль (j)				
	I	II	III	IV	
1	+1	-1	+1	+1	S_1
2	-1	+1	+1	+1	S_2
3	+1	+1	+1	-1	S_3
4	+1	+1	-1	+1	S_4
	T_1	T_2	T_3	T_4	μ

Исходным в нашем примере является представление об опыте, связанном с испытанием одной шины. Поэтому более естественным представляется изображение плана эксперимента в унифицированной форме, показанной в табл. 2. Матрица этого плана выглядит несколько непривычно для своего "названия", однако, она дает четкое изображение уровней всех исследуемых факторов для каждого опыта (т.е. где устанавливается каждая шина).

Таблица 2.

№ опыта (шины)	Факторы	
	№ автомобиля	№ места
1	I	1
2	I	3
3	I	4
4	II	2
5	II	3
6	II	4
7	III	1
8	III	2
9	III	3
10	IV	1
11	IV	2
12	IV	4

Планирование многофакторного эксперимента

Рассмотрим расширение примера предыдущего параграфа на случай трех факторов.

Пример

Для испытаний выделено по 4 шины 4 марок А, В, С, D и 4 типа автомобиля: I, II, III, IV. Перестановка колес во время испытаний исключается.

В этом эксперименте присутствуют 3 существенных фактора: Т – тип автомобиля, S – место установки шины на автомобиле, распознаваемое по условным номерам: 1, 2, 3, 4, и Q – тип шины. Как и в предыдущем параграфе, количество уровней каждого фактора равно 4 и факторы независимы. Математическая дисперсионная модель такого эксперимента, не исследующего совместное влияние факторов, может быть записана в виде:

$$Y_{ijm} = \mu + T_j + S_i + Q_m + \varepsilon_{ijm}$$

где y_{ijm} – результат испытания шины m -ой марки на i -м месте j -го автомобиля;
 Q_m – отклонение от $\mu + T_j + S_i$, обусловленное влиянием m -й марки шины; ε_{ijm} – погрешность эксперимента, обусловленная влиянием неучтенных факторов.

Полный факторный эксперимент в этом случае требует $4 \times 4 \times 4 = 64$ опыта, т.е. 64 шины. В нашем распоряжении их только 16, что позволяет полностью обеспечить ими все автомобили. Поэтому, несмотря на то, что весь план неполный, блоки в нем можно сделать полными и рандомизированными, т.е. установить на каждый автомобиль в случайном порядке все четыре типа шин. В таком случае составить сбалансированный рандомизированный план помогают латинские квадраты. Такой план в двух разных видах представлен в табл. 3 и 4.

Таблица 3.

Место (i)	Автомобиль (j)			
	I	II	III	IV
1	A	B	C	D
2	D	A	B	C
3	C	D	A	B
4	B	C	D	A

Таблица 4.

Опыт (шина)	Факторы		
	№ автомобиля	№ места	№ марки шины
1	I	1	A
2	I	2	D
3	I	3	C
4	I	4	B
5	II	1	B
6	II	2	A
7	II	3	D
8	II	4	C
9	III	1	C
10	III	2	B
11	III	3	A
12	III	4	D
13	IV	1	D
14	IV	2	C
15	IV	3	B
16	IV	4	A

Как видно из рассмотренных примеров, образное представление многофакторных планов с числом уровней больше 2, весьма затруднено. Поэтому для изучения особенностей таких планов будем в дальнейшем рассматривать только двухуровневые факторы.

Для наглядности редуцируем рассмотренный пример трехфакторного четырехуровневого эксперимента к двум уровням по каждому фактору. То есть рассмотрим 2 типа шин A и B, 2 типа автомобилей I и II с 2 местами для испытания: 1 и 2. План в этом случае выглядит так, как показано в табл. 5. Этот же план в унифицированном виде представлен в табл. 6, где x_1 обозначает фактор T (тип автомобиля), x_2 – фактор S (место установки шины на автомобиле), а x_3 – Q (тип шины), +1 первые уровни всех факторов (1, I, A) и -1 – вторые уровни (2, II, B).

Таблица 5.

Место (i)	Автомобиль (j)	
	I	II
1	A	B
2	B	A

Таблица 6.

Опыт (i)	Факторы (j)			Результат опыта (i)
	x ₁	x ₂	x ₃	
1	+1	+1	+1	y ₁
2	+1	-1	-1	y ₂
3	-1	+1	-1	y ₃
4	-1	-1	+1	y ₄

Не случайно план табл. 6 совпадает с планом таблицы в задаче о взвешивании. И тот и другой являются сбалансированным полноблочным планом трехфакторного двухуровневого, полностью рандомизированного эксперимента для дисперсионного анализа.

Нетрудно видеть, что план эксперимента табл. 6, обеспечивающий получение результатов y_1 , y_2 , y_3 и y_4 , предоставляет принципиальную возможность провести и другие виды статистического анализа: регрессионный и корреляционный. Прежде, чем перейти к обсуждению этой возможности, введем некоторые определения, характеризующие свойства плана.

Обозначим элементы матрицы плана через x_{ij} . Тогда для столбцов $j = 1, 2, 3$ легко убедиться в следующем:

- 1) сумма элементов любого столбца равна нулю:

$$\sum_{i=1}^N x_{ij} = 0$$

где N – число опытов; это свойство говорит о том, что план симметричный;

- 2) сумма квадратов элементов столбца (длина столбца) на единицу больше числа k факторов:

$$\sum_{i=1}^N x_{ij}^2 = k + 1$$

– это условие нормировки, а $k + 1$ называется числом степеней свободы плана;

- 3) скалярное произведение любых двух различных столбцов плана равно нулю:

$$\sum_{i=1}^N x_{im} x_{in} = 0 \quad \text{при } m \neq n$$

это свойство носит название ортогональности (оно приводит к независимости определения всех коэффициентов линейной регрессионной модели);

- 4) число опытов N совпадает с числом коэффициентов уравнения линейной регрессии $k + 1$ – в этом случае план называется насыщенным для выбранной линейной регрессионной модели. Действительно: по 4 результатам эксперимента можно определить все 4 коэффициента линейной по трем факторам регрессии исследуемого параметра y :

$$y = \lambda_0 + \lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2 + \lambda_3 x_3.$$

Следует обратить внимание на то, что понятие насыщенности связано именно с

линейной регрессионной математической моделью исследуемого явления.

В случае $N > k + 1$ план ненасыщенный – определение всех коэффициентов линейной регрессионной модели не исчерпывает собранную информацию, не использует все степени свободы плана. В этом случае кроме коэффициентов регрессии можно получить дополнительные статистические оценки, например, проверить гипотезу о равенстве нулю коэффициента регрессии совместного влияния пары факторов, или построить доверительные интервалы для коэффициентов регрессии, или провести параллельно дисперсионный анализ. При насыщенном плане это невозможно.

В случае $N < k + 1$ план сверхнасыщенный и позволяет получить оценки только части коэффициентов линейной регрессии.

Заметим, что оценки для коэффициентов линейной регрессии

$$\tilde{\lambda}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ij} y_i$$

получаются с дисперсией

$$\sigma^2 \{\tilde{\lambda}_j\} = \frac{1}{N} \sigma^2 \{y\},$$

в N раз меньшей, чем результат каждого опыта. Для определения λ_0 можно воспользоваться теми же соображениями, что и для других коэффициентов. Однако получающаяся формула свободного члена

$$\tilde{\lambda}_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

нарушает единообразие. Поэтому модернизируем план за счет дополнительного фиктивного фактора x_0 "прочих" влияний, которые всегда присутствуют, при всех опытах эксперимента. Новый вид плана представлен в табл. 7, где светло-желтым цветом помечен собственно план. Симметричная матрица, представляющая этот план, в которой первый столбец, первая строка и главная диагональ состоят из +1, а все остальные элементы -1, называется матрицей Адамара.

Таблица 7.

Опыт (i)	Факторы (j)				Результат опыта (i)
	x_0	x_1	x_2	x_3	
1	+1	+1	+1	+1	y_1
2	+1	+1	-1	-1	y_2
3	+1	-1	+1	-1	y_3
4	+1	-1	-1	+1	y_4
		план			

В заключение данного параграфа отметим, что составленный в табл. 7 сбалансированный полноблочный план трехфакторного двухуровневого, полностью рандомизированного эксперимента для дисперсионного анализа обладает свойствами симметричности, ортогональности и насыщенности для линейной регрессионной модели, для него также выполнено условие нормировки. Однако этот план не является полным, так как вместо

$$\prod_{j=1}^k h_j = 2^3 = 8$$

опытов содержит только 4. Но, несмотря на это, план позволяет провести линейный регрессионный анализ по всем трем факторам.

Неполные и неортогональные планы

В конце предыдущего параграфа было отмечено, что план эксперимента по табл. 7 неполный, хотя и позволяет построить линейную регрессионную модель, являясь для нее насыщенным.

Дополним его, для чего добавим всевозможные строки, в которых уровень +1 встречается дважды, и строку со всеми -1. В табл. 8 показан такой план.

Таблица 8.

Опыт (i)	Факторы (j)				Результат опыта
	x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	
1	+1	+1	+1	+1	y ₁
2	+1	+1	-1	-1	y ₂
3	+1	-1	+1	-1	y ₃
4	+1	-1	-1	+1	y ₄
5	+1	+1	+1	-1	y ₅
6	+1	+1	-1	+1	y ₆
7	+1	-1	+1	+1	y ₇
8	+1	-1	-1	-1	y ₈
		план			

Вообще говоря, полный план можно составлять, руководствуясь следующим правилом, обеспечивающим полный перебор всевозможных комбинаций двух уровней основных факторов (кроме фиктивного x₀). В первом столбце знаки меняют через один. Во втором знаки встречаются парами, т.е. чередуются через 2. В третьем – четверками, чередуясь через 4. Далее, если необходимо – через следующие степени 2. Построенный по этому правилу полный план всегда обладает свойствами симметричности и ортогональности, что можно проверить непосредственно. Нетрудно видеть, что план табл. 8 соответствует этому правилу построения, если в нем изменить порядок строк (опытов) на следующий: 1, 7, 6, 4, 5, 3, 2, 8.

Новый план стал полным – его объем стал равняться $2^3 = 8$, чего мы и добивались, но теперь нарушилось свойство насыщенности для линейной регрессии. Для нее план стал ненасыщенным. Следовательно, есть возможность расширения регрессионной модели на столько членов, на сколько объем эксперимента (число опытов) N стал больше числа степеней свободы k + 1. В нашем случае N = 8, а k+1 = 4, т.е. можно добавить 4 таких новых члена модели, которые не изменят числа основных факторов. Таким образом, в модель можно добавить всевозможные сочетания (произведения) основных факторов и рассматривать ее в следующем, уже нелинейном, виде:

$$y = \lambda_0 + \lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2 + \lambda_3 x_3 + \lambda_{12} x_1 x_2 + \lambda_{13} x_1 x_3 + \lambda_{23} x_2 x_3 + \lambda_{123} x_1 x_2 x_3.$$

Под такую расширенную регрессионную модель можно построить насыщенный план. В табл. 9 представлен такой план, полученный из полного плана для линейной

трехфакторной регрессии (перекомпонованный план табл. 8) добавлением столбцов сочетаний (произведений) основных факторов.

Таблица 9.

Опыт (i)	Факторы (j)				x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	Результат опыта
	x_0	x_1	x_2	x_3					
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	y_1
2	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	y_2
3	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	y_3
4	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	y_4
5	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	y_5
6	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	y_6
7	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	y_7
8	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	y_8
		план							

Легко проверить, что построенный таким образом насыщенный план обладает всеми рассмотренными выше свойствами. Условие нормировки выполняется для всех столбцов очевидным образом. Симметричность столбцов парных произведений следует из условия ортогональности основных столбцов. В симметричности столбца тройного произведения можно убедиться с помощью следующих рассуждений, основанных на виде основных столбцов, позволяющем последовательно разбивать суммы на две части:

$$\sum_{i=1}^N x_{i1}x_{i2}x_{i3} = \sum_{i=1}^{N/2} x_{i1}x_{i2}x_{i3} + \sum_{i=N/2+1}^N x_{i1}x_{i2}x_{i3} = \sum_{i=1}^{N/2} x_{i1}x_{i2} \cdot 1 - \sum_{i=N/2+1}^N x_{i1}x_{i2} \cdot 1 = 0,$$

так как $\sum_{i=1}^{N/2} x_{i1}x_{i2} = \sum_{i=N/2+1}^N x_{i1}x_{i2}.$

Ортогональность столбцов расширения и основных столбцов следует при $k \neq l \neq m \neq k$ из симметричности столбца тройного произведения:

$$\sum_{i=1}^N (x_k)_i (x_l x_m)_i = \sum_{i=1}^N x_{ik} x_{il} x_{im} = 0,$$

при $l = k$ - из симметричности и нормированности основных столбцов:

$$\sum_{i=1}^N (x_k)_i (x_k x_m)_i = \sum_{i=1}^N x_{ik} x_{ik} x_{im} = \sum_{i=1}^N 1 \cdot x_{im} = 0,$$

а для тройного произведения:

$$\sum_{i=1}^N (x_k)_i (x_k x_l x_m)_i = \sum_{i=1}^N x_{ik} x_{ik} x_{il} x_{im} = \sum_{i=1}^N 1 \cdot x_{il} x_{im} = 0$$

- из ортогональности основных столбцов.

Ортогональность столбцов расширения между собой проверяется аналогично:

$$\sum_{i=1}^N (x_k x_l)_i (x_l x_m)_i = \sum_{i=1}^N x_{ik} x_{il} x_{il} x_{im} = \sum_{i=1}^N 1 \cdot x_{ik} x_{im} = 0,$$

$$\sum_{i=1}^N (x_k x_l)_i (x_k x_l x_m)_i = \sum_{i=1}^N x_{ik} x_{il} x_{ik} x_{il} x_{im} = \sum_{i=1}^N 1 \cdot 1 \cdot x_{im} = 0.$$

Все это вместе взятое, позволяет рассматривать описанный способ построения насыщенного плана 3-факторного эксперимента для расширенной нелинейной регрессионной модели, как способ построения насыщенного плана для любой 7-факторной линейной регрессионной модели вида:

$$y = \lambda_0 + \sum_{j=1}^7 \lambda_j x_j$$

Действительно: его насыщенность позволяет определить все 8 коэффициентов такой линейной модели, несмотря на неполноту. Полный план 7-факторного эксперимента должен был бы содержать

$$\prod_{j=1}^k h_j = 2^7 = 128$$

опытов! Нельзя не прийти к выводу о неприемлемости реализации полных планов для многофакторных экспериментов.

Проведенный переход от плана табл. 7 к плану табл. 9 показывает возможность построения неполного, но насыщенного плана для эксперимента с бóльшим числом факторов, исходя из плана с меньшим числом факторов. Так, при переходе от неполного плана табл. 7 к полному плану табл. 8 было замечено, что исходный план составляет симметричную, ортогональную часть от полного плана, насыщенную для линейной регрессионной модели. Переход от полного плана трехфакторного эксперимента табл. 8 к неполному плану semifакторного эксперимента табл. 9 позволил построить тоже неполный, но симметричный, ортогональный план, насыщенный для линейной регрессионной модели.

Неполные планы при условии их симметричности, нормировки и ортогональности, позволяющие определить регрессионную модель частного вида, называются дробными планами или дробными репликами. Следуя этой терминологии, план табл. 7 называют полурепликой полного 3-факторного плана.

Если полный план k -факторного h -уровневого эксперимента принято обозначать h^k (по его объему), то полуреплику обозначают h^{k-1} . Указанное выражение задает объем эксперимента из N опытов. Таким образом, табл. 7 дает нам полуреплику типа 2^{3-1} из полного плана 2^3 табл. 8. План табл. 9 можно рассматривать, как $1/16$ реплику 2^{7-4} от полного плана 7-факторного эксперимента 2^7 .

Полный план k -факторного двухуровневого эксперимента можно интерпретировать, как полный перебор всех вершин k -мерного куба, полуреплику – как перебор только половины вершин этого куба, выбранных таким образом, чтобы составить симплекс.

Как было показано выше, дробные планы можно строить из полных планов более низкого порядка. Однако при этом следует специально следить за соблюдением

условия ортогональности. Дело в том, что ортогональность плана обеспечивает получение коэффициентов регрессии раздельно по всем факторам, в то время как неортогональные планы позволяют определить не все коэффициенты, а некоторые из них лишь для комбинаций факторов, например, вида $(x_1 + x_2 x_4)$ или $(x_2 - 5,7 x_1 x_2 x_3)$, что не всегда удобно и приемлемо. Иными словами, ортогональный план позволяет получить систему линейных алгебраических уравнений для коэффициентов линейной регрессии, имеющих единственное решение. То есть ортогональный план обеспечивает максимум информации при заданном объеме эксперимента. В табл. 9 приведены наблюдения ортогональности дробные планы следует строить с помощью добавления (если это необходимо) столбцов взаимодействия. Так, для построения полуреплики 2^{4-1} 4-факторного эксперимента можно взять полный план 3-факторного – 2^3 (см. собственно план табл. 9) и добавить 1 столбец любого взаимодействия, например, $x_4 = x_1 x_2$. Как мы видели, такая конструкция обеспечивает ортогональность, т.е. возможность определения всех коэффициентов регрессии. Эта полуреплика изображена верхними 8 строками табл. 10. В нижних 8 строках этой таблицы для наглядности помещена другая полуреплика, у которой $x_4 = -x_1 x_2$. Вместе эти две полуреплики составляют полный план 2^4 .

Таблица 10.

Опыт (i)	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4
1	+1	+1	+1	+1	+1
2	+1	-1	+1	+1	-1
3	+1	+1	-1	+1	-1
4	+1	-1	-1	+1	+1
5	+1	+1	+1	-1	+1
6	+1	-1	+1	-1	-1
7	+1	+1	-1	-1	-1
8	+1	-1	-1	-1	+1
9	+1	+1	+1	+1	-1
10	+1	-1	+1	+1	+1
11	+1	+1	-1	+1	+1
12	+1	-1	-1	+1	-1
13	+1	+1	+1	-1	-1
14	+1	-1	+1	-1	+1
15	+1	+1	-1	-1	+1
16	+1	-1	-1	-1	-1

Для построения четверть-реплики 5-факторного эксперимента 2^{5-2} за основу можно взять тот же полный план 2^3 , к которому следует добавить 2 столбца, составленных из разных произведений основных факторов.

До сих пор мы рассматривали регрессионные модели, в которых каждый фактор встречается (даже в комбинации с другими) только в степени 0 или 1. Естественно, более завершённой выглядит модель, хоть и без тройного взаимодействия, но учитывающая степени факторов, например, квадраты:

$$y = \lambda_0 + \sum_{j=1}^k \lambda_j x_j + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \lambda_{ji} x_j x_i$$

Из симметрии матрицы λ_{ji} следует, что для такой модели с тремя факторами $k = 3$ необходимо определить 10 различных коэффициентов. Полный же план 3-факторного эксперимента дает только $2^3 = 8$ опытов, которые не позволяют их все

определить. Этот полный план для такой регрессионной модели является сверхнасыщенным. Попытки расширения плана, аналогичные рассмотренным выше, приводят к необходимости построения неортогонального плана, так как придется включить одинаковые столбцы с квадратами факторов: $x_j^2 = x_i^2$. А неортогональный план, как мы уже знаем, не позволит определить все коэффициенты регрессии.

Прием построения специфического неортогонального плана, позволяющего определить все коэффициенты для сложных регрессионных моделей, предложил Бокс. Следуя ему, назовем "ядром" полный план $2^3 = 8$, расширенный столбцами соответствующих взаимодействий и квадратов факторов. В табл. 11 ядро располагается в верхних 8 строках.

Таблица 11.

№ опыта	x_0	x_1	x_2	x_3	x_{12}	x_{22}	x_{32}	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	я д р о
2	+1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	
3	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	
4	+1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	
5	+1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	
6	+1	-1	+1	-1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	
7	+1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	
8	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
9	+1	$+\alpha$	0	0	α^2	0	0	0	0	0	з в е з д ы
10	+1	$-\alpha$	0	0	α^2	0	0	0	0	0	
11	+1	0	$+\alpha$	0	0	α^2	0	0	0	0	
12	+1	0	$-\alpha$	0	0	α^2	0	0	0	0	
13	+1	0	0	$+\alpha$	0	0	α^2	0	0	0	
14	+1	0	0	$-\alpha$	0	0	α^2	0	0	0	
15	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	центр

Дополнять план Бокс предложил, искусственно увеличивая количество уровней факторов введением в план новых точек на ребрах k -мерного куба. Необходимость этого ясна, если вспомнить, что выявить квадратичную зависимость можно только по не менее чем трем точкам, т.е. необходимо иметь не менее трех уровней факторов. $2k$ "звездных" точек представляют собой точки плана с координатами по основным факторам вида $(\pm\alpha, 0, 0, \dots, 0)$, $(0, \pm\alpha, 0, 0, \dots, 0)$, $\dots$, $(0, 0, \dots, \pm\alpha)$ – они расположены в табл. 11 в строках с 9-ой по 14-ю. Еще одна точка – центральная – имеет все координаты $x_j=0$, она помещена в 15-ой строке. Таким образом, план стал ненасыщенным, что позволяет кроме всех требуемых коэффициентов регрессии провести оценку некоторых статистических критериев или дисперсионный анализ за счет оставшихся $(15 - 10) = 5$ степеней свободы. Заметим, кстати, что во всех формулах вычисления дисперсии при таком анализе число степеней свободы должно быть уменьшено на количество найденных коэффициентов регрессии (в нашем примере на 10).

Сравнение приемов планирования эксперимента

Для подробного изучения нескольких возможных приемов целенаправленного построения планов рассмотрим следующий пример планирования эксперимента для дисперсионного анализа.

Пример

Для некоторого технологического процесса требуется оценить эффекты обработки 5 различными способами: А, В, С, D, Е (фактор обработки). Поставим задачу сравнить возможные планы эксперимента, состоящего в распределении способов обработки по объектам, с точки зрения наилучшей точности и наибольшей информативности.

В качестве исходного экспериментального материала предоставлены 35 объектов производства (1-й столбец), подлежащих дальнейшей обработке исследуемыми способами. Результаты контрольного замера в этой партии объектов до обработки представлены в 4-м столбце табл. 12. Каждое значение в этом столбце является суммой двух неподдающихся измерениям значений: истинного значения замеряемого параметра (2-й столбец) и погрешности замера (3-й столбец), которая предполагается нормально распределенной. Таким образом, например, двадцатый объект поступает на обработку одним из исследуемых способов с параметром: $26,7 = 24 + 2,7$, который тоже не поддается замеру.

Таблица 12.

№	Истинное значение параметра	Погрешность замера	Результат замера параметра до обработки	Планы экспериментов				
				Упорядоченное распределение	Полностью рандомизированный	Рандомизированные полные блоки	Латинский квадрат (полные блоки)	Систематическое распределение
1	9	-1,4	7,6	А	D	В	С	D
2	12	2,8	14,8	А	D	Е	Е	Е
3	11	3,6	14,6	А	В	А	А	А
4	12	-1,7	10,3	А	Е	D	D	В
5	16	0,4	16,4	А	С	С	В	С
6	17	2,9	19,9	А	D	Е	В	D
7	14	0,4	14,4	А	В	С	D	Е
8	14	1,4	15,4	В	А	А	Е	А
9	17	-2,0	15,0	В	С	D	С	В
10	16	1,6	17,6	В	В	В	А	С
11	13	0,0	13,0	В	С	В	А	D
12	12	-2,3	9,7	В	А	А	С	Е
13	12	-3,1	8,9	В	С	D	D	А
14	17	-0,1	16,9	В	А	С	В	В
15	20	-0,4	19,6	С	D	Е	Е	С
16	20	-1,0	19,0	С	А	В	Е	D
17	20	-3,2	16,8	С	Е	С	В	Е
18	22	1,6	23,6	С	D	А	С	А
19	23	1,4	24,4	С	В	Е	А	В
20	24	2,7	26,7	С	В	D	D	С
21	23	1,8	24,8	С	Е	С	D	D
22	26	1,5	27,5	D	В	Е	А	Е
23	26	-1,7	24,3	D	А	В	В	А
24	27	0,5	27,5	D	А	D	Е	В
25	26	0,6	26,6	D	D	А	С	С
26	25	0,3	25,3	D	С	D		D
27	26	-0,4	25,6	D	С	В		Е
28	29	3,5	32,5	D	В	С		А
29	29	0,4	29,4	Е	С	Е		В

30	28	2,5	30,5	Е	Е	А		С
31	30	-1,2	28,8	Е	Е	Д		Д
32	31	0,3	31,3	Е	А	А		Е
33	30	-2,7	27,3	Е	Е	В		А
34	30	-3,8	26,2	Е	Д	Е		В
35	28	4,5	32,5	Е	Е	С		
	21,00	0,28	21,28	Среднее				
	46,18	4,404	52,49	Дисперсия				

Эффекты каждого способа обработки постоянны, не зависят от исходных параметров объекта и выражаются в добавлении определенного значения к контролируемому параметру: для А – это (+3,0), для В – (+1,5), для С – (0,0), для Д – (-1,5), для Е – (-3,0).

Заметим, что при последующем проведении планируемого эксперимента ни эти значения, которые и следует оценить, ни данные 4-го столбца (параметр до обработки) известны не будут – контролируемым останется только результат обработки, например, двадцатого объекта способом Е: $23,7 = 26,7 - 3,0$. Т.е. влияние каждого способа обработки придется оценивать лишь по этим замерам. В табл. 12 исходный статистический материал в столбцах 2, 3, 4, характеризующий предварительные стадии производственного процесса, дан лишь для наглядности сравнения различных планов эксперимента.

а) Рассмотрим первый пример – план упорядоченного (нерандомизированного) распределения способов обработки, представленный 5-м столбцом табл. 12. Проанализируем результаты этого эксперимента, т.е. поддающиеся контролю результаты замера параметра после обработки. Эти данные показаны в табл. 13, сгруппированными по способам обработки, под которые попало ровно по 7 объектов.

Таблица 13.

Объект (i)	Способы обработки (j)				
	А	В	С	Д	Е
1	10.6	16.9	19.6	26.0	26.4
2	17.8	16.5	19.0	22.8	27.5
3	17.6	19.1	16.8	26.0	25.8
4	13.3	14.5	23.6	25.1	28.3
5	19.4	11.2	24.4	23.8	24.3
6	22.9	10.4	26.7	24.1	23.2
7	17.4	18.4	24.8	31.0	29.5
$\bar{y}_j$	17.00	15.29	22.13	25.54	26.43
$\bar{y}_j - \bar{\bar{y}}$	-4.28	-5.99	0.85	4.26	5.15
$\bar{\bar{y}} =$	21.28				

$\bar{y}_j$ – среднее значение контролируемого параметра изделий в группе, обработанной j-ым способом,

$\bar{\bar{y}}$ – среднее значение параметра всех объектов после обработки. Нетрудно видеть, что величина $\bar{y}_j - \bar{\bar{y}}$ характеризует искомую оценку эффекта способов обработки, поскольку задает отклонение средней величины измеряемого фактора в группе одного из способов обработки от общего среднего.

Первые 7 объектов, прошедших обработку способом А дали среднее значение контролируемого параметра 17,00; вторые при способе В – 15,29; далее соответственно 22,13; 25,54; 26,43. Создается впечатление, что эффекты первых способов обработки меньше, чем последних, что ошибочно! Таким образом, план упорядоченного распределения способов обработки может приводить к выводам, прямо противоположным истинному положению вещей. Это говорит о том, что на итоговый наблюдаемый результат замеров оказывают существенное влияние неизвестные систематические отклонения, не связанные с применяемым способом обработки. При таком плане эксперимента систематические отклонения исходного материала затмевают результаты обработки. Можно сказать, что эксперимент неудачно спланирован.

Таким образом, можно сделать вывод, что результаты упорядоченного плана однофакторного эксперимента весьма чувствительны к скрытым факторам исходного статистического материала.

б) Для получения менее безнадёжных результатов достаточно распределить способы обработки по объектам так, чтобы уравнивать возможности появления различных отклонений в исходном материале, т.е. достаточно применить рандомизацию. В 6-ом столбце табл. 12 все 5 способов обработки распределены между объектами случайным образом, т.е. каждый объект подвергается какому-либо способу обработки независимо от отклонения контролируемого параметра и порядкового номера.

В верхней части табл. 14 представлены результаты полностью рандомизированного эксперимента, сгруппированные по способам обработки. Наблюдаемое значение параметра, например, восьмого объекта, подвергшегося согласно плану обработке способом А, 18,4 – складывается из значения параметра до обработки 15,4 и результата обработки +3,0 способом А. В нижней части табл. 33 приводятся все данные дисперсионного анализа влияния способов обработки для оценки их вклада.

Таблица 14.

Объект	Способы обработки				
	А	В	С	Д	Е
1	18,4	16,1	16,4	6,1	7,3
2	12,7	15,9	15,0	13,3	13,8
3	19,9	19,1	13,0	18,4	21,8
4	22,0	25,9	8,9	18,1	27,5
5	27,3	28,2	25,3	22,1	25,8
6	30,5	29,0	25,6	25,1	24,3
7	34,3	34,0	29,4	24,7	29,5
$\bar{y}_j$	23,59	24,03	19,09	18,26	21,43
$\bar{y}_j - \bar{y}$	2,31	2,75	-2,19	-3,02	0,15
$\bar{y} = 21,28$					
Дисперсионный анализ					
Оценка рассеяния				f	s ²
между группами по способам обработки				4	46,98
внутренняя				30	55,04

Здесь: f – число степеней свободы, s² – статистическая оценка дисперсий: между группами по способам обработки:

$$s_A^2 = \frac{\sum_{j=1}^k N_j (\bar{y}_j - \bar{\bar{y}})^2}{k-1},$$

где $k = 5$ по числу способов обработки, $N_j=7$ по числу объектов, обработанных j -ым способом; и остаточной – внутренней:

$$s_0^2 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k (y_{ij} - \bar{y}_j)^2}{\sum_{j=1}^k N_j - k},$$

где y_{ij} – значение параметра i -го объекта из обработанных j -ым способом, число объектов, обработанных каждым способом, $m = 7$.

Внутренняя дисперсия дает среднее квадратическое отклонение:

$$s_0 = \sqrt{55,04/7} = 2,80.$$

Это значение сравнимо с самой величиной $\bar{y}_j - \bar{\bar{y}}$ и слишком велико, чтобы сделать оценку эффекта способов обработки уверенной. Это и проявилось в весьма далеких от истины оценках, полученных при этом рандомизированном плане однофакторного эксперимента.

Таким образом, можно сделать вывод, что рандомизация плана позволяет существенно улучшить информативность эксперимента, но влияние скрытых факторов не выявляет.

в) Уменьшению внутренней дисперсии могли бы способствовать два мероприятия: увеличение знаменателя за счет повторения каждого способа обработки более 7 раз (увеличения N_j) или уменьшение числителя, т.е. дисперсии ошибки. Первый требует увеличения объема эксперимента, что не всегда возможно. Второй, как теперь видно, требует более изощренного построения плана эксперимента. Из основного уравнения дисперсионного анализа следует, что общая дисперсионная сумма разбивается на столько частей, сколько факторов исследуется в задаче. Следовательно, надо увеличивать количество учитываемых факторов и, соответственно, частных дисперсий.

В нашем экспериментальном материале разнородность определяется неучтенным влиянием неизвестных факторов (например, местом или временем изготовления) – из последней строки табл. 12 видно, что они привели к сильному разбросу исходного истинного значения измеряемого параметра, дисперсия которого 46,18 во много раз больше дисперсии погрешности замера 4,404. Разделим весь экспериментальный материал на одинаковые блоки по порядку. Порядок блоков и будем считать вторым (искусственным) фактором для построения плана двухфакторного эксперимента. Для того чтобы в каждом из этих блоков можно было бы применить обработку всеми оцениваемыми способами, их объем должен быть равен числу способов обработки $k = 7$.

Ясно, что с целью рандомизации, (как в предыдущем варианте б) т.е. случайного распределения оцениваемых способов обработки, их следует применить внутри каждого блока к случайным объектам. Так составлен план эксперимента с по-

мощью рандомизированных полных блоков (7-ой столбец табл. 12). Табл. 15 построена аналогично табл. 33 и дает возможность провести дисперсионный анализ.

Таблица 15.

№ блока	Способы обработки					$\bar{y}_i$
	А	В	С	Д	Е	
1	17,6	9,1	16,4	8,8	11,8	12,74
2	18,4	19,1	14,4	13,5	16,9	16,46
3	12,7	14,5	16,9	7,4	16,6	13,62
4	26,6	20,5	16,8	25,2	21,4	22,10
5	29,6	25,8	24,8	26,0	24,5	26,14
6	33,5	27,1	32,5	23,8	26,4	28,66
7	34,3	28,8	32,5	27,3	23,2	29,22
$\bar{y}_j$	24,67	20,70	22,04	18,86	20,11	
$\bar{y}_j - \bar{\bar{y}}$	3,39	-0,58	0,76	-2,42	-1,17	
$\bar{\bar{y}} = 21,28$						
Дисперсионный анализ						
Оценка рассеяния					f	s ²
между блоками					6	247,20
между группами по способам обработки					4	34,39
внутренняя					24	9,858

Здесь статистические оценки частных дисперсий s^2 подсчитываются следующим образом: между блоками по формуле:

$$s_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^b m_i (\bar{y}_i - \bar{\bar{y}})^2}{b-1},$$

где $b = 7$ по числу блоков, $m_j = 5$ по числу объектов в j -м блоке; между группами по способам обработки – по формуле:

$$s_A^2 = \frac{\sum_{j=1}^k N_j (\bar{y}_j - \bar{\bar{y}})^2}{k-1};$$

остаточная, внутренняя – по формуле:

$$s_0^2 = \frac{\sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k (y_{ij} - \bar{y}_i - \bar{y}_j + \bar{\bar{y}})^2}{(b-1)(k-1)}.$$

В этом случае остаточное среднее квадратическое отклонение:

$$s_0 = \sqrt{9,858/7} = 1,19$$

существенно меньше, чем в полностью рандомизированном эксперименте. Поэтому

$$\bar{y}_j - \bar{\bar{y}}$$

оценка эффекта способов обработки существенно лучше и ближе к истине.

Таким образом, можно сделать два вывода. Во-первых, чем меньше остаточная дисперсия, тем ближе среднее выборочное значение исследуемого фактора к его математическому ожиданию, т.е. к истине. Во-вторых, для уменьшения остаточной дисперсии следует вводить как можно больше дополнительных факторов. На последний вывод следует обратить особое внимание, так как он требует совершенно иную постановку эксперимента на больших и "плохо организованных системах", чем на "хорошо организованных системах". А именно: для получения добротных результатов статистической обработки данных эксперимента следует учитывать случайным образом как можно большее число факторов!

г) Построим план эксперимента по трем факторам – план трехфакторного эксперимента. Введем в рассмотрение в качестве третьего, искусственного фактора порядок способов обработки внутри блока. Блоки по-прежнему возьмем размером $m=5$ по количеству способов обработки (полные блоки). Убедившись в благотворности рандомизации, обеспечим ее с помощью случайного выбора порядка в блоке.

Рандомизацию и сбалансированность блоков могут обеспечить латинские квадраты, в которых порядок расположения всех пяти способов и блоков уникален. Таким образом, рандомизация распространена как на блоки, так и на порядки. Случайно выбранный латинский квадрат 5×5 приведен в табл. 16 (он составлен по упоминавшемуся правилу по столбцам с дополнительной перестановкой столбцов местами). В 8-ом столбце табл. 12 показан план, составленный из блоков – столбцов этого латинского квадрата табл. 16.

Таблица 16.

С	Е	А	Д	В
В	Д	Е	С	А
А	С	Д	В	Е
Е	В	С	А	Д
Д	А	В	Е	С

Но таких блоков по 5 элементов на нашем экспериментальном материале может быть 7, а в латинском квадрате их только 5. Очевидно, часть статистического материала не будет использоваться. Тем более интересно, насколько добротный результат может быть получен в этом случае на меньшем объеме эксперимента.

В табл. 17 приведен дисперсионный анализ результатов эксперимента, спланированного с помощью латинских квадратов.

Таблица 17.

№ блока	Порядок внутри блока					$\bar{y}_i$
	1	2	3	4	5	
1	С 7,6	Е 11,8	А 17,6	Д 8,8	В 17,9	12,74
2	В 21,4	Д 12,9	Е 12,4	С 15,0	А 20,6	16,46
3	А 16,0	С 9,7	Д 7,4	В 18,4	Е 16,6	13,62
4	Е 16,0	В 18,3	С 23,6	А 27,4	Д 25,2	22,10
5	Д 23,3	А 30,5	В 25,8	Е 24,5	С 26,6	26,14

$\bar{y}_s$	16,86	16,64	17,36	18,82	21,38	
$\bar{\bar{y}} = 18,21$						
Способы обработки						
	А	В	С	Д	Е	
$\bar{y}_j$	22,42	20,36	16,50	15,52	16,26	
$\bar{y}_j - \bar{\bar{y}}$	4,21	2,15	-1,71	-2,69	-1,95	
Дисперсионный анализ						
Оценка рассеяния				f	s ²	
между блоками				4	165,09	
между порядками				4	19,29	
между группами по способам обработки				4	45,39	
внутренняя				12	10,03	

При этом частные дисперсии между блоками и между порядками рассчитываются по формулам:

$$s_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^b m_i (\bar{y}_i - \bar{\bar{y}})^2}{b-1} \quad \text{и} \quad s_1^2 = \frac{\sum_{s=1}^k l_s (\bar{y}_s - \bar{\bar{y}})^2}{k-1},$$

соответственно, в которых $k = b = l_s = m_j = 5$. Частная дисперсия между группами по способам обработки задается формулой:

$$s_A^2 = \frac{\sum_{j=1}^k N_j (\bar{y}_j - \bar{\bar{y}})^2}{k-1},$$

где $N_i=5$ а остаточная, внутренняя дисперсия:

$$s_0^2 = \frac{\sum_{i=1}^b \sum_{s=1}^k (y_{sj} - \bar{y}_i - \bar{y}_j - \bar{y}_s + 2\bar{\bar{y}})^2}{(k-1)(b-2)},$$

где j принимает единственное значение, соответствующее единственному способу обработки при выбранных s и i .

Напомним, что все эти частные дисперсии в соответствии с основным уравнением дисперсионного анализа с учетом степеней свободы дают в сумме общую дисперсию:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k (y_{ij} - \bar{\bar{y}})^2}{(k-1)(b-1)}.$$

Прежде чем перейти к оценке результатов планирования эксперимента с помощью латинских квадратов, заметим, что в последнем плане требуемый объем экспериментального материала значительно меньше предыдущих (25 объектов вместо 35).

Как показывает дисперсионный анализ табл. 17, рассеяние между порядками внутри блоков несущественно по сравнению с рассеянием между блоками и способами обработки, т.е. двойной классификацией (введением второго дополнительного оцениваемого фактора) заметного уменьшения внутренней дисперсии мы не добились. Это значит, что такого дополнительного фактора, скорее всего, не существует. (Между прочим, критерий Фишера позволяет оценить значимость таких оценок рассеяния.) Однако на существенно меньшем объеме статистического материала удалось как бы "очистить" остаточное рассеяние s_0 оценки эффекта спосо-

бов обработки $\bar{y}_j - \bar{\bar{y}}$ от наносного рассеяния прочих факторов и таким образом уменьшить его до

$$s_0 = \sqrt{10,03/5} = 1,42.$$

Нетрудно заметить, что полученные данным способом оценки эффекта методов обработки $\bar{y}_j - \bar{\bar{y}}$ не уступают случаю рандомизированных полных блоков и достаточно близки к истине.

Таким образом, можно сделать вывод, что если в предоставленном экспериментальном материале существенное значение имеют какие-то два неучтенных фактора, а не один, то их влияние на итоговую оценку эффекта обработки можно существенно снизить. Более того, если второй (третий и т.п.) дополнительный фактор несущественен, то его введение не повлияет на результаты дисперсионного анализа и выводы по результатам эксперимента.

д) Итак, рандомизация действительно позволила учесть систематическое влияние неучтенных случайных факторов и получить достаточно близкие к истине оценки исследуемого фактора. Однако если все основные факторы учесть предварительно и поставить под контроль, то рандомизация может и не понадобиться.

В качестве примера нерандомизированного плана рассмотрим план систематического распределения, представленный 9-ым столбцом табл. 12. Используя полученные в предыдущих исследованиях знания, что единственный "мешающий" фактор приводит к плавному возрастанию по номерам систематического отклонения контролируемого параметра, можно построить статистические оценки на основании "скользящих средних" по пяти соседним объектам. В этом случае именно небольшие отклонения между соседними объектами позволяют надеяться на такой же эффект, как и при разбиении на блоки. Однако в данном плане можно обойтись без рандомизации, так как влияние основного мешающего фактора учтено. Поэтому в рассматриваемом нерандомизированном плане способы обработки распределены систематически – расположены упорядочено (А, В, С, D, Е).

Скользящие средние строятся следующим образом (табл. 18). Каждые 5 смежных объектов, обработанных разными способами (потому и необходимо систематическое расположение А, В, С, D, Е), порождают для центрального объекта из этой пятерки скользящие суммы (3-ий столбец) и скользящие средние арифметические (4-ый столбец) значений контролируемого параметра после обработки. В 5-ом столбце располагаются скользящие разности d_{tj} между значениями параметра после обработки и скользящими средними – между 2-ым и 4-ым столбцами.

Способы обработки (А, В, С, D, Е) приходится располагать в указанном порядке, начиная от третьего объекта, так как именно он порождает первую пятерку

данных и именно от него определяется первая скользящая разность. Неполные (крайние) блоки этой системы способов обработки составляют так, как если бы они были полными и продолжались дальше.

Таблица 18.

№ объекта	Значение параметра после обработки	Скользящие суммы	Скользящие средние	Скользящие разности d_{tj}
1	6,1			
2	11,8			
3	17,6	63,7	12,74	4,86
4	11,8	76,0	15,20	-3,40
5	16,4	75,6	15,12	1,28
6	18,4	76,4	15,28	3,12
7	11,4	81,1	16,22	-4,82
8	18,4	82,3	16,46	1,94
9	16,5	75,4	15,08	1,42
10	17,6	70,7	14,14	3,46
11	11,5	64,2	12,84	-1,34
12	6,7	66,1	13,22	-6,52
13	11,9	68,1	13,62	-1,72
14	18,4	74,1	14,82	3,58
15	19,6	81,2	16,24	3,36
17	13,8	103,4	20,68	-6,88
18	26,6	110,5	22,10	4,50
19	25,9	116,3	23,26	2,64
20	26,7	127,0	25,40	1,30
21	23,3	127,7	25,54	-2,24
22	24,5	130,8	26,16	-1,66
23	27,3	130,7	26,14	1,16
24	29,0	131,2	26,24	2,76
25	26,6	129,3	25,86	0,74
26	23,8	137,5	27,50	-3,70
27	22,6	139,4	27,88	-5,28
28	35,5	143,3	28,66	6,84
29	30,9	146,8	29,36	1,54
30	30,5	152,5	30,50	0,00
31	27,3	147,3	29,46	-2,16
32	28,3	144,1	28,82	-0,52
33	30,3			
34	27,7			

Результаты обработки данных такого эксперимента представлены в табл. 19. В ней скользящие разности сгруппированы по соответствующим им способам обработки, а d_j среднее представляет собой среднюю их величину для j -го способа, т.е. оценку эффекта обработки, которая оказалась весьма близкой к истине.

В итоге по такому плану каждому способу обработки подвергнуты $c = 6$ объектов, что позволяет исходный экспериментальный материал. Поэтому сумму квадратов отклонений можно разбить, следуя Фишеру, следующим образом:

$$\sum_{t=1}^c \sum_{j=1}^k d_{tj}^2 = \sum_{t=1}^c \sum_{j=1}^k (d_{tj} - \bar{d}_j)^2 + c \sum_{j=1}^k \bar{d}_j^2.$$

Здесь последнее слагаемое в правой части, деленное на $k - 1 = 4$, дает оценку частной дисперсии между группами по 5 способам обработки, а первое, деленное на $(c-1)(k-1)=20$ – остаточную внутреннюю дисперсию искомой оценки. Остаточное среднее квадратическое отклонение получается равным

$$s_0 = \sqrt{7,477/6} = 1,12,$$

что позволяет считать полученные оценки эффекта способов обработки достаточно точными и не подверженными каким-либо существенным неучтенным факторам.

Таблица 19.

№ блока	Способы обработки				
	А	В	С	Д	Е
1	4,86	-3,40	1,28	3,12	-4,82
2	1,94	1,42	3,46	-1,34	-6,52
3	-1,72	3,58	3,36	-1,68	-6,88
4	4,50	2,64	1,30	-2,24	-1,66
5	1,16	2,76	0,74	-3,70	-5,28
6	6,84	1,54	0,00	-2,16	-0,52
$\bar{d}_j$	2,93	1,42	1,69	-1,33	-4,28
Дисперсионный анализ					
Оценка рассеяния средних разностей				f	s^2
между группами по способам обработки				4	50,34
внутренняя				20	7,477

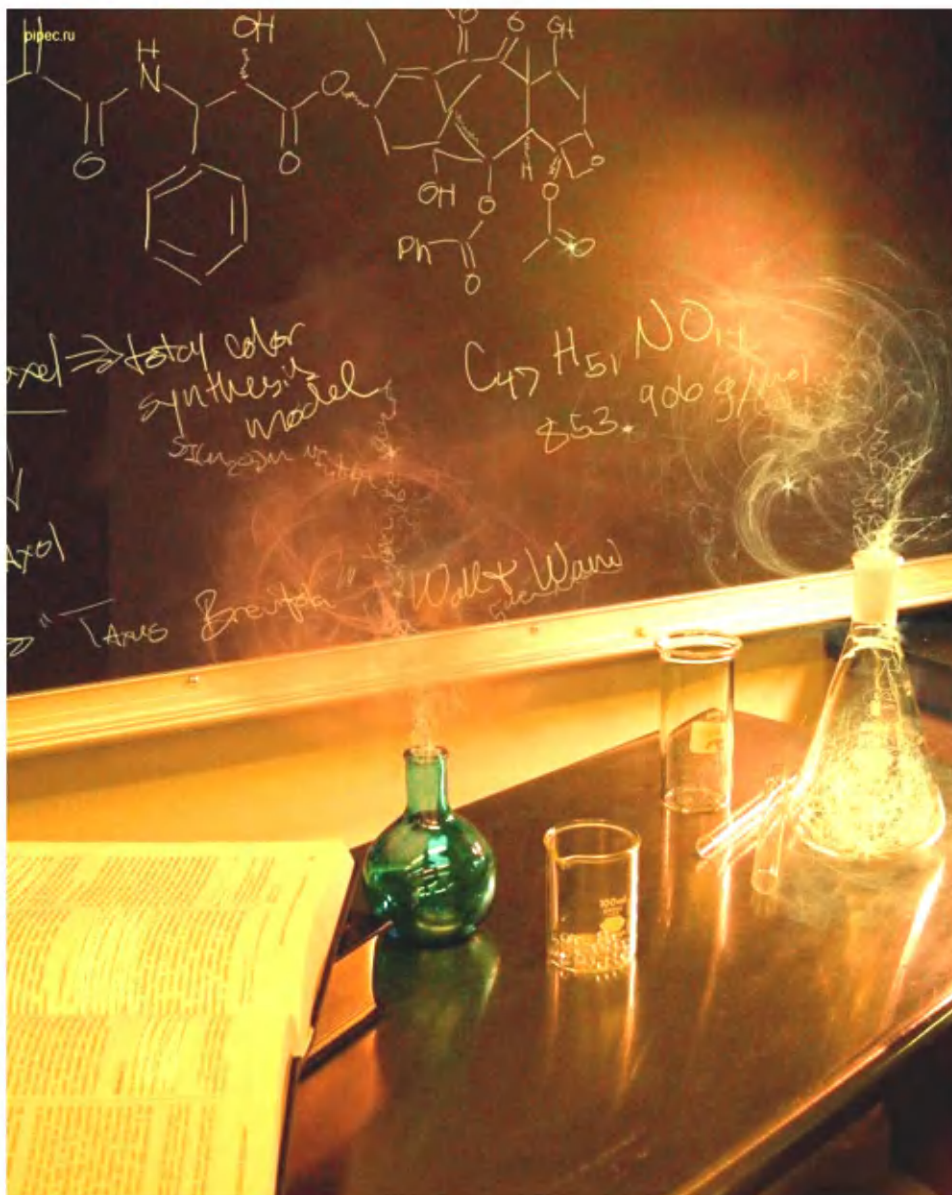
Рассмотренный пример демонстрирует положительные и отрицательные стороны различных планов эксперимента для дисперсионного анализа. Оказывается возможным выявить эффект воздействия частного фактора, наличие которого лишь предполагается. Эта возможность основывается на дисперсионном анализе, позволяющем селективировать систематические отклонения (воздействия) от случайных посредством разбиения общей дисперсии.

Таким образом, в арсенале средств планирования эксперимента оказываются следующие приемы, повышающие качество параметрической оценки эффекта посредством уменьшения остаточной дисперсии:

- рандомизация,
- искусственное увеличение количества учитываемых факторов,
- разбиение на блоки и группы,
- латинские квадраты.

В заключение данного параграфа заметим, что все рассмотренные в примере планы сбалансированы по способам обработки – исследуемому фактору.

(ПРОДОЛЖЕНИЕ СЛЕДУЕТ)



НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ¹ (СИНТЕЗЫ НЕКОТОРЫХ ПАВ)

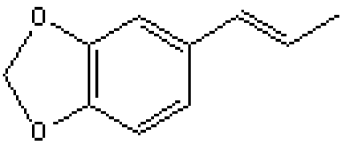
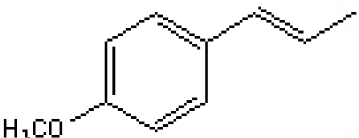
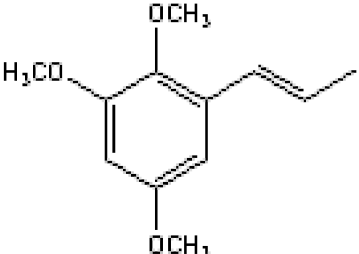
ЧАСТЬ II. ПРОПЕНИЛБЕНЗОЛЫ

Первым способом получения амфетаминов и, особенно, метамфетаминов из пропенилбензолов является окисление их в соответствующий кетон (фенилацетон) с последующим восстановительным аминированием.

Второй способ – это нитрозирование. В этом методе пропенилбензол нитрозируется в соответствующий ему нитропропен. Оный потом восстанавливается любым

¹ Все прописи взяты из интернета. Возможно, не все они работоспособны, они не проверялись, а только редактировались при помещении в журнал.

известным способом: каталитическим гидрированием на никеле Урушибары (или палладии на угле) или в кетон опять же с последующим восстановительным аминированием. (Полный список возможных методов будет рассмотрен в другой раз.)

 Изосафрол	Получается изомеризацией сафрола. Ведёт к МДА/МДМА (через окисление в кетон). Список А в России. Достать невозможно. Приведён исключительно для примера.
 Анетол	Главный компонент эфирного масла аниса (90%). Содержится также в масле фенхеля. Служит исходником для синтеза ПММА - пожалуй, самый простой синтез замещённого амфетамина, существующий на сегодняшний день.
 Азарон	Составляет до 80% масла корней аира (Calamus vulgaris), которое (масло) не очень распространено в России, но может быть получено из широко распространённого в ней аира. Служит прекурсором для синтеза ТМА-2 - одного из самых замечательных психоделических амфетаминов.

ОКИСЛЕНИЕ В КЕТОН

Окисление пропенилбензолов пермуравьиной кислотой

Метод с пермуравьиной кислотой (смесь муравьиной кислоты и перекиси водорода) является классическим - им пользовался Александр Шульгин для получения МДФА, а также других замещённых фенилацетонов.

Недостатком пермуравьиного метода является то, что он не работает на веществах, чувствительных к кислотной среде - в частности, на азароне.

Процедур окисления пермуравьиной кислотой такое множество, что мы привели тут всего одну, самую простую/высокоэффективную.

Prepare the performic acid (solution of 150g 80% formic acid and 32g of 30% hydrogen peroxide) ahead of time in a glass beaker immersed in plenty of ice and water. Let this solution stir for 15 minutes so that it is chilled to less than 5C. Also prepare the isosafrole/acetone solution and let it chill as well, though it need only be less than 15C or so.

Add the isosafrole/acetone solution to the performic acid solution *quickly* in 20mL aliquots with vigorous stirring. The temperature should rapidly rise to 23C and hold there. All of the isosafrole solution should be

added within 2 minutes.

Let the mixture stir for the requisite 16 hours.

At the end of this time, add chilled 25% sodium hydroxide solution to the beaker *carefully* while monitoring pH with a meter. It will take several hundred mL of the solution to neutralize the acid/glycol mix. Watch for the pH to settle at around 8.2. The glycol will separate out as a nearly clear layer on top of the red aqueous layer (the colors are sometimes reversed). Separate the layers in a sep. funnel, and extract the aqueous layer with 2x50mL of methylene chloride. Combine the glycol layer with the extracts, then strip off the methylene chloride. It is okay to leave some methylene chloride in the flask, as will be seen.

Next add the requisite 60mL of methanol and 360g of 15% sulfuric acid solution and bring to a *gentle* reflux, but don't put the condenser on the flask until after it starts boiling. This will easily drive off any remaining methylene chloride. Hold at reflux for 3 hours.

Finally, allow the flask to cool by stirring in the air for about 20 minutes, then add 25% sodium hydroxide solution until the pH is slightly alkaline. A reddish/black, seemingly homogeneous system will result. Pour into a sep funnel and extract with 1x100mL, 1x50mL, and 2x25mL of methylene chloride. Combine the extracts.

Strip off the solvent without vacuum, then apply vacuum to flask off any remaining solvent and to distill the ketone (150C @ 10mm Hg). In several test cases where these modifications were employed, and vacuum distillation of the ketone was used to purify it, the yield of MDP-2-P was 25.2g, instead of 20.6g (for 32.4g of isosafrole processed).

Окисление Оксоном²

Этот метод довольно прост, но длителен и не дает хороших выходов.

Установите 1 л или 2 л колбу для рефлюкса, произвольно контролируя температуру.

1. Добавить алкен 100 ммоль (16.2 г изосафрола, см. примечания)
2. Добавить 200 мл MeOH
3. Закиньте магнитную мешалку и начните мешать.
4. Добавить 500 мл дистиллированный H₂O.
5. Добавить 200 ммоль KHSO₅*¹/₂KHSO₄*¹/₂K₂SO₄ (~ 72.7 г Оксона³)
6. Медленно добавьте 290 ммоль (24.4 г) NaHCO₃

Это формирует циркулирующую белую смесь из реактивов в вашей колбе.

Температура быстро повысится к ~35 C после смешивания реактивов. Цвет изменится от циркулирующего соединения белых твердей в бесцветной прозрачной жидкости к белым твердям в легко-желтой жидкости. Как реакция завершится, температура понизится к комнатной.

Позвольте этой реакции стоять 5 ч без внешнего нагревания.

Выключите мешалку, и позвольте смеси осесть. Осадок понизится к основанию. Слейте жидкость в максимально возможной степени в мензурку без того, чтобы получить любые тверди. Вакуум-фильтруйте остальное. Кристаллы будут кремово-белые. Много вашего продукта останутся в кристаллах. Ополаскивайте кристаллы свежим метанолом, чтобы получить так много продукта насколько возможно. Кри-

² J. Org. Chem. 1985, 50, 1544-45; J. Org. Chem. 1991, 56, 7022-26

³ Чистящее средство для бассейнов.

сталлы должны быть ярко-белыми после ополаскивания дважды.

Вылейте полученную жидкость в делительную воронку и экстрагируйте 3x100 мл (или 4x60 мл) CH_2Cl_2 . Уберите CH_2Cl_2 простой дистилляцией на водной ванне. Реагируйте масло как обычно, получите кетон. Если Вы не знаете, как делать обычную реакцию, читайте маленькую секцию в конце. Очистите кетон вакуумной дистилляцией и/или через бисульфит, потом подвергните кетон восстановительному аминированию...

При использовании анетола:

1. Масло гликола будет прозрачно и бесцветно, и иметь что-то вроде запаха лакрицы, напоминающий запах корневого пива⁴, и возможно с примесью запаха сожженной резины.
2. Кетон будет иметь более сильный не лакричный запах; похожий, но более сильный чем гликол/эпоксид, менее похожий на корневое пиво, и более медицинский и пахнущий подобно сожженной резине/фруктовый. Ваш фенилацетон будет светло-коричневое масло.

При использовании изосафрола:

1. Масло гликола будет более темно-желтое (вместо прозрачного и бесцветного, как с анетолом) и будет пахнуть скорее как корневое пиво после этого, тот же самый вид запаха жженой резины присутствует. Желтый цвет полностью не будет экстрагирован CH_2Cl_2 .
2. Кетон будет иметь более сильный запах, теряя схожесть с запахом корневого пива, и будет иметь также медицинским запах сожженных цветов. Ваш фенилацетон выйдет темно-желтым. Некоторый желтый цвет останется после экстрагирования CH_2Cl_2 при экстракции кетона. Кетон будет темно-красным прежде промываний NaOH , которые действительно проясняют цвет.

Испытания:

1. 1.5 г анетола (10 ммоль), сырой выход кетона после того, как паровая дистилляция была 0.6 г (3.7 ммоль), выход 37 %.
2. 3.0 г анетола (20 ммоль), сырой выход кетона был 2.2 г (13.4 ммоль), выход 66 %
3. 14.8 г анетола (100 ммоль), первый шаг сырой выход был 16.4 г эпоксиды (100 ммоль), выход 100 %, и сырой выход после того, как гидролиз и промывания был 12.6 г кетона (77 ммоль), выход 77 %.
4. 24.3 г изосафрола (150 ммоль), первый шаг сырой выход был 22.4 г эпоксиды (125 ммоль), выход 83 % (неряшливая техника), и сырой выход после гидролиза, промывания и вакуумная дистилляции (~ 60mmHg, 190-192 C был 13.4 г кетона (75 ммоль), выход 50 %.
5. 32.4 г изосафрола (200 ммоль, 300 мл MeOH, 750 мл H_2O , 45 г NaHCO_3 , 145.4 г Оксона), от которого первого шага сырой выход был 30.7 г эпоксиды (171 ммоль), выход 86 %.

Качественный анализ:

Продукт от восстановительного аминирования несомненно активен. Рекристаллизация из ИПС, с последующим полосканием ацетоном выделяет ярко-белый кристалл без запаха, который является растворимым в теплом спирте, нерастворимом в ацетоне, который не гигроскопичен и полностью плавится ниже 200 C. Он дает фиолетово-зеленоватый черный с Marquis реактивом (освобождающий водородный газ хлорида), и горит чисто.

⁴ Корневое пиво (Рутбир, англ. Root beer, также известное как Сассапарилла) – газированный напиток, обычно изготовленный из коры дерева Сассафрас. Корневое пиво, популярное в Северной Америке, производится двух видов: алкогольное и безалкогольное.

Примечания:

1. 0.1 моля алкена - 14.8 г анетол или 16.2 г изосафрола. 0.1 моля эпоксида - на 1.6 г тяжелее, чем каждый алкен.

2. Ссылка 1991 сказала, что 1 г Оксона от Dupont содержит 2.75 ммоль KHSO_5 , хотя ссылка 1985 сказала, что 0.2 моль - 61.5 г Оксона (то есть 1 г содержит 3.25 ммоль KHSO_5). По-видимому это не важгл, поскольку реактив используется в избытке.

3. Вся идея относительно буферизации состоит в том, чтобы держать pH только слабо кислым. Обратите внимание, что молекулярная формула для Оксона - $2\text{KHSO}_5 \cdot \text{KHSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$, так что имеется 0.3 моля кислого водорода для 0.2 моля KHSO_5 , что означает, что мы нуждаемся в меньше чем 0.3 моля бикарбоната, чтобы оставить его слегка кислым. К счастью, если будет добавлено слишком много бикарбоната, pH не будет превышать 8.3 из-за слабой диссоциации ионов бикарбоната, это - то, почему он предпочтительнее карбоната натрия.

4. После того, как бикарбонат добавлен к Оксону, раствор нужно быстро использовать (< 10 минуты). Он начнет освобождать кислород и будет терять силу.

5. Обратный холодильник лишь для безопасности / контроля аромата, если Вы не возражаете против запаха, колба Эрленмейера будет работать отлично. Вы можете работать хорошо. Загрузите реакционную смесь и CH_2Cl_2 , и трясите это. Позвольте ему осесть, слейте большинство воды в другой контейнер, и затем загрузите остальное в вашу делительную воронку. Вытяните так много CH_2Cl_2 насколько возможно, затем возвратите содержимое в другой контейнер, загрузите назад в ваш шейкер, и повторение.

8. Количество MeOH и H_2O было успешно уменьшено, смотрите в секции испытаний для большего количества информации. Выходы могут понижаться, достаточно информации все же не имеется.

9. Хорошее перемешивание абсолютно необходимо, чем быстрее, тем лучше.

**Обычная процедура
дегидрирования
гликола**

Более обычна партия в 65 г - то, что делает большинство химиков с маленьким масштабом. В нашем случае, мы только работаем с простыми 15 г. Когда Вы отгоните MX , оставьте гликоль в колбе и добавьте:

1. 25 мл MeOH
2. 120 мл 15 % H_2SO_4

Измените установку для рефлюкса, и слегка кипятите смесь 2 ч., используя кипящую горячую водную ванну. Водная ванна должна сохраниться в лёгком кипении, и пары реакции будут иметь температуру вокруг 65 C., смесь эпоксида перейдёт от светло-желтоватого цвета к более темному-коричневому цвету.

Позвольте этому охлаждаться. Загрузите в делительную воронку, и слейте как можно больше более плотного кетона, (и PMP2P и MDP2P более плотен чем вода). Теперь экстрагируйте 3x20 мл CH_2Cl_2 . Промойте экстракты 3x80 мл 5 % NaOH .

Для первой промывки, просто качают делительную воронку назад и вперед. Для последних двух, энергично трясите. Промывки гидроксидом натрия, удалят много желтовато-коричневой примеси от кетона анетол, и удалит часть красновато-коричневого цвета из кетона изосафрола.

Теперь отгоните CH_2Cl_2 в водяной бане, или масляной бане, если вы собираетесь вакуум- или пар-дистиллировать кетон.

Примечания:

1. 1 кг 15 % H_2SO_4 сделан из 150 г H_2SO_4 и 850 г H_2O
2. 1 кг 5 % NaOH сделан из 50 г NaOH и 950 г H_2O

3. Перемешивание не абсолютно необходимо, но выгодно. Рефлюкс обеспечивает достаточную агитацию, если Вы не имеете магнитную мешалку с нагревом.

Подготовка анетолы:

1. 206.5 г star anise⁵, фракционально дистиллируют к 191.0 г в 145-160 С в ~60 mmHg.
2. Дистиллируйте снова, теперь 178.5 г в 145-148 С под ~60mmHg.

Окисление

пропенилбензолов

перуксусной кислотой

Метод с перуксусной кислотой является вариацией классического метода с уксусной кислотой вместо муравьиной.

Кислотность перуксусного метода значительно ниже, поэтому есть все основания предполагать, что он может сработать и на азароне.

В остальном метод хороший и проверенный, особенно вариант №2.

1. Классическая процедура

* Peracid:

- 1650ml of Glacial Acetic Acid
- 325ml of 30% H₂O₂
- 5ml of H₂SO₄

Olefin:

- 500ml Acetone
- 325g of Isosafrole

Solvents:

- 7500ml of Water
- 1500ml of DCM
- 600ml of MeOH
- H₂SO₄ (15%) :
- 525g (285ml) of concentrated H₂SO₄
- 3215ml of Water

Wash(s) :

- 1250ml of Water
- 1250ml of NaOH 5% solution

Drying:

- 50g of Anhydrous MgSO₄

Distillation:

- 100ml of Cooking oil to prevent scorching

⁵ Анис звёздчатый; бадьян настоящий - анисовое дерево, Иллициум настоящий (Illicium verum). Плоды также используются для получения масла (которое нередко называют анисовым, — так же, как и анисовое масло, получающееся из растёртого семени или зелёных частей высушенного растения аниса обыкновенного (Pimpinella anisum) из семейства Зонтичные).

Procedure:

Mix the peracetic acid chemicals together in an appropriate sized flask(3L+), swirl or stir solution until thoroughly mixed and let stand for 12 hours.

Combine the olefin chemicals and place into the freezer to chill.

Bring the peracid solution down to 5C with the help of an ice/salt/water bath.

While magnetically stirring this solution sitting in the ice bath, add the now chilled olefin solution to the peracid solution at such a rate that the mixture stays below 40C. After all of the olefin has been added, let the solution stir for 16 hours, letting the ice bath melt away and the solution come to room temperature on it's own.

After the 16 hours of stirring has elapsed, flood solution, or pour solution into 7500ml cold water and mix thoroughly. After which time one extracts this mixture with 3 X 500ml DCM. The extractions are combined and the solvent removed via distillation to yield a thick, dark red syrup.

This syrup is taken up with 600ml MeOH and added to the 3500ml H₂SO₄ solution and lightly refluxed for two hours. After which the flask is cooled under running water and/or the use of an ice bath, do not proceed until solution has reached room temperature or lower.

Using a large separatory funnel or by simply pouring off the acid layer collect the dark bottom layer BEFORE extracting this mixture 3 X 400ml DCM(you did reuse the DCM from the first extraction, didn't you?). Combine the extracts with the dark layer which was first collected and proceed.

Wash this dark mixture of ketone/solvent with 1250ml of water, then with the 1250ml of the 5% NaOH solution which was made previously. Please note that the separation with the second wash will be difficult to see, therefore the use of a light is favorable to determine the different layers(similar to the first separation of a Benzoquinone wacker wash).

Dry organic phase over/thru 50g of anhydrous MgSO₄(made by baking epsom salts at 300C for a couple of hours, let cool, then grinding into a powder) making sure to filter off the MgSO₄, and washing the filter cake with a small amount of DCM. The solvent is removed and kept for a later run, the resulting residue is combined with 100ml of vegetable cooking oil and distilled under vac to yield ketone(>200g).

Oh yeah, I forgot, some amounts were changed without a change in yield. I think SWIM said that the amount of GAA could be reduced to 1500ml and the resulting glycol can be taken up in 500ml of MeOH and refluxed with 2500ml of H₂SO₄(15%)

Please remember that the peracetic is explosive, so please try to treat it with some respect (caution)...

2. Улучшенная процедура

I watched a gray-haired old man with black-trimmed glasses add 100mmol alkene (14.8g), 150ml DCM to a 500ml flask. 76.1g of 15% peracetic acid (2) buffered with 3g sodium acetate (3) was dripped in over 10 minutes. A mild reflux was present for 5 minutes or so. Then subsided. The reaction was left to stir as the protagonist went off, apparently, into a deep sleep.

Perhaps, five or six hours later the main character awoke quite restlessly from his deep sleep, and there I observed him slowly add 150ml of 10% Na₂CO₃ (NaOH would work too, but Na₂CO₃ was apparently less expensive to the old man), allowed it to stir, transferred to a sep funnel, drained off organic, then repeated.

The DCM was distilled off (4), 18.8g of oxidation product remained (1), and the oxidation product was put into a standard rearrangement technique.

25ml MeOH were added along with 120ml 15% H_2SO_4 . This was heated to reflux with stirring for 2hrs, extracted 3x with 20ml DCM, washed 2x with 5% NaOH.

After rearranging, a simple distillation was setup, the DCM distilled, then vacuum was applied and this yielded 0.3g clear and colorless forerun at 148C-168C (~5 drops) (likely anethole) and 9.2g slightly yellowish PMP2P at 172-76C. (56.1% yield)

I watched the old man smile with a slight chuckle as I came to consciousness, and decided to quickly jot down some these notes that he telepathically relayed:

(1) if it was solely the glycol this 18.8g of glycol would be 103mmol, which is impossible, and upon no-vac distillation the distillate smells of acetic acid (but the oxidation product does not have this smell), so he had a good yield of the acetate ester as well. So the sodium acetate buffered version does not produce the epoxide, and in other trials it also appears that adding bicarbonate doesn't allow the epoxide to be formed either... but perhaps some other dreamer will get it to work. Maybe it would be best to try a stronger base like sodium carbonate for the buffering.

(2) 38.4g 35% H_2O_2 , 36.9g acetic acid, 0.8g H_2SO_4 can be used to prepare 76.1g of 15% peracetic acid. This solution must sit for, preferably, 2-3 days. In fact, he had prepared a large stock solution in advance so he only had to do this once-an old man, but a smart old man. He DID NOT BUFFER his stock solution.

(3) A 2x molar excess of sodium acetate with respect to the sulfuric acid content in the peracetic acid was used to buffer the solution before addition to the flask.

(4) The internal temperature of the flask hit a temperature of over 100C, so I'm sure he distilled off all the DCM, this yield is correct.

(5) PMP2P sinks in water (rather than floats), smells nothing like licorice and tests positive to bisulfite.

НИТРОЗИРОВАНИЕ

Получение

нитропропенов через псевдонитрозиты

Пропенилбензол обрабатывается нитрозными газами ($\text{NO}+\text{NO}_2$) в воде. Полученный нерастворимый псевдонитрозит затем гидролизуется в нитропропен.

Главное преимущество этого метода - это его простота и дешевизна. Нитрозные газы получают либо подкислением нитрита натрия, либо растворением железа в разбавленной HNO_3 .

Недостаток - низкие выходы (30-50%), особенно на азароне.

Pseudonitrosites

A solution of 1 mole (69 grams) of sodium nitrite in 100 ml water was prepared in a 500 ml flask, and a solution of 0.1 moles of a freshly distilled propenylbenzene (20.8g asarone, 16.2g isosafrole or 14.8g anethole) in 150 ml of diethyl ether was added. During a period of 3-4 hours, a 20% solution of H_2SO_4 (prepared by cautiously adding 0.5 moles (49 grams) of conc. sulfuric acid to 200 ml of H_2O) was added dropwise with magnetic stirring, preferably through a pressure- equalized addition funnel. Watch the addition rate so

that the temperature of the two-phase solution doesn't rise over room temp, and this solution can preferably be cooled during the addition. In the beginning of the addition of acid, monomeric pseudonitrosite can be seen in the ethereal layer. The monomer derived from asarone is greenish, anethol blueish and isosafrole yellow. If oxygen gets into the system during the addition, formed NO oxidizes to brown NO₂ gas, which can lower the yield of pseudonitrosite. After the addition, the solution was allowed to stir for an hour or two, whereafter the solution was filtered with suction, and the precipitate washed with 50ml each of water, denatured alcohol and finally ether. After sucked as dry as possible, the pseudonitrosite crystals were allowed to air dry on a filter paper.

Pseudonitrosites cannot be stored, as they begin to decompose within hours at room temperature with the evolution of nitrogen oxides, and should be further processed to for example the very useful phenyl-2-nitropropenes, which upon reduction can yield phenylacetones and amphetamine derivatives.

Phenyl-2-nitropropenes

0.1 mole of the corresponding propenylbenzene pseudonitrosites (28.5g asarone, 23.8g isosafrole or 22.4g anethole) was dissolved in 150ml 8% alcoholic KOH with shaking, and possibly light heating (not over 30°C, especially not in the case of asarone pseudonitrosite, or there is a risk of decomposition (to the aldehyde, amongst other things). Caution: Foaming with evolution of N₂O will occur. The cloudy solution was suction filtered, and the filtrate was poured onto 100 grams of crushed ice. The solution was acidified with dilute HCl and was stirred occasionally until the ice had melted. The precipitate of nitropropene was filtered off, washed with a little cold water and air dried.

Псевдонитрозиты

В 500 мл колбе готовят раствор 1 моль (69 г) нитрита натрия в 100 мл воды и к нему добавляют раствор свежеперегнанного пропенилбензола (20,8 г для азарона, 16,2 г для изосафрала или 14,8 г для анетолы) в 150 мл эфира. Далее (магнитное перемешивание) к смеси прикапывают 20% серную кислоту (полученную смешиванием 0,5 моль (49 г) концентрированной серной кислоты и 200 мл воды) за 3-4 часа. Смесь помещена на ледяную баню, чтобы не давать температуре подняться выше комнатной во время прикапывания кислоты. В эфирном слое начинается образование псевдонитрозит-производного. Цвета слоев: для азарона - зеленоватый; для анетолы - синий; для изосафрала - желтый. Если во время прибавления кислоты в систему попадает кислород, то он окисляет образующийся в ходе реакции NO в NO₂ и выход конечного продукта падает. После прикапывания раствор перемешивают 1-2 часа, продукт отфильтровывают на вакууме, промывают сначала 50 мл воды, затем спиртом и потом эфиром. Сушат на воздухе на фильтре.

Выходы:

Псевдонитрозит-азарон - желтый - 16,5 г, 58% - Т.пл. = 130 С

Псевдонитрозит-изосафрол - белый - 18,4 г, 77% - Т.пл. = 128 С

Псевдонитрозит-анетол - белый - 10,8 г, 48% - Т.пл. = 126 С

Псевдонитрозиты нельзя хранить, т.к. такие вещества начинают разлагаться

через несколько часов при комнатной температуре.

0,1 моль соответствующего псевдонитрозита (28,5 г для азарона, 23,8 г для изосафрала и 22,4 г для анетол) растворяют в 150 мл 8% раствора КОН в спирте при встряхивании. Допустимо легкое нагревание, но не выше 30 С, особенно в случае азарона, т.к. существует большая вероятность разложения вещества (в том числе и до соответствующих альдегидов). Вспенивание! Образование N_2O ! Мутный раствор фильтруют (на вакууме) и помещают в 100 г колотого льда. Смесь подкисляют разбавленной соляной кислотой и перемешивают, пока весь лед не расплавится. Продукт отфильтровывают, промывают холодной водой и сушат на воздухе.

2-Нитроазарон⁶ – желтый/красный – Т.пл. = 101 С

2-Изосафрол – желтый – Т.пл. = 98 С

2-Анетол – желтый – Т.пл. = 47 С

Псевдонитрозит-изосафрол

Нитрозирование изосафрала

Двухлитровую круглодонную колбу загружают 2,5 моль (173 г) нитрита натрия и 250 мл воды. Колбу помещают на ледяную баню и нитрит натрия растворяют при перемешивании. 0,5 моль (89 г) свежеперегнанного {Прим. 1} изосафрала растворяют в 900 мл эфира и добавляют в колбу. В капельную воронку загружают раствор 1,25 моль серной кислоты в 500 мл воды. После того как смесь (на ледяной бане) остыла, начинают прикапывать кислоту (период = 6 часов, слабое перемешивание, добавление льда в баню). Далее смесь оставляют на 9 часов (пока не растает лед в бане). За это время образуется 6-7 см слой пористого осадка.

Воронку снимают, горло закрывают пробкой. Смесь аккуратно встряхивают {Прим. 2} (не разбейте колбу магнитом!). Твердь отфильтровывают (кофейный фильтр) {Прим. 3}. Далее твердь помещают в двухлитровый стакан и перемешивают с 1 л воды ложкой в течение нескольких минут. На дно выпадает осадок сульфата натрия, а псевдонитрозит-изосафрол остается в суспензии. Сульфат натрия декантируют, а псевдонитрозит отфильтровывают на вакууме и промывают водой. Продукт промывают этанолом или смешивают с 200 мл спирта и заново фильтруют на вакууме.

Выход псевдонитрозита – 127 г (0,49 моль) – 98% в виде белых кусков {Прим. 4}.

Гидролиз псевдонитрозит- изосафрала.

В двухлитровый стакан, помещенный на ледяную баню, помещают 0,5 моль (28 г) гидроксида калия, растворенного в 700 мл этанола. Когда температура смеси достигает 10 С, прибавляют псевдонитрозит порциями через каждые 10-15 минут, так, чтобы температура не превышала 20 С (перемешивание включено на максимум, пока все нитропроизводное не перейдет в раствор). Во время перемешивания готовят раствор 2М соляной кислоты (примерно 105 мл 31% солянки и 395 мл воды),

⁶ 2-Нитроазарон существует в виде двух модификаций (желтые или красные призм) – это зависит от концентрации и скорости образования продукта. Оба плавают при 101 С. При 90 С красный становится желтым.

который остужают на сколько возможно.

Раствор псевдонитрозиита фильтруют на вакууме и остужают на ледяной бане до 5 С. Затем к нему медленно добавляют 500 мл ледяной воды – изменение цвета до охры, а затем тонкой струйкой приливают раствор кислоты при перемешивании за 5–10 минут. Во время прибавления раствор становится мутным, и большинство льда тает. Смесь помещают в 4-л винную бутылку, содержащую 2 л воды и держат в морозилке пару часов. В итоге образуются ярко-желтые кристаллы + желтое масло на дне (что есть тоже МДФ2НП). Кристаллы и раствор декантируют со слоя масла и фильтруют на вакууме. Твердь растворяют в горячего 300–400 мл ИПСа (туда же добавляют масло). Сначала медленно {Прим. 5} охлаждают до комнатной температуры, затем в морозилке, выкристаллизовывая МДФ2НП. Вакуумное фильтрование, промывка водой и сушка в эксикаторе (силикагель, мягкий вакуум) дают 0,36 моль (80 г) 3,4-МДФ2НП – 73% в виде желтых игл.

Примечания:

1. изосафрол был приготовлен рефлюксированием перегнанного сафрола (250 мл) в 1-л колбе с 4 г КОН на низком вакууме и при перемешивании за 14 часов. Изосафрол отогнан на вакууме, выход – 245 мл, Т.кип. = 120–124 С.
2. необходимо разбить продукт, чтобы достать его из колбы.
3. от фильтрата можно отогнать эфир и использовать его снова.
4. эта пропись справедлива также для азарона и анетолы.
5. быстрое охлаждение дает продукт в виде масла.

Нитрозирование по Риттеру⁷

Пропенилбензол напрямую преобразуется в нитропропен обработкой нитритом натрия и йодом в этилацетате. Этот способ тоже очень простой, но требует дорогого и труднодоступного йода, который, с другой стороны, почти весь можно получить обратно после окончания реакции.

Этот метод даёт гораздо более высокие и стабильные выходы – по утверждению Риттера, попробовавшего эту реакцию, минимум 85%.

Реакция алканов (1а–5а) с нитритом натрия и йодом в этилацетате (или эфире) и воде в присутствии этиленгликоля (или пропиленгликоля) даёт нам нитроалканы с выходами в 49–82%.

Собственно процедура: К раствору нитрита натрия (1324 мг, 19,2 моль) и этиленгликоля (893 мг, 14,4 моль) в 2 мл воды, был добавлен раствор стирола, За (500 мг, 4,8 моль) в 15 мл этил ацетата, после чего сразу добавили йод (1828 мг, 7,2 моль) при 0 С. Реакционная смесь перемешивалась при комнатной температуре в течение 48 часов в атмосфере азота, а затем была вылита в делительную воронку вместе с этил ацетатом и после чего слои разделили. Раствор этилацетата был промыт водой, 10% водным раствором тиосульфата и насыщенным водным раствором NaCl. После сушки над безводным сульфатом магния, раствор этилацетата выпарили получив сырой продукт, который очистили с помощью хроматографической колонки (silica gel column chromatography). И собственно получили чистый бета-нитростирол с выходом в 81%.

Этой реакцией можно получать нитропропен из азарона. Это лучшая реакция для такого вида нитрования. Выходы с азароном всегда составляют по крайней мере 75% очень плотных тёмно-жёлтых кристаллов в отличие от подобных на хлопья кристалликов получаемых по методе pseudonitrosite. Единственный побочный про-

⁷ Возможно это ник, хотя в литературе известна реакция Риттера-Графа.

дукт этой реакции это непрореагировавший азарон, который легко отделяется от кристаллов перекристаллизацией в EtOH.

Инертная атмосфера абсолютно необходима. Выходы без азота падают до 40%.

Комментарии:

- 1) Этиленгликоль – основной компонент жидкости, известной как тосол. Отгоняется при 92 С при 10 mmHg и при 190 С при обычном давлении.
- 2) Азот легко получить, прикапывая р-р подкисленной соли аммония к р-ру нитрита натрия.
- 3) Йод – самый дорогой реагент в этой реакции – вы получите весь обратно, окислив водную фазу реакции перекисью водорода/солянкой.
- 4) Полученный нитропропен можно восстановить прямо в амин никелем Урушибары, который тоже не лучший способ – выход не очень высокий (~50%), но при использовании активированного никеля Урушибары должен быть куда как лучше.



Исследование производных амфетамина

И.Г. Алексеев и др.

Введение

Синтетические наркотические средства в последние годы занимают все большее место в незаконном обороте наркотиков на территории России. Значительная часть из них являются производными фенилалкиламина или амфетамина. В литературе эти вещества часто упоминаются под общим названием "амфетамины". Поэтому этот термин будет в дальнейшем использоваться для обозначения всей группы указанных веществ.

Амфетамины ставят перед международным сообществом целый ряд серьезных проблем, связанных с незаконным употреблением и охраной здоровья населения. Во-первых, эти наркотические средства составляют значительную часть синтетических наркотиков в незаконном обороте на территории Западной Европы. В России количество изымаемых амфетаминов в последние годы растет стремительными темпами. В силу особенностей своего фармакологического действия средства, содержащие амфетамины, наиболее широкое распространение получают среди молодежи на дискотеках и вечеринках, вызывая сильную психическую зависимость и привыкание. Во-вторых, производимые нелегально аналоги амфетамина редко подвергаются тестированию фармакологической активности. Поэтому, при их приеме постоянно существует угроза передозировки или серьезных побочных эффектов. В-третьих, незаконные производители наркотических средств практически не проверяют свою продукцию на присутствие посторонних загрязняющих веществ и полупродуктов синтеза. В связи с этим, при приеме таких препаратов существует реальная ве-

роятность интоксикации побочными продуктами. В-четвертых, как было установлено в последнее время, целый ряд аналогов амфетамина и метамфетамина, в том числе замещенных по бензольному кольцу, оказывают токсическое воздействие на организм человека.

В настоящее время в незаконном обороте наркотиков получили распространение около двух десятков производных амфетамина и метафетамина. Наиболее часто из них встречаются следующие:

- МДА (другое название - "Love Drugs");
- МДМА (другие названия - "Ecstasy", "ХТС", "Adam", "ESSENCE", "Cardillac");
- МДЕА ("Eve", "МДЕ");
- ДОМ ("STP");
- ПМА;
- ДМА;
- ТМА;
- ДОБ;
- ДОХ;
- МБДБ;
- БДБ;
- ДОЭТ;
- мескалин.

Хотя в России до настоящего момента в незаконном обороте зафиксированы случаи употребления только некоторых из них (МДА, МДМА, МДЕА, МБДБ, ДОБ и мескалина), все упомянутые амфетамины внесены в Списки наркотических средств Постоянного комитета по контролю наркотиков.

Амфетамины являются психомоторными стимуляторами, вызывают психическое состояние, характеризующееся обострением чувств и повышенной эмоциональной свободой. Некоторые амфетамины в определенных дозах могут оказывать галлюциногенное и психотропное действие. Принятие препаратов, содержащих амфетамины, вызывает учащенное сердцебиение, приводит к стимуляции дыхания, активизации моторной деятельности, снижению аппетита и потребности во сне, снятию усталости, поднятию настроения.

Длительное употребление препаратов, содержащих амфетамины, приводит к нарушениям сердечной деятельности, кровообращения, повышению агрессивности, вплоть до психозов, а также поражению печени, почек и нервной системы. Кроме того, у потребителей амфетаминов высока склонность к суициду. На сегодняшний день амфетамины в России в медицинской практике не применяются.

Производные амфетамина в незаконном обороте

Наибольшее распространение в незаконном обороте на сегодняшний день, как уже упоминалось, получили МДА, МДМА, МДЕА, МБДБ, ДОБ и мескалин. Краткие сведения о них и некоторых других амфетаминках даны ниже [1-22].

Первым известным наркотическим средством класса амфетаминов был мескалин - основной активный компонент кактуса *Lophophora williamsii* Lemaire. Аборигены северной Мексики использовали цветки кактуса для снятия усталости, чувства голода, обезбоживания. Высушенные верхушки растения носили как амулеты для защиты от опасностей. При помощи мескалина индейцы достигали состояния транса во время религиозных обрядов. Препараты, содержащие мескалин, получили распространение в США и Канаде в начале XX в.



Пейотль, или Пейот (*Lophophora williamsii*).

Употребление разовой дозы мескалина 300-500 мг вызывает галлюцинации, приводит к повышению сексуальной активности и обострению чувствительности. Другими эффектами могут быть агрессивность, тревога и чувство беспокойства, неадекватное ощущение пространства и цвета, психотические реакции. Действие препарата начинается, обычно, через час после приема дозы и может продолжаться до двенадцати часов.

Мескалин получают экстракцией из различных частей кактуса *Lophophora williamsii* Lemaire или синтезируют в лаборатории. Наряду с мескалином, другие алкалоиды *Lophophora williamsii*, такие как ангалонидин, ангалонин и пеллотин, также вызывают галлюциногенные эффекты. Наибольшее содержание мескалина в цветках, которые имеют окраску коричневого цвета и размер 2,5-5 см в диаметре. Они редко встречаются в незаконном обороте, т.к. имеют очень горький вкус. Поэтому цветки обычно растирают в темно-коричневый порошок и продают в желатиновых капсулах.

МДА впервые был синтезирован в 1910 году и является одним из первых синтетических амфетаминов. Широкое распространение в незаконном обороте наркотиков МДА получил в Америке в конце 60-х - начале 70-х гг. и был известен как Mellow Drug (таблетки Меллоу) или Love Drug (таблетки любви). Популярность МДА снизилась после 1973 г. из-за многочисленных смертельных случаев в США и Канаде, которые связывали с употреблением этого вещества. Однако, этот наркотик все еще имеет широкое распространение в ряде европейских стран.

Действие МДА сильно зависит от дозы. При принятии малых доз МДА (менее 80 мг) достигается стимулирующий эффект. Большие дозы (более 150 мг) приводят к галлюциногенным эффектам с искажением визуальных, акустических и тактильных ощущений. В средних дозах (80-150 мг) МДА вызывает психотропные эффекты, проявляющиеся в чувстве расслабленности, прояснении сознания, улучшении настроения, возникновении стремления к общению с людьми, облегчении отношения к себе и прошлому. Доза выше 500 мг является смертельной. Кроме того, МДА снижает аппетит. Практически все препараты, в состав которых входит МДА, встречаются в виде таблеток, содержащих 200-230 мг вещества, и употребляются перорально. Действие препарата начинается через 30-60 мин после приема и длится 8-12 ча-

сов. МДА вызывает психическое привыкание средней силы, при отсутствии физического привыкания.

МДМА - впервые был синтезирован в 1914 году. Употребление МДМА расширяет границы и повышает способность восприятия. Потребители МДМА описывают его действие как "отделение души от тела". Средняя разовая доза при приеме перорально составляет около 100 мг. Действие начинается через 30-60 мин и продолжается 4-6 часов. МДМА вызывает высокую психическую зависимость. В незаконном обороте этот наркотик появился в конце 70-х гг. в виде таблеток, капсул и порошков, содержащих 50-100 мг действующего вещества.

МДЕА - впервые синтезировали в 1980 г. Действие МДЕА начинается через полчаса после приема, длится 3-5 часов, а затем медленно ослабевает. Принимаемая доза составляет около 120 мг. Смертельная доза - более 500 мг. МДЕА вызывает состояние эйфории, повышение коммуникабельности, в определенных условиях происходит резкая смена настроения от эйфории к депрессии. Вызывает психическую зависимость средней силы.

ДОБ получен в 1967. Оказывает галлюциногенное действие подобное МДА, но по интенсивности действия превосходит МДА примерно в 100 раз. Принимаемая доза составляет около 2 мг. Действие наступает через 1-2 часа, длится, однако, по разным источникам, в течение 18-30 часов. При принятии этого наркотика наблюдается сильный стимулирующий эффект, изменение цветового восприятия окружающего мира и облегченное восприятие собственных проблем; происходит потеря ощущения окружающей действительности, иногда - потеря сознания. Смертельная доза равна 30-35 мг. ДОБ является одним из самых сильных наркотических средств и по силе приближается к ЛСД.

МБДБ (иногда называют МДМБА) и БДБ впервые появились в незаконном обороте в начале 90-х годов. По действию напоминают МДМА и МДА, соответственно. МБДБ обладает расслабляющим действием; повышает чувствительность различных органов чувств (слух, зрение, вкус). В настоящее время свойства МБДБ и БДБ мало изучены. МБДБ, БДБ, МДА, МДМА и МДЕА отнесены к классу энтактогенов. Согласно определению энтактогены - это "вещества, производящие чувства внутри нас". Они пробуждают возможность и способность погружаться в самих себя и выявлять собственные проблемы и позитивно их разрешать. Одновременно они повышают коммуникабельность человека.

ДОМ/STP был первым из производных амфетамина, появившихся в незаконном обороте наркотиков в 1967 г. Этот наркотик впервые появился в США в виде таблеток массой 10 мг под названиями, характеризующими его действие: STP, Serenity (безмятежность), Tranquility (спокойствие), Peace (мир). ДОМ/STP действует как галлюциноген и обладает активностью в 80-100 раз более высокой, чем мескалин, но в 50-60 раз более низкой, чем ЛСД.

Высокой активностью обладает ДОХ. Этот наркотик появился впервые в незаконном обороте в США в 1972 г., а в Канаде, Австралии и Европе в конце 70-х, начале 80-х гг. Препараты, содержащие ДОХ, встречаются в виде таблеток, порошков и пропитки на бумажных носителях. Обладает активностью близкой к ДОБу. Описываемые ощущения сравнивают с состоянием комфорта в теле, мыслях, появлении галлюцинаций, связанных с цветными картинками и т.д.

Для наиболее активных амфетаминов (ДОБ, ДОХ и ДОМ) распространены средства в виде пропитанных веществом бумажек, аналогичных бумажкам с ЛСД. Остальные наркотики этой группы встречаются в виде порошков, капсул, но прежде всего, в виде таблеток. На таблетках, содержащих МДА, МДМА, МДЕА, МБДБ, как правило, выдавлены различные изображения: корона, птичка, автомобили, голова индейца, гнома, символическое изображение доллара (\$), могут встречаться различные надписи (ADAM, EVE, LOVE) и т.д. Принимают препараты обычно перорально, реже - введением внутривенно.

Кроме самих амфетаминов, в состав таблеток могут входить такие вещества как героин, фентермин и флунитразепам.

Часто в таблетках встречаются кофеин, аспирин, парацетамол, альфа-метилбензиламин, эфедрин, хинин, изосафрол (прекурсор для получения некоторых амфетаминов), лидокаин, тестостерон (гормон), хлорамфеникол (антибиотик).

В качестве наполнителей для таблеток и порошков, как правило, используют крахмал, лактозу, глюкозу, фруктозу, карбонат кальция, маннит, сорбит и др., а в качестве связующего при таблетировании – поливиниловый спирт.

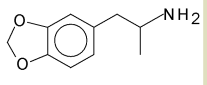
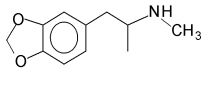
Химические названия амфетаминов, получивших распространение в незаконном обороте, эффективная доза и время действия приведены в таблице 1. Для сравнения в таблице 1 даны доза и время действия наркотического средства ЛСД.

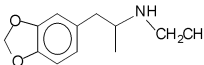
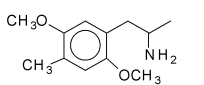
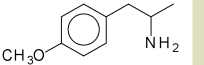
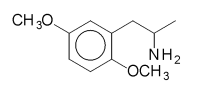
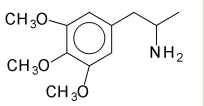
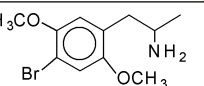
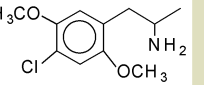
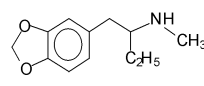
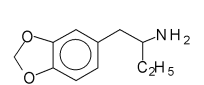
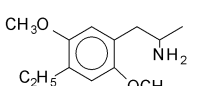
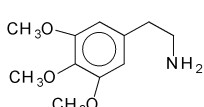
Табл. 1. Эффективная доза и время действия амфетаминов

Вещество	Химическое название	Эффективная доза (мг)	Время действия
МДА	3,4-метилendioксиамфетамин	200-230	8-12
МДМА	3,4-метилendioксиметамфетамин	80-150	4-6
МДЕА/ N-этил МДА	3,4-метилendioксиэтил-амфетамин	100-200	3-5
ДОМ/STP	2,5-диметокси-4-метил-амфетамин	3-10	14-20
ПМА	4-метоксиамфетамин	50-80	короткое
ДМА	2,5-диметоксиамфетамин	80-160	6-8
ТМА	3,4,5-триметоксиамфетамин	100-250	6-8
ДОБ	2,5-диметокси-4-бромамфетамин	1-3	18-30
ДОХ	2,5-диметокси-4-хлорамфетамин	1,5-3	12-24
МБДБ	N-метил-1-(3,4-метилendioкси-фенил)-2-бутанамин	180-210	4-6
БДБ	1-(3,4-метилendioксифенил)-2-бутанамин	150-230	4-8
ДОЭТ	2,5-диметокси-4-этиламфетамин	2-6	14-20
Мескалин	3,4,5-триметоксифенэтиламин	300-500	10-12
ЛСД	Диэтиламид лизергиновой кислоты	0,03-0,05	8-12

Основания амфетаминов (кроме ДОМ, ДОБ и ДОЭТ) представляют собой маслянистые вещества. Основания ДОМ, ДОБ и ДОЭТ представляют собой кристаллические вещества с температурами плавления от 60 до 65 °С. Физические свойства амфетаминов и их структурные формулы приведены в таблице 2. Основания амфетаминов растворимы в этаноле, хлороформе и диэтиловом эфире. Гидрохлориды амфетаминов растворимы в хлороформе и не растворимы в диэтиловом эфире.

Табл. 2. Физические свойства, молекулярная масса и структурные формулы амфетаминов

Вещество	Основание (при н.у.)	Гидрохлорид (при н.у.)	Молекулярная масса	Структурная формула
МДА	бесцветная маслянистая жидкость	кристаллическое вещество, Тпл=183-185С	179,2	
МДМА	бесцветная маслянистая жидкость	кристаллическое вещество, Тпл=147-148С	193,2	

Вещество	Основание (при н.у.)	Гидрохлорид (при н.у.)	Молекуляр- ная масса	Структурная формула
МДЕА	бесцветная масляни- стая жидкость	кристаллическое ве- щество, Тпл=201-202С	207,2	
ДОМ/СТР	кристаллическое ве- щество, Тпл=60,5-61С	кристаллическое ве- щество, Тпл=190-191С	209,3	
ПМА	бесцветная масляни- стая жидкость	кристаллическое ве- щество, Тпл=208-209С	165,2	
ДМА	бесцветная масляни- стая жидкость	кристаллическое ве- щество, Тпл=110-113С	195,3	
ТМА	бесцветная масляни- стая жидкость	кристаллическое ве- щество, Тпл=219-220С	225,3	
ДОБ	кристаллическое ве- щество, Тпл=63-65С	кристаллическое ве- щество, Тпл=198-199С	274,2	
ДОХ	нет данных	кристаллическое ве- щество Тпл=191-193С	229,8	
МБДБ	бесцветная масляни- стая жидкость	кристаллическое ве- щество Тпл=155-156С	207,2	
БДБ	бесцветная масляни- стая жидкость	кристаллическое ве- щество Тпл=159-1610С	193,2	
ДОЭТ	кристаллическое ве- щество, Тпл=61-61,5С	кристаллическое ве- щество, Тпл=195С	223,3	
Мескалин	кристаллическое ве- щество, Тпл=35-36С	кристаллическое ве- щество, Тпл=181С	211,3	

МЕТОДИКИ

Метод капельных цветных реакций

Наиболее доступным реагентом позволяющим выявлять амфетамины является реактив Марки¹.

При исследовании таблеток, часть таблетки массой 5-10 мг растирают в ступ-

¹ Реактив Марки представляет собой концентрированную серную кислоту с добавлением формалина в соотношении 25:1, либо 1 капля формалина на 1 миллилитр серной кислоты. Для корректного обнаружения реактив должен быть свежеприготовленным.

ке, растертый порошок помещают в фарфоровую чашку и добавляют 2-3 капли реактива Марки, наблюдая при этом появившуюся окраску. Через 10-15 минут фиксируют изменение окраски, если оно наблюдается. При исследовании вещества на бумажных носителях к 1-2 измельченным ножницами бумажкам, размером 1 см на 1 см, содержащим ДОБ, ДОХ или ДОМ добавляют 1 мл хлороформа, каплю 0,1 N водного раствора КОН (NaOH), доводят растворитель до кипения, после охлаждения отбирают растворитель, стараясь не захватить водный слой, и упаривают его досуха. К упаренному экстракту добавляют 2-3 капли реактива Марки.

Характерное окрашивание исследуемых амфетаминов, получающееся при взаимодействии с реактивом Марки, представлено в таблице 3.

Табл. 3. Окрашка различных амфетаминов с реактивом Марки

Амфетамин	Окрашка с реактивом Марки
МДА	сине-черный → зеленовато-черный
МДМА	сине-черный → зеленовато-черный
МДЕА	сине-черный → зеленовато-черный
ДОМ/STP	желтый
ПМА	светло-серый
ДМА	желто-зеленый → коричневый
ТМА	оранжевый
ДОБ	зелёный → изумрудно-зелёный
ДОХ	желто-зелёный
МБДБ	сине-черный → зеленовато-черный
БДБ	сине-черный → зеленовато-черный
ДОЭТ	светло-коричневый → зеленый
Мескалин	оранжевый
Метамфетамин	коричневый

Метод тонкослойной хроматографии

Часть таблетки массой 3-10 миллиграммов растирают в ступке, добавляют 0,5 мл хлороформа, добавляют каплю 0,1 N водного раствора КОН (NaOH) и нагревают до начала кипения.

Если соответствующий амфетамин нанесен на бумажки (что встречается в случае активных амфетаминов, таких как ДОБ, ДОМ, ДОХ), к 1-2 измельченным ножницами бумажкам, размером 1 см на 1 см, добавляют 1 мл хлороформа, каплю 0,1 N водного раствора КОН (NaOH) и доводят растворитель до кипения, после охлаждения отбирают растворитель, стараясь не захватить водный слой, и упаривают его до объема 4-5 капель. После охлаждения 4-5 мкл полученных экстрактов наносят на хроматографическую пластину.

Для хроматографирования рекомендуются следующие системы растворителей:

- 1) хлороформ-ацетон-этанол-25%-ный раствор аммиака 20:20:3:1.
- 2) толуол-этанол-триэтиламин 9:1:1.

После окончания хроматографирования пластину сушат при 50 С в течение 10 мин, а затем выявляют хроматографические зоны по гашению флуоресценции при 254 нм, проявлением реактивом Марки или раствором нингидрина в ацетоне.

При проявлении раствором нингидрина в ацетоне (0,5 г нингидрина в 40 мл ацетона) хроматографическую пластину после опрыскивания нагревают до 70 С и выдерживают при этой температуре 5-8 мин. При отсутствии ацетона для растворения нингидрина можно использовать этилацетат, хуже получаются результаты

при использовании этанола. Значения Rf на пластинах SORBFIL ПТСХ П-А-УФ и Merck Kieselgel 60 F 254 указаны в таблицах 4 и 5. Для сравнения в таблицах даны значения Rf для метамфетамина.

Для исследования пригодны любые пластины с немодифицированным слоем силика-геля, например Silufol, SORBFIL, Merck и аналогичные им.

Табл. 4. Значения Rf амфетаминов в системе хлороформ-ацетон-этанол-25%-ный водный раствор аммиака 20:20:3:1

Вещество	Пластины Merck		Пластины Сорбфил	
	Значение Rf	Значение Rs	Значение Rf	Значение Rs
МДА	0,44	1,76	0,66	1,73
МДМА	0,12	0,48	0,23	0,60
МДЕА	0,27	1,08	0,46	1,20
ДОМ/СТР	0,30	1,20	0,46	1,21
ПМА	0,43		0,64	
ДМА	0,38	1,52	0,54	1,42
ТМА	0,30	1,20	0,43	1,13
ДОВ	0,34	1,36	0,41	1,08
ДОХ	0,44	1,76	0,60	1,58
МБДБ	0,26	1,04	0,41	1,08
БДБ	0,60	2,40	0,74	1,95
ДОЭТ	0,36	1,44	0,52	1,37
Мескалин	0,36	1,44	0,50	1,32
Метамфетамин	0,25	1,00	0,38	1,00

Табл. 4. Продолжение

Вещество	Окраска хроматографических зон	
	реактив Марки	нингидрин
МДА	сине-зеленый → зелено-черный	желтый
МДМА	сине-зеленый → зелено-черный	фиолетово-коричневый
МДЕА	сине-зеленый → зелено-черный	сливается с фоном
ДОМ/СТР	желтый	желтый
ПМА	сливается с фоном	желтый
ДМА	желтый	желтый
ТМА	оранжевый	желтый
ДОВ	желтый → изумрудно-зеленый	оранжевый
ДОХ	желто-зеленый	желтый
МБДБ	сине-зеленый → зелено-черный	фиолетово-коричневый
БДБ	сине-зеленый → зелено-черный	желтый
ДОЭТ	желтый	желтый
Мескалин	оранжевый	фиолетовый
Метамфетамин	коричневый	фиолетовый

Предел обнаружения амфетаминов при проявлении реактивом Марки для ДОМ, ДМА, ТМА, ДОВ, ДОХ 2 мкг, для МДА, МДМА, МДЕА, МБДБ, БДБ 0,4 мкг, нингидрином для всех производных амфетамина – 0,6 мг.

Как видно, для наиболее распространенных в настоящее время в незаконном обороте амфетаминов (МДА, МДМА, МДЕА, МБДБ и БДБ) наилучшего разделения позволяет добиться система хлороформ-ацетон-этанол-аммиак 20:20:3:1. Проявление реактивом Марки и нингидрином позволяет получать дополнительный признак при

исследовании амфетаминов, имеющих в указанных системах близкие значения R_f (например для МДЕА и МБДБ, которые окрашивают реактив Марки в одинаковый цвет, проявление нингидрином является единственным диагностическим признаком, позволяющим различать эти вещества). Использование нингидрина в качестве проявляющего агента во второй системе затруднительно, так как диэтиламин, который всегда содержится и в триэтиламине, окрашивается при взаимодействии с нингидрином и маскирует зоны амфетаминов при проявлении.

Табл. 5. Значения R_f амфетаминов в системе толуол-этанол-триэтиламин (диэтиламин) 9:1:1

Вещество	Пластины Merck		Пластины Сорбфил		Окраска хроматографических зон
	R_f	R_s	R_f	R_s	Реактив Марки
МДА	0,31	0,86	0,46	1,00	сине-зеленый → зелено-черный
МДМА	0,36	1,00	0,46	1,00	сине-зеленый → зелено-черный
МДЕА	0,56	1,56	0,64	1,40	сине-зеленый → зелено-черный
ДОМ/STP	0,32	0,89	0,43	0,93	желтый
ПМА	0,21	0,58	0,36	0,63	сливается с фоном
ДМА	0,33	0,92	0,42	0,91	желтый
ТМА	0,19	0,53	0,30	0,65	оранжевый
ДОБ	0,30	0,83	0,40	0,87	желтый → изумрудно-зеленый
ДОХ	0,31	0,86	0,43	0,93	желто-зеленый
МБДБ	0,54	1,50	0,62	1,35	сине-зеленый → зелено-черный
БДБ	0,48	1,30	0,59	1,28	сине-зеленый → зелено-черный
ДОЭТ	0,36	1,0	0,40	0,87	желтый
Мескалин	0,10	0,28	0,12	0,26	оранжевый
Метамфетамин	0,36	1,00	0,46	1,00	коричневый

Окраска хроматографических зон зависит от количества вещества, нанесенного на хроматографическую пластину. Поэтому оттенок окраски зоны может меняться.

Метод газовой хроматографии и хроматомасс-спектрометрии

Исследование методом газовой хроматографии применяют для качественного выявления амфетаминов и их количественного определения.

Газохроматографический анализ проводят при следующих условиях: колонка кварцевая капиллярная длиной 12-20 м и диаметром 0,2-0,3 мм с метилсиликоновой стационарной фазой (OV-101, SE-30, SE-54, OV-1). Температура испарителя 220 С, детектора 290 С. Температура колонки меняется от 100 С до 280 С со скоростью 10 С/мин. Газ-носитель - гелий (азот), детектор пламенно-ионизационный. Ввод пробы с делением потока.

В ходе исследования таблетку растирают в ступке и гомогенизируют полученный порошок встряхиванием. Навеску измельченной таблетки массой около 3-4 мг заливают 1 мл хлороформа, добавляют каплю 0,1 N водного раствора КОН (NaOH), доводят смесь до кипения, охлаждают и дают отстояться.

Если соответствующий амфетамин нанесен на бумажки, к 1-2 взвешенным и измельченным ножницами бумажкам, размером 1 см на 1 см, добавляют 1 мл хлороформа, 1 каплю 0,1 N водного раствора КОН (NaOH), доводят растворитель до кипения, после охлаждения отбирают растворитель, добавляют новую порцию хлоро-

форма, доводят его до кипения, растворитель также отбирают и объединенные хлороформные экстракты упаривают досуха. К упаренному экстракту добавляют 1 мл хлороформа, доводят до кипения и охлаждают.

1 мкл полученных экстрактов из таблетки и бумажек хроматографируют в указанных условиях.

Однако, часто амфетамины хроматографируются в виде несимметричных пиков, поэтому необходимо проводить исследование, получая их ацетильные производные. Для этого к 3-4 мг растертой в порошок таблетки или упаренному досуха экстракту с бумажек добавляют 0,2 мл уксусного ангидрида (ангидрида трифторуксусной кислоты) и выдерживают смесь в течении 30-40 минут в закрытой склянке при 70 С (при использовании ангидрида трифторуксусной кислоты смесь выдерживают 10 мин при комнатной температуре - при работе с ангидридом трифторуксусной кислоты необходимо работать под тягой). Пробу полученного раствора после охлаждения хроматографируют в указанных выше условиях. Температура испарителя в этом случае равна 260 С. Индексы удерживания амфетаминов и их ацетильных производных указаны в таблице 6.

Табл. 6. Значения индексов удерживания амфетаминов и их ацетильных производных.

Амфетамин	Индекс удерживания вещества	Индекс удерживания ацетильного производного	Относительный массовый коэффициент к метилстеарату
МДА	1465	1816	1,35
МДМА	1515	1905	1,25
МДЕА	1566	1951	1,48
ДОМ	1608	1918	1,19
ПМА	1383	1718	1,17
ДМА	1595	1856	1,20
ТМА	1688	2010	1,45
ДОБ	1790	2111	1,53
ДОХ	1714	2025	1,53
МБДБ	1610	1969	1,24
БДБ	1567	1902	1,58
ДОЭТ	1660	1959	1,10
Мескалин	1677	2018	0,95

Количественное определение проводят следующим образом: таблетку растирают в ступке и гомогенизируют полученный порошок встряхиванием.

Если соответствующий амфетамин нанесен на бумажки, к 1-2 взвешенным и измельченным ножницами бумажкам, размером 1 см на 1 см, добавляют 1 мл хлороформа, каплю 0,1 N водного раствора КОН (NaOH), доводят растворитель до кипения, после охлаждения отбирают как можно больше растворителя, стараясь не захватить водную часть, добавляют новую порцию хлороформа, доводят его до кипения, растворитель также отбирают и объединенные хлороформные экстракты упаривают досуха.

К навеске растертой в порошок таблетки массой 3-4 мг (берут точную навеску) добавляют 1 мг метилстеарата (металстеарат либо взвешивают на весах, либо при отсутствии весов соответствующей точность 1 мл раствора метилстеарата в хлороформе, гексане или пентане помещают в склянку и отсторожно упаривают растворитель досуха, после чего в этой же склянке взвешивают навеску растертой таблетки), 0,4 мл уксусного ангидрида и нагревают на плитке при температуре 70 С в течение 30 мин в плотно закрытой склянке (нагрев осуществляют до исчезновения в смеси нативного амфетамина - контроль проводят методом тонкос-

лойной или газовой хроматографии). После окончания нагрева, охлаждения и отстаивания 1 мкл полученной смеси хроматографируют на кварцевой капиллярной колонке длиной 12-20 м и диаметром 0,2 мм со метилсиликоновой стационарной фазой (OV-101, SE-30, SE-54, OV-1). Температура испарителя 260 С, детектора 290 С. Температура колонки меняется от 150 С до 280 С со скоростью 10 С/мин. Газ-носитель - гелий (азот), детектор пламенно-ионизационный. На коротких колонках (до 20 м) ацетильное производное ДОБ может не разделиться с метилстеаратом. В этом случае скорость нагрева колонки необходимо уменьшить до 5 С/мин.

Перед определением проводят калибровку хроматографа с использованием чистых метилстеарата и соответствующего амфетамина. При отсутствии образцов чистых амфетаминов используют относительные массовые коэффициенты (таблица №6).

В этом случае расчет содержания производного амфетамина проводят по формуле:

$$X = (S_x \cdot m_{ст} / S_{ст} \cdot m_{п}) \cdot K \cdot 100,$$

где S_x - площадь пика производного амфетамина;

$S_{ст}$ - площадь пика внутреннего стандарта;

$m_{ст}$ - количество стандарта, мг;

$m_{п}$ - количество исходной пробы, мг;

K - относительный массовый коэффициент.

При количественном определении можно также использовать ангидрид трифторуксусной кислоты. Подготовка пробы в этом случае проводят также как и в случае уксусного ангидрида, однако после добавления ангидрида уксусной кислоты смесь не нагревают, а выдерживают при комнатной температуре 10 мин, после этого ангидрид уксусной кислоты осторожно отгоняют на плитке досуха, добавляют 1 мл хлороформа и хроматографируют 1 мкл полученной смеси в тех же условиях, что и при использовании ангидрида уксусной кислоты.

Исследование методом хроматомасс-спектрометрии проводят для качественного выявления амфетаминов. Для исследования были подобраны следующие условия. Предварительное разделение компонентов пробы на кварцевой капиллярной колонке длиной 12-25 метров и диаметром 0,2 мм с диметилсиликоновой стационарной фазой. Температура испарителя 220 С, интерфейса детектора 280 С. Температура колонки меняется от 100 С до 280 С со скоростью 10 С/мин. Газ-носитель - гелий. Ионизация электронным ударом (энергия 70 ЭВт). Подготовка пробы готовится аналогично пробоподготовке для газовой хроматографии без дериватизации. Масс-спектры исследуемых амфетаминов и их ацетильных производных приведены в приложении.

Следует отметить, что работа с уксусным ангидридом сопряжена с определенными сложностями, поэтому исследование амфетаминов нужно проводить с чистой газохроматографической системой (т.е. необходимо проводить регулярную чистку детектора, инжектора и кондиционирование хроматографической колонки). После окончания работы с уксусным ангидридом нужно ввести в инжектор хроматографа 3 раза по 1 мкл метанола или этанола.

Метод жидкостной хроматографии

Исследование методом жидкостной хроматографии применяют как для качественного выявления производных амфетамина, так и для их количественного определения в экспертных образцах.

Анализ проводят на жидкостном хроматографе "Милихром-4", (или аналогичных жидкостных хроматографах) используя для разделения компонентов один из вариантов высокоэффективной жидкостной хроматографии - обращенно-фазную распределительную хроматографию.

Условия анализа: колонка типа КАХ-4 размером 80х2 мм с обращенно-фазным сорбентом "Separon C 18" (НПО "Научприбор", г. Орел); подвижная фаза - фосфатный буфер : ацетонитрил (80:20); изократическое элюирование со скоростью 120 мкл/мин; спектрофотометрический детектор, работающий в режиме одновременного пятиволнового детектирования на длинах волн 210, 220, 230, 250, 280 нм; объем вводимой пробы - 10 мкл; максимальная длительность проведения анализа - 20 минут.

Для приготовления фосфатного буфера, растворяют в 1 л дистиллированной воды 3,0 г КОН, 12,0 г 82 % орто-фосфорной кислоты и 3,0 г диэтиламина. Буфер указанного состава должен иметь значение рН равное 3. В случае отклонения рН буфера от указанной величины, следует провести корректировку, добавляя водный раствор щелочи или кислоту. Значение рН буфера предварительно определяют по универсальной индикаторной бумаге. Для более точного определения следует использовать рН-метр любого типа.

Для приготовления подвижной фазы, фосфатный буфер смешивают с ацетонитрилом в указанном соотношении и тщательно перемешивают с помощью магнитной мешалки. Подвижную фазу фильтруют через мембранный фильтр и дегазируют, помещая в ультразвуковую баню на 20 минут или продувают гелием в течение 20 минут (дегазация гелием более эффективна).

Для определения хроматографических параметров разделения производных амфетамина, готовят тестовую модельную смесь индивидуальных веществ. Для приготовления модельной смеси, навески индивидуальных веществ помещают в мерную колбу и растворяют в подвижной фазе с таким расчетом, чтобы концентрация каждого компонента в растворе не превышала 0,1 мг/мл. Раствор тщательно перемешивают в ультразвуковой бане, фильтруют, дегазируют, продувают гелием в течение 20 минут, и хроматографируют в указанных условиях.

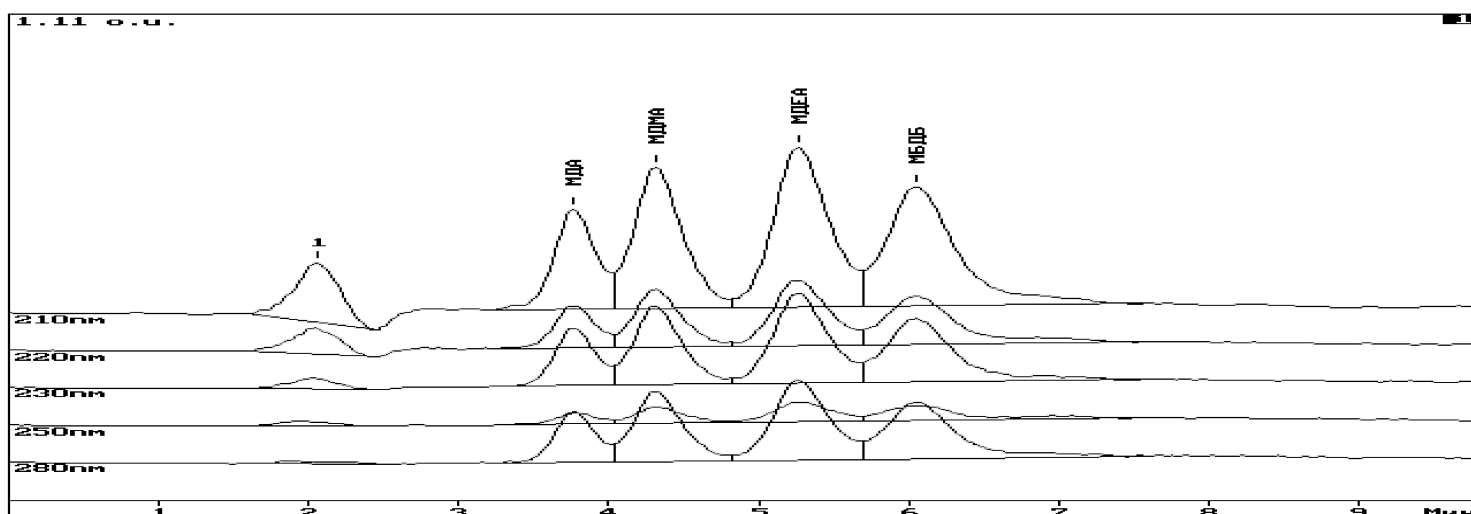


Рис. 1. Хроматограмма модельной смеси 4 производных амфетамина, полученная в режиме пятиволнового детектирования спектрофотометра "Милихром - 4".

На рис. 1 представлена хроматограмма модельной смеси 4 индивидуальных веществ - МДА, МДМА, МДЕА и МБДБ. Полученное при этом разрешение хроматографических пиков позволяет проводить количественное определение компонентов сме-

си. По имеющимся данным, образцы аналогичного качественного состава наиболее часто представлены среди реальных объектов экспертного исследования.

Хроматографические параметры разделения некоторых производных амфетамина для указанных условий приведены в табл. 7.

Хроматограммы и УФ спектры некоторых производных амфетамина, полученные в режиме пятиволнового детектирования спектрофотометра хроматографа "Милихром - 4", представлены в приложении.

Табл. 7. Хроматографические параметры разделения производных амфетамина

Анализируемый амфетамин	Абсолютное время удерживания мин.	Исправленное время удерживания мин.	Коэффициент емкости
Мескалин	2,92	1,22	0,72
ТМА	3,61	1,91	1,12
БДБ	3,75	2,05	1,20
МДА	3,90	2,20	1,29
ПМА	4,09	2,39	1,40
МДМА	4,10	2,40	1,41
МДЕА	5,40	3,70	2,18
ДМА	5,48	3,78	2,22
МБДБ	6,04	4,34	2,55
ДОМ	12,09	10,39	6,11
ДОХ	12,50	10,80	6,35
ДОБ	15,00	13,30	7,82
ДОЭТ	15,76	14,06	8,27

Все представленные хроматограммы и УФ спектры получены с помощью программно-аппаратурного комплекса МультиХром-Спектр, разработанного АО АМПЕРСЕНД (г. Москва). При отсутствии данного комплекса, снятие УФ спектров компонентов хроматограмм проводят в процессе анализа в автоматическом режиме работы хроматографа "Милихром-4", при внесении соответствующих изменений в программу работы спектрофотометрического детектора.

Для проведения количественного определения производных амфетамина, калибруют УФ детектор, применяя для этого растворы индивидуальных веществ с точно известной концентрацией (метод абсолютной калибровки).

Для приготовления калибровочных растворов готовят растворы индивидуальных веществ в подвижной фазе с точной концентрацией - 1,0 мг/мл. Далее растворы последовательно разбавляют подвижной фазой для получения растворов с концентрациями 0,5; 0,25; 0,125; 0,0625; 0,0312 и 0,0156 мг/мл. Приготовленные растворы хроматографируют при неизменных условиях. По результатам анализа строят калибровочные графики, определяющие зависимость площади хроматографического пика вещества (при детектировании сигнала на строго заданной длине волны) от его концентрации в растворе. Для всех исследованных веществ получена линейная зависимость, описываемая уравнением первого порядка: $Y = k \cdot X$, которая соблюдается при детектировании сигнала на длине волны 210 нм, в диапазоне концентраций от 0,0156 мг/мл до 1,0 мг/мл.

Если для приготовления калибровочных растворов используют производные амфетамина в форме хлористоводородных или других солей, в расчеты необходимо внести поправочный коэффициент, позволяющий определить концентрацию вещества в пересчете на основание. Количественное содержание производных амфетамина в экспертных образцах также всегда следует указывать в пересчете на вещество в форме основания.

На рис. 2 представлен типичный калибровочный график для производных амфета-

мина. Калибровки следует периодически проверять, хроматографируя растворы с известной концентрацией вещества.

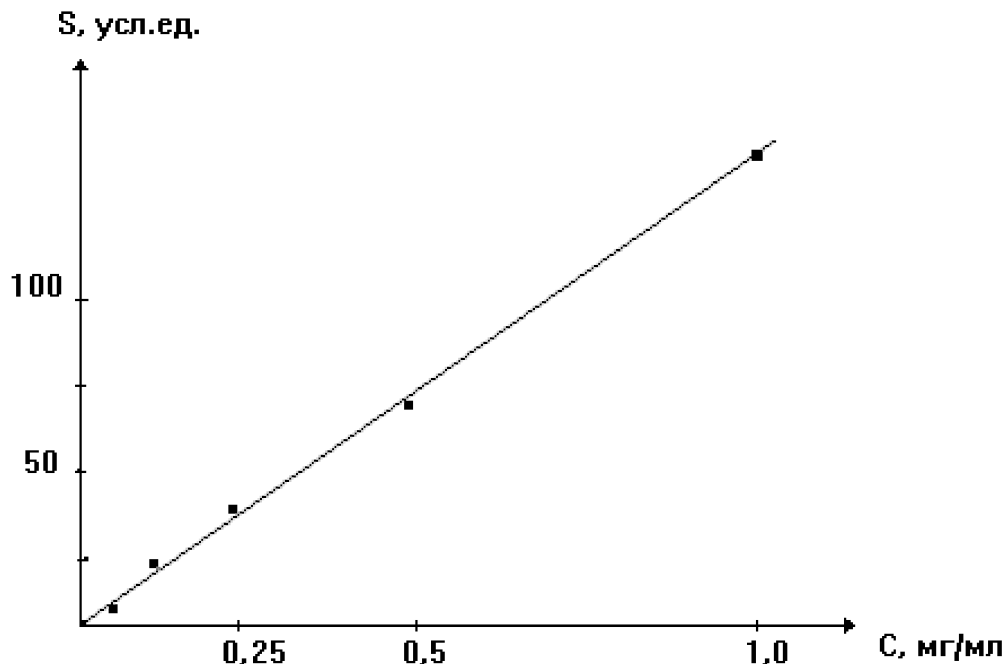


Рис. 2. График зависимости площади хроматографического пика МДА от его концентрации в растворе (спектрофотометрическое детектирование "Милихром-4" на длине волны 210 нм).

Анализ образцов, изъятых из незаконного оборота и содержащих производные амфетамина, проводят следующим образом: точную навеску анализируемого вещества (тщательно измельченного) экстрагируют в точном объеме подвижной фазы. При этом концентрация экстрагируемого вещества в экстрагенте не должна превышать 1,0 мг/мл. Экстракцию проводят при нормальной температуре в ультразвуковой бане в течение 20 минут. Полученный раствор фильтруют, дегазируют путем продувки гелием и хроматографируют в указанных условиях.

Выявление хроматографических пиков, соответствующих производным амфетамина, проводят, сравнивая времена удерживания пиков компонентов хроматограммы анализируемого вещества с временами удерживания компонентов хроматограммы модельной смеси. Для компонентов с близкими значениями времен удерживания проводят сравнение УФ спектров и применяют метод добавок.

Концентрацию производных амфетамина в экстракте анализируемого вещества определяют по калибровочным графикам. Содержание производного амфетамина в анализируемом веществе - $X(\%)$ рассчитывают по формуле:

$$X = (C \cdot V / m) \cdot 100,$$

где C - концентрация производного амфетамина в экстракте, мг/мл, найденная по калибровочному графику;

V - объем экстракта, мл;

m - навеска анализируемого вещества, подвергнутого экстракции, мг.

Предел обнаружения производных амфетамина в анализируемых экстрактах для указанных условий хроматографирования составляет величину не менее $(1,0 - 1,5) \cdot 10^{-8}$ г. Предел обнаружения определяется по величине достоверно регистрируемого детектором минимального аналитического сигнала (высота пика) индивидуального вещества при длине волны 210 нм. За минимальную высоту пика прини-

мают сигнал в 5 раз превышающий уровень флуктуационных шумов, регистрируемых детектором.

На рис. 3 представлена хроматограмма экстракта вещества таблетки с изображением знака "\$", действующим началом которой является МБДБ (содержание 26 % масс.). В процессе экстракции вещества таблетки подвижной фазой, наряду с действующим началом - МБДБ, в растворе выявлены и другие компоненты, наблюдаемые на хроматограмме как неидентифицированные хроматографические пики.

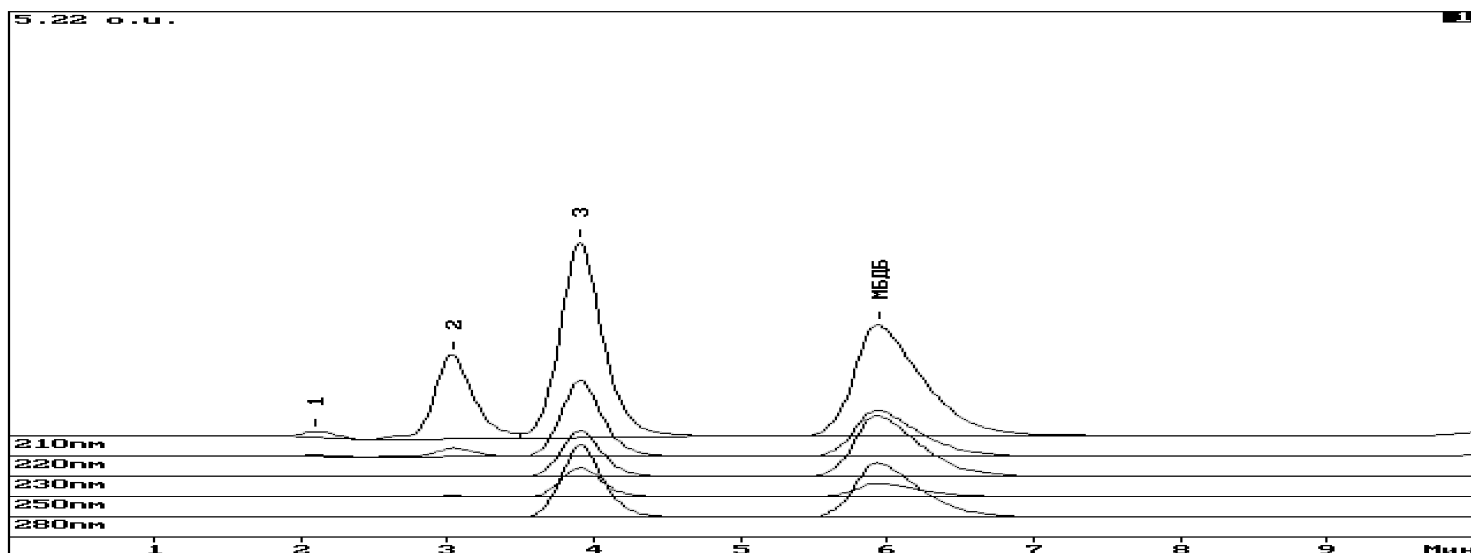


Рис.3. Хроматограмма экстракта таблетки, содержащей МБДБ.

Необходимо обратить внимание, что при работе на одной и той же колонке в одних и тех же условиях анализа коэффициенты емкости и селективности разделения не должны варьировать от анализа к анализу. Основным фактором, влияющим на изменение этих параметров, является нарушение состава подвижной фазы. В случае непостоянства значений хроматографических параметров необходимо проверить правильность приготовления подвижной фазы и, если не наступит улучшения результатов, сменить колонку.

Метод ИК-спектроскопии

В настоящее время имеющиеся в ОВД базы данных ИК спектров наркотических средств содержат лишь небольшую часть спектров производных амфетамина и представляют собой как компьютерные базы данных, так и атласы ИК спектров в виде соответствующих графических изображений. В связи с этим, в настоящем пособии приведены ИК спектры большой группы производных амфетамина (в виде солей и оснований), которые отсутствуют в имеющихся базах данных ИК спектров, но встречаются в незаконном обороте наркотиков в нашей стране и за рубежом. Все приведенные ИК спектры чистых веществ получены на ИК Фурье-спектрометре Paragon 1000PC (фирмы Perkin-Elmer, США) в диапазоне $4000-400\text{ см}^{-1}$ с разрешением 4 см^{-1} . Пробы готовили методом таблетирования с бромидом калия. Наличие созданной полной базы данных ИК спектров производных амфетамина позволит более достоверно проводить идентификацию наркотических средств амфетаминовой группы.

Как показывает анализ экспертной практики, таблетки, изымаемые из незаконного оборота, наряду с амфетаминами содержат другие вещества - сахара, крахмал, соду и др. Поэтому ИК спектры исходных объектов не дают правильного представления о содержании наркотического средства, но могут иметь важное

значение для получения информации о наполнителях, которые, как правило, достаточно четко различимы в ИК спектре исходного объекта.

Методика выделения амфетаминов с целью их последующей идентификации методом ИК спектроскопии заключается в следующем. При исследовании порошков и таблеток, небольшую часть вещества, после измельчения и гомогенизирования встряхиванием (примерно 20-30 мг), растворяют в 1 дистиллированной воды. Затем к раствору, после тщательного перемешивания, добавляют несколько капель 0,1 N раствора гидроксида калия или натрия и 1 мл хлороформа. После перемешивания и отстаивания смеси осторожно отбирают 0,6-0,8 мл жидкости от нижнего хлороформного слоя и переносят в агатовую ступку. После упаривания растворителя в сушильном шкафу при температуре 50 С в течение 5 мин к полученному в виде белых кристаллов или маслянистой пленки веществу добавляют бромид калия, перетирают полученную смесь и прессуют в виде таблетки.

Как уже упоминалось ранее, некоторые активные амфетамины (ДОБ, ДОХ и др.) наносятся на бумажки. В этом случае образец бумаги с нанесенным на неё веществом разрезают на мелкие части и заливают 1 мл 0,1 N раствора соляной кислоты. Экстракцию проводят в течение 10 минут при постоянном перемешивании. Раствор центрифугируют при 3000 об/мин в течение 5 минут. Водную фазу отделяют, а образец снова заливают кислотой и всю операцию повторяют еще раз.

Объединенные кислотные вытяжки по каплям подщелачивают 0,1 N раствором едкого натрия (едкого калия) до получения pH 9-10 по универсальной индикаторной бумаге и экстрагируют 5 мл эфира 3 раза. Объединенный эфирный экстракт переносят в агатовую ступку и сушат в сушильном шкафу при 50 С в течение 5-10 мин. Сухой остаток перетирают с бромидом калия и прессуют в таблетку.

Далее регистрируют спектр на любом дисперсионном или ИК фурье-спектрометре с разрешением 4 см^{-1} и сопоставляют его с базой данных ИК спектров наркотических средств, сравнивая спектры по наличию, форме и относительной интенсивности полос поглощения. Для амфетаминов, основания которых представляют собой маслянистые жидкости (см. таблицу 2), регистрацию ИК спектра можно проводить в виде тонкой пленки на кристалле из подходящего оптического материала (KBr, KRS и др.). Однако, в этом случае наблюдается худшая сходимость спектра с библиотечным.

Следует отметить, что при наличии в исходном объекте двух или более амфетаминов в хлороформный слой будут экстрагироваться все амфетамины и их идентификация методом ИК спектроскопии будет затруднена. Поэтому, в таких случаях необходимо использовать более сложные способы пробоподготовки - твердофазную экстракцию или препаративную ТСХ для выделения индивидуальных компонентов и проведения их последующего определения методом ИК спектроскопии.

Метод Уф спектроскопии

Наиболее важное значение метод Уф спектроскопии приобретает при проведении количественных определений амфетаминов. Метод обладает такими достоинствами, как простота и экспрессность определения, возможность проведения определений в водных растворах. Кроме того, метод не требует наличия редких реактивов и растворителей, отсутствует стадия сложной предварительной пробоподготовки объекта, определению не мешают такие часто встречающиеся наполнители как сахара, крахмал, стеараты, сода. Оборудование для Уф спектроскопии имеется практически во всех экспертно-криминалистических подразделениях. При использовании метода Уф спектроскопии для количественных определений необходимо иметь построенную калибровочную кривую по стандартным растворам на данном приборе.

В основе количественных определений спектральными методами лежит закон Бугера-Ламберта-Бера, устанавливающий зависимость между оптической плотностью и концентрацией анализируемого раствора. Поэтому перед началом проведения исследований необходимо определить диапазон концентраций для данного вещества, в котором соблюдается линейная зависимость оптической плотности (А) от концентрации (С), т.е.

$$A = k \cdot C,$$

где k – коэффициент молярного поглощения, если концентрация выражена в моль/л. Для амфетаминов было проведено исследование, позволяющее определить интервал концентраций, в котором соблюдается линейная зависимость оптической плотности от концентрации раствора, т.е. диапазон концентраций в котором следует проводить количественные определения (см. таблицу 8). В большинстве случаев линейная зависимость оптической плотности от концентрации соблюдается для значений оптической плотности до 1,3-1,5, а реально измерения ведутся при оптических плотностях не менее 0,05-0,10.

Таким образом, при количественном определении амфетаминов оптическая плотность раствора должна быть от 0,1 (А0,1) до 1,5 (А1,5). Исходя из данных таблицы 8 можно рассчитать рабочий диапазон концентраций для каждого из амфетаминов следующим образом:

$$\text{концентрация (при } A=0,1) = \frac{0,1 \cdot \text{Стабл}}{A \cdot \text{табл}};$$

$$\text{концентрация (при } A=1,5) = \frac{1,5 \cdot \text{Стабл}}{A \cdot \text{табл}}.$$

Проведенные таким образом вычисления показывают, что рабочий диапазон концентраций для амфетаминов составляет примерно 0,01– 0,08 мг/мл, для мескалина 0,05 – 0,60 мг/мл. Поэтому при приготовлении стандартных растворов концентрация раствора должна находиться в указанных выше рабочих диапазонах.

Табл. 8. Оптические плотности водных растворов амфетаминов гидрохлоридов (измерения проведены на спектрофотометре UV-VIS Lambda 14P фирмы Perkin-Elmer (США) в кварцевых кюветах с толщиной поглощающего слоя 10 мм).

Название вещества	Концентрация Стабл (мг/мл)	Длина волны в максимуме поглощения (нм)	Оптическая Плотность Атабл
МДА	0,021	286	0,33
МДМА	0,065	286	0,61
МДЕА	0,076	286	0,95
ДОЭТ	0,051	289	0,75
МБДБ	0,047	286	0,71
ПМА	0,090	275	0,63
ДОБ	0,071	295	1,08
Мескалина сульфат	0,140	268	0,30

Следует выделить два основных подхода, которые можно использовать при количественном определении веществ методом УФ спектроскопии. Первый способ – самый простой, но он требует наиболее полного знания о составе объекта, и при-

меним к смесям, не содержащим каких-либо веществ, поглощающих в той же области, что и определяемый компонент. При этом, необходимо убедиться с помощью любого физико-химического метода в наличии только одного из амфетаминов в пробе и отсутствии мешающих веществ (веществ, поглощающих в той области спектра, которая используется для спектрального исследования). Затем следует взять точную навеску анализируемого вещества (10-20 мг), растворить в точно измеренном объеме дистиллированной воды (50 мл), подкисленной несколькими каплями концентрированной соляной кислоты, разбавить раствор в 10 раз и сравнить оптические плотности пробы и стандартного раствора исследуемого амфетамин в максимуме поглощения (максимумы поглощения приведены в таблице 8).

Вычисление содержания наркотического средства в анализируемой пробе проводят по формулам:

$$C_{ан} = \frac{A_{ан} \cdot C_{ст}}{A_{ст}} \quad (1)$$

$$\text{содержание вещества (\%)} = \frac{C_{ан} \cdot V_{ан} \cdot 10}{g} \cdot 100 \% \quad (2)$$

$C_{ан}$, $C_{ст}$ – концентрации анализируемого и стандартного растворов, мг/мл;

$A_{ан}$, $A_{ст}$ – оптические плотности анализируемого и стандартного растворов, измеренные в максимуме поглощения;

$V_{ан}$ – объем раствора, в котором растворяли навеску анализируемого вещества, мл;

g – навеска анализируемого вещества, мг.

При наличии в пробе нескольких амфетаминов данным способом определять содержание наркотических компонентов нельзя, поскольку амфетамины имеют близкие значения максимумов поглощения в диапазоне 275-295 нм, что не позволяет проводить их индивидуальное определение. Поэтому в данном случае следует использовать другой способ определения, который описан ниже.

Второй способ количественного определения представляет собой сочетание методов ТСХ и УФ спектроскопии, требует более длительной пробоподготовки объекта, но является универсальным методом при исследовании различных смесей, содержащих один или несколько амфетаминов, а также различные наполнители.

Следует отметить, что количественное определение проводится после идентификации наркотических веществ в исследуемом объекте любым физико-химическим методом.

Принципиальная схема количественного определения наркотических веществ методом УФ спектроскопии с предварительным разделением методом ТСХ включает несколько этапов:

- Этап 1. Приготовление раствора, содержащего определяемое вещество, путем растворения части таблетки или порошка, поступивших на исследование, в органическом растворителе (метаноле, хлороформе, воде и др.). При поступлении на исследование небольшого количества водного раствора, можно использовать данный раствор без предварительной подготовки. При поступлении на исследование нескольких миллилитров водного раствора желательно проводить 2-3-х кратную экстракцию водного раствора органическим растворителем для наиболее полного извлечения и концентрирования определяемого вещества. Экстракция органическими растворителями анализируемого и стандартного (с известной концентрацией) водных растворов проводят в одинаковых условиях.
- Этап 2. Нанесение анализируемого раствора и раствора, содержащего точно

известную концентрацию определяемого вещества (стандартного раствора), на хроматографическую пластину. Нанесение осуществляется на подогреваемом столике, входящем в комплект для ТСХ, т.к. необходимо наносить, как правило, 10-50 мкл раствора в зависимости от концентрации вещества. Анализируемый и стандартный раствор наносятся в виде пятна микрошприцом на пластину типа Sorbfil ПСТХ-П-А-УФ. Количественное содержание вещества в пятнах можно регулировать при осмотре пластины в УФ лучах, при этом пятна должны быть четко различимы, и иметь хорошую интенсивность гашения флуоресценции.

- Этап 3. Хроматографирование пластины в камере с одной из систем растворителей, которые рекомендованы в разделе данного пособия посвященном исследованию методом тонкослойной хроматографии.
- Этап 4. Выделение (смыв) с пластины зон, содержащих определяемое вещество, полученных из анализируемого и стандартного растворов. После хроматографирования и высушивания пластины необходимо отметить расположение зон на пластине карандашом. Затем (для пластин на гибкой, полдимерной основе) следует вырезать три фрагмента в виде квадратов площадью 1 см², которые содержат зоны определяемого вещества из анализируемого и стандартного растворов и зону без определяемого вещества (для "холостого" раствора). Для пластин на стеклянной основе следует соскабливать отмеченные зоны скальпелем в соответствующие емкости (например, бюксы). Далее с полученных фрагментов или соскобов с пластин экстрагируют определяемое вещество путем добавления одинаковых объемов (1-4 мл в зависимости от объема используемых кварцевых кювет) растворителя или смеси растворителей (например, смесь метанол-5% водный раствор соляной кислоты, 1:1). Таким образом, готовят анализируемый, стандартный и "холостой" растворы для последующего фотометрирования.
- Этап 5. Сравнение оптических плотностей анализируемого и стандартного растворов в УФ области, вычисление концентрации определяемого вещества в анализируемом растворе. Фотометрирование можно проводить на любом спектрофотометре в УФ области спектра в кварцевых кюветах с толщиной поглощающего слоя 10 мм, отмечая оптическую плотность анализируемого и стандартного растворов относительно "холостого" раствора в максимуме поглощения.

Вычисление концентрации определяемого вещества в анализируемом растворе проводят по формуле:

$$A_{ан} \cdot C_{ст} \cdot V_{ст}$$

$$C_{ан} = \frac{A_{ан} \cdot C_{ст} \cdot V_{ст}}{A_{ст} \cdot V_{ан}}, \text{ где}$$

$C_{ан}$, $C_{ст}$ - концентрации анализируемого и стандартного растворов, мг/мл;
 $A_{ан}$, $A_{ст}$ - оптические плотности анализируемого и стандартного растворов;
 $V_{ан}$, $V_{ст}$ - объемы анализируемого и стандартного растворов, нанесенные на хроматографическую пластину, мкл.

Относительная погрешность измерения количества вещества методом УФ спектроскопии составляет 3-5 отн. %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы конференции по стимуляторам амфетаминного типа. ООН. Вена, 12-16 февраля, 1996.
2. K-A Kovar, Pharmazeutische Zeitung. 140, №21, 1995.
3. Recommended Methods for Testing Illicit Ring-Substituted Amphetamine Derivatives. United Nations. Division of Narcotic Drugs, Vienna, 1987.

4. Bundes-kriminalblatt. BKA. 45, №178, 1995.
5. The Merck Index. Twelfth Edition. Merck & CO., Inc. 1996.
6. Recommended Methods for Testing Peyote Cactus (Mescal Buttons)/Mescaline and Psylocybe Mushrooms/Psilocybin. United Nations. Division of Narcotic Drugs, Vienna, 1989.
7. K-A. Kovar, C. Roesch, A. Rupp. Pharmazie in unserer Zeit. 19, №3, 1990, s. 99-107.
8. K-A. Kovar, C. Roesch, A. Rupp. Pharmazie in unserer Zeit. 19, №5, 1990, s. 211-221.
9. H. Neuninger. Scientia Pharmaceutica. 55, 1-11, 1987.
10. Information Manual on Desinger Drugs. World Health Organization. Geneva, 1991.
11. Clarke, s Isolation and Identification of Drugs. The Farmaceutical Press. London, 1986.
12. Oesterreichische chemishe Zeitschrift. №11, 1989, s.332-336.
13. Terry A. Dal Cason. Journal of Forensic Science. 34, №4, 1989. p.928-961.
14. Drug Enforcement Handbook. U.S. Departament of Justice. DEA.
15. A. Shulgin. "Psychotomimetic Drugs: Strukture-Activity Relationsships" in The Handbook of Psychopharmacology. V. 11, Stimulants. Plenum Publishing Company, New York, 1978, pp. 243-333.
16. Clandestinally Produced Drugs, Analogues and Precursors U.S. Departament of Justice, DEA, Washington, 1989.
17. Pharmakology and Toxicology of Amphetamine and Related Desinger Drugs. NIDA Research Monograph 94, 1989, U.S. Department of Health and Human Services.
18. Shulgin A. T. Nature, V. 221, 1969, pp. 537-541.
19. G. Haffmans. Toxichem + Krimtech, 61, 1994, №2, s.30.
20. F. Christine Brown. "Hallucinogenic drugs", Charles Thomas Publisher, Springfield, Illinois, 1972
21. Multilingual dictionary of narcotic drugs and psychotropic substances under international control, United Nations, 1993
22. A. Shulgin, A. Shulgin. Pihkal. A chemical Love Story. Transform Press. 1995.

ПРИЛОЖЕНИЕ

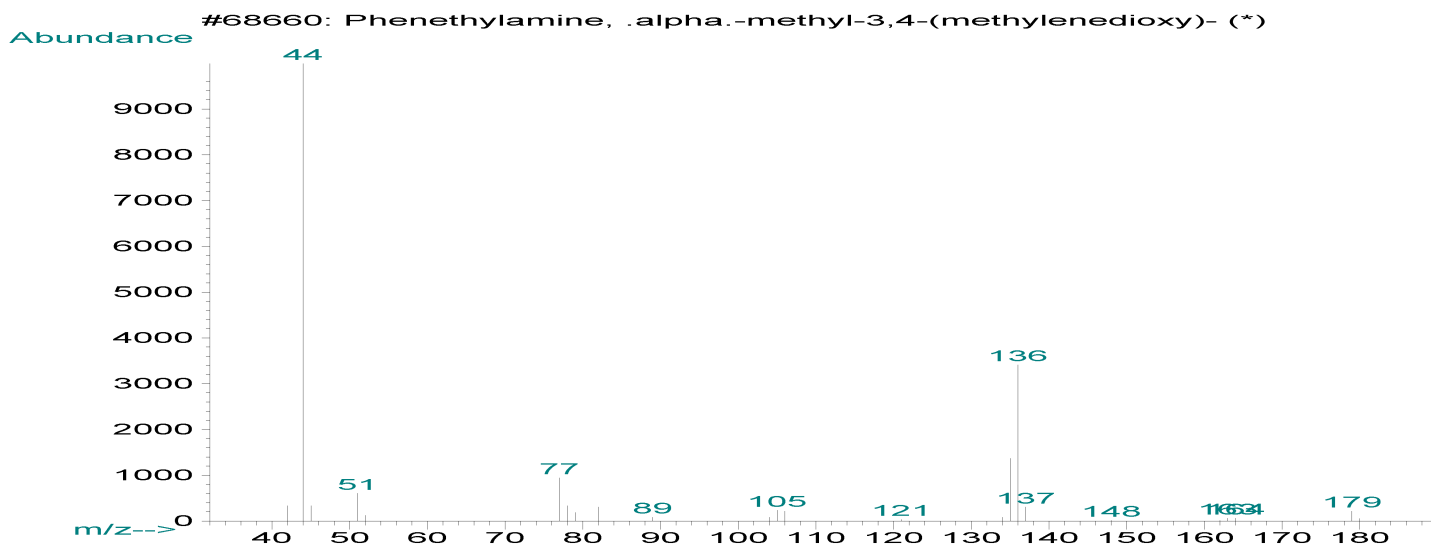


Рис. 5. Масс-спектр МДА

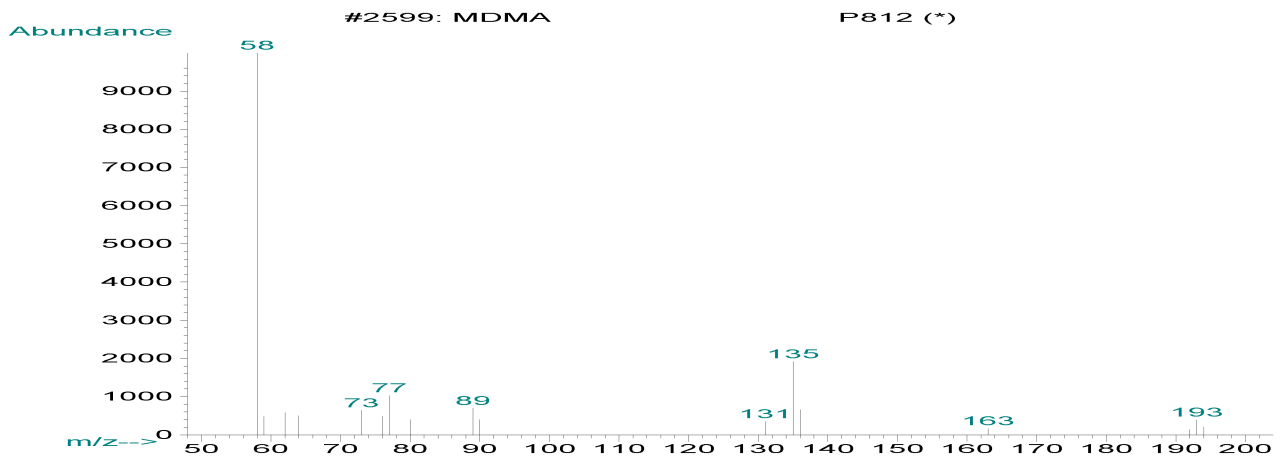


Рис. 6. Масс-спектр MDMA

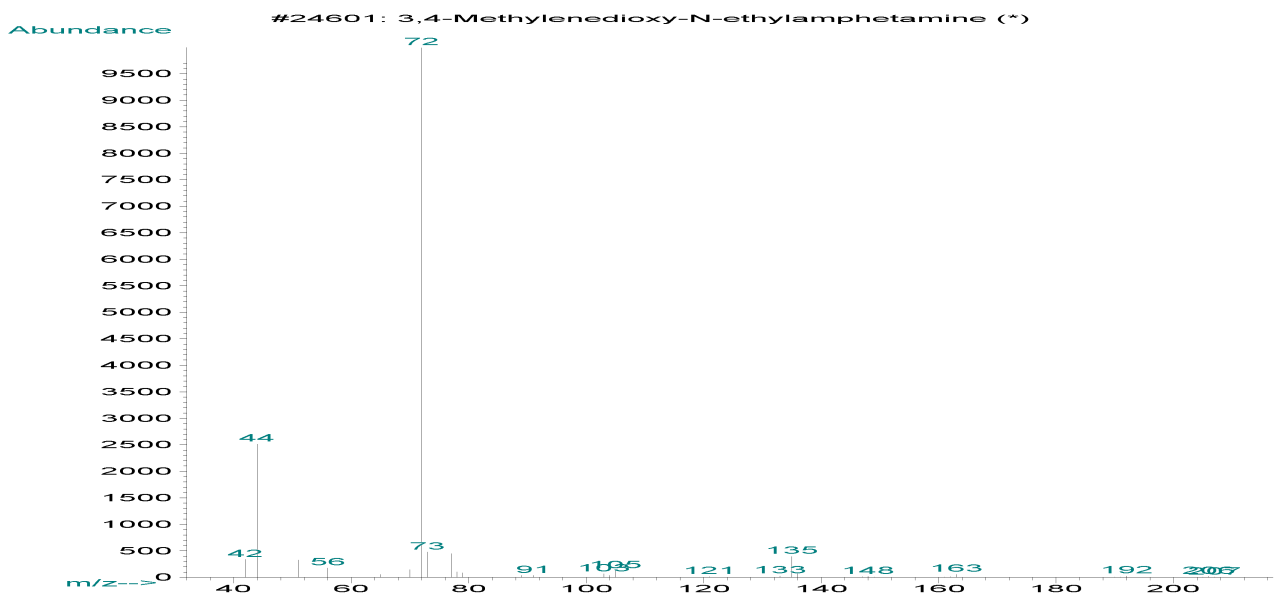


Рис. 7. Масс-спектр МДЕА

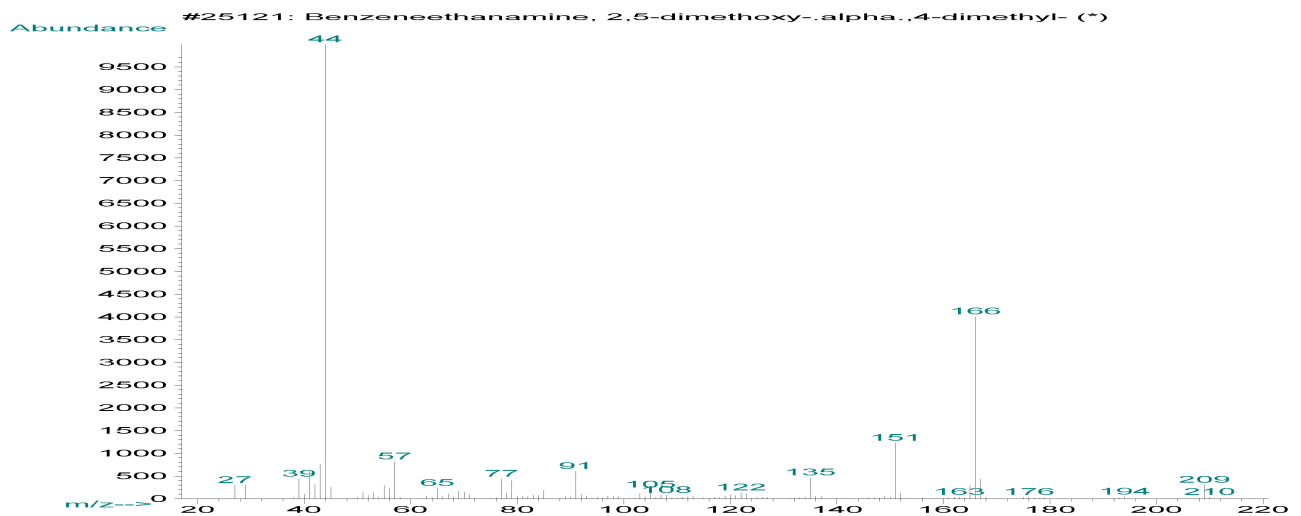


Рис. 8. Масс-спектр ДОМ

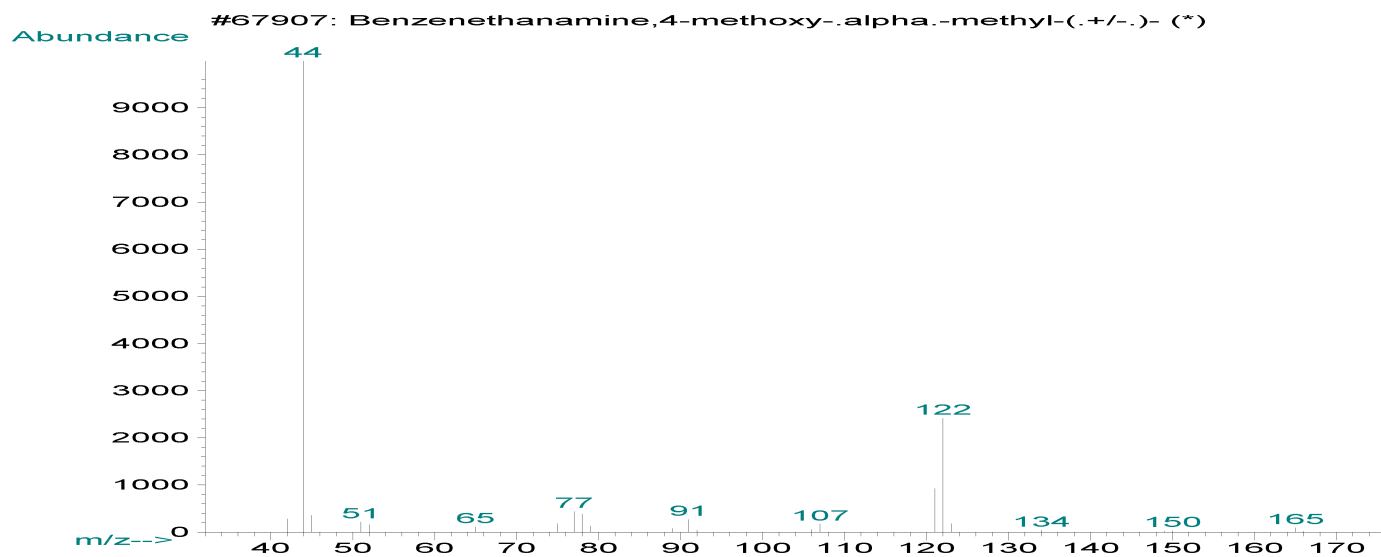


Рис. 9. Масс-спектр ПМА

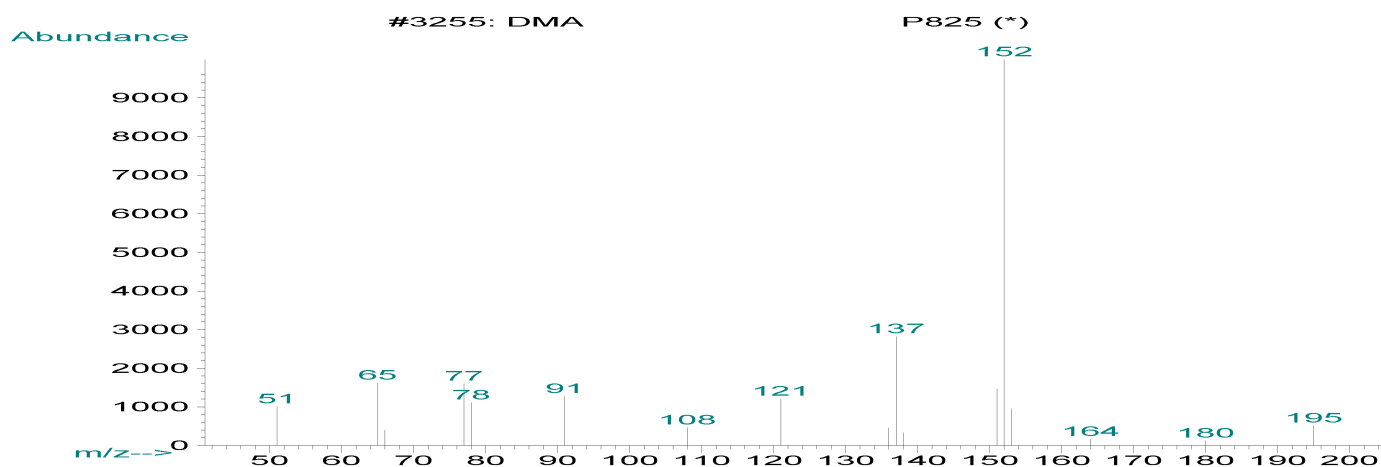


Рис. 10. Масс-спектр ДМА

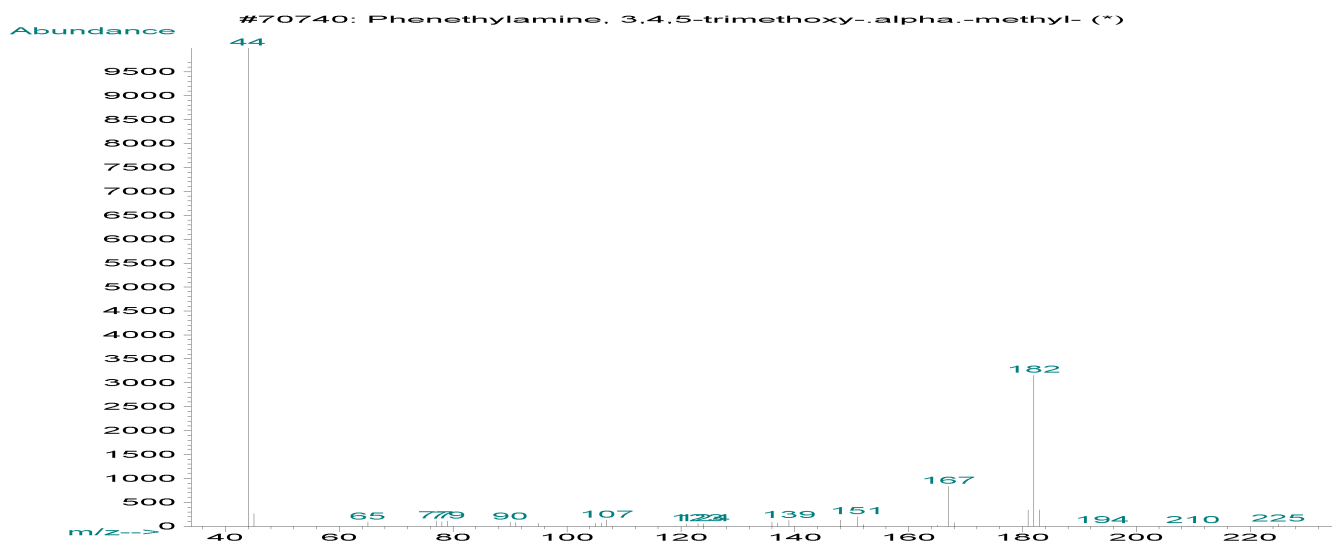


Рис. 11. Масс-спектр ТМА

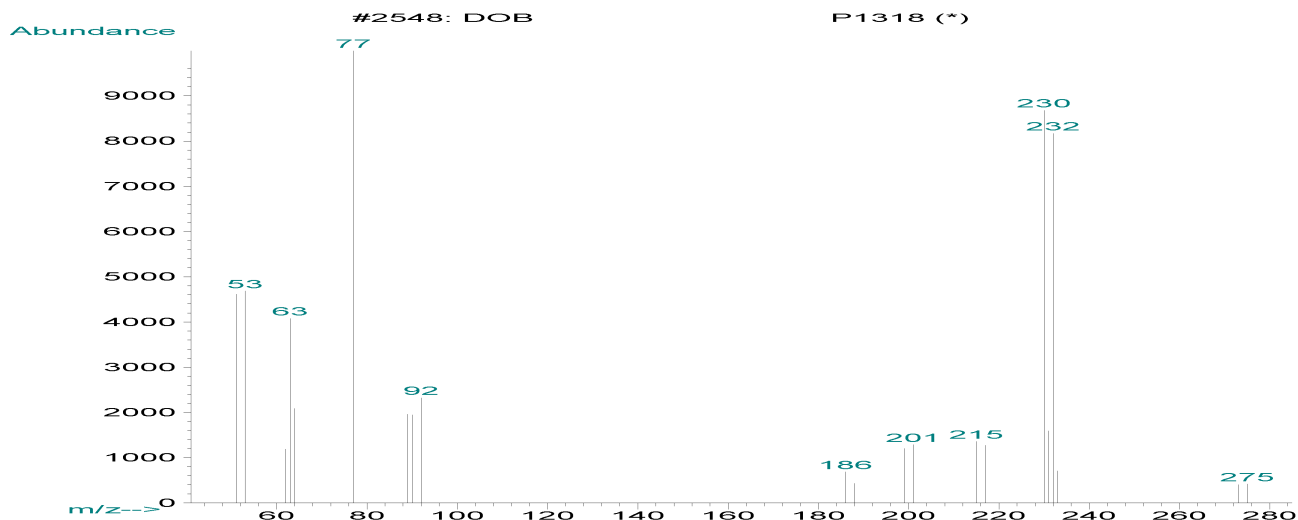


Рис.12. Масс-спектр ДОБ

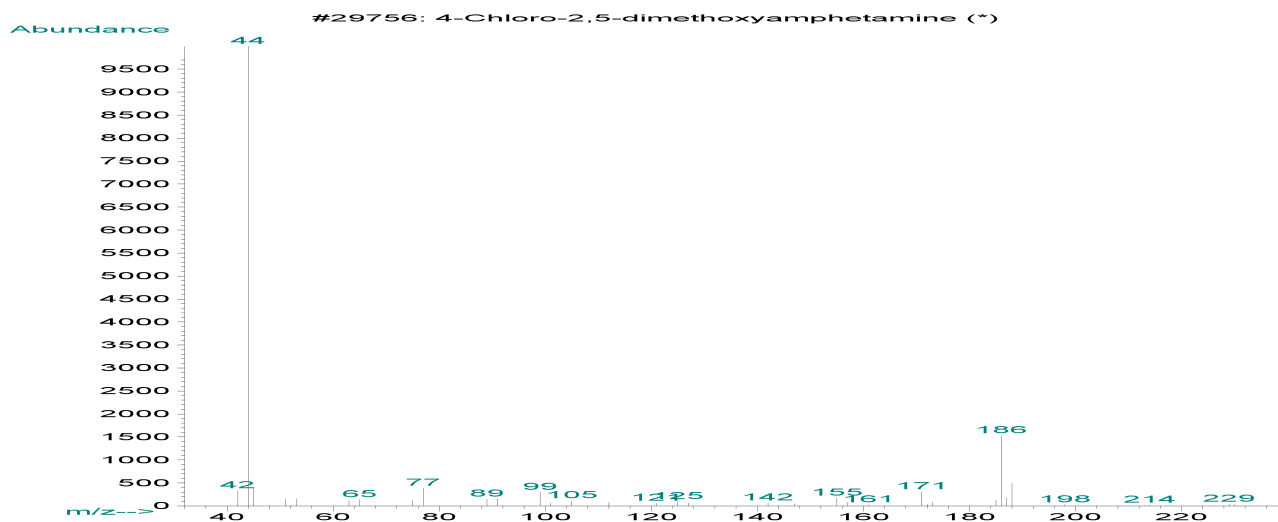


Рис. 13. Масс-спектр ДОХ

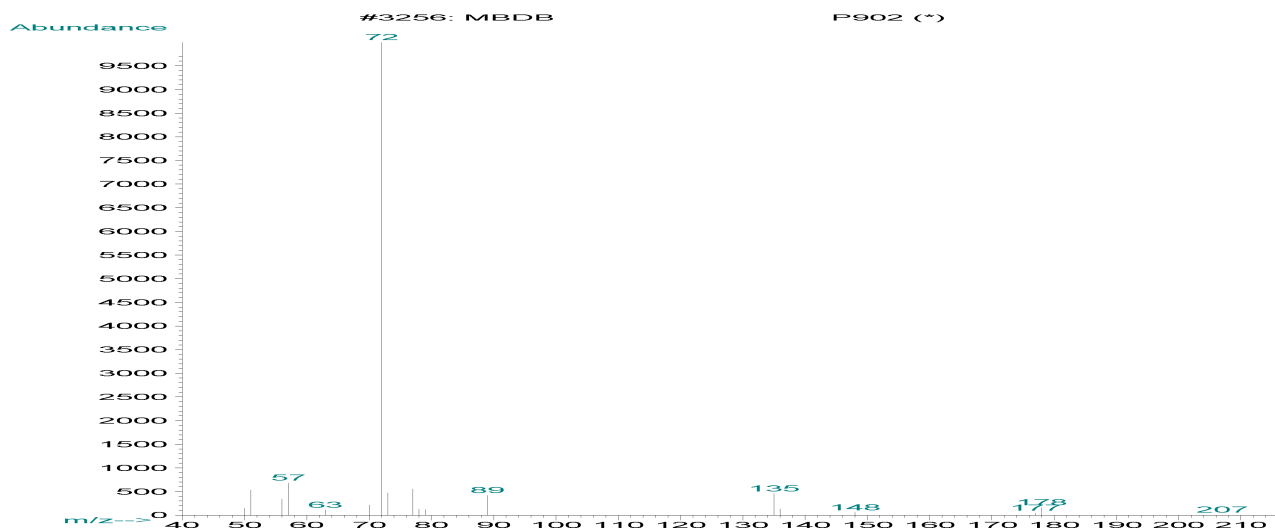


Рис. 14. Масс-спектр МБДБ

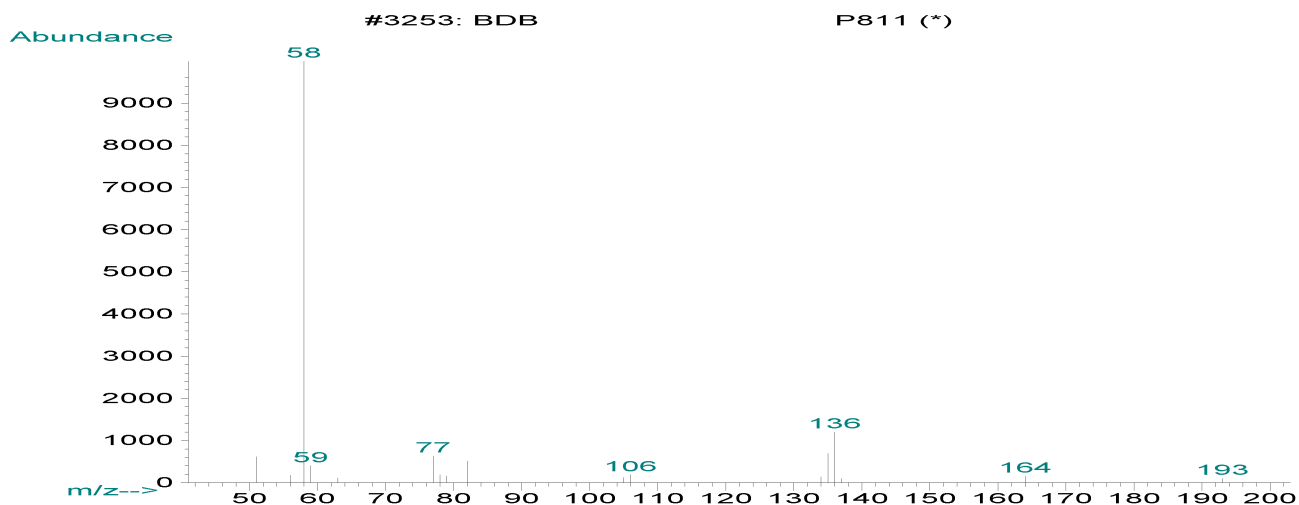


Рис. 15. Масс-спектр БДБ

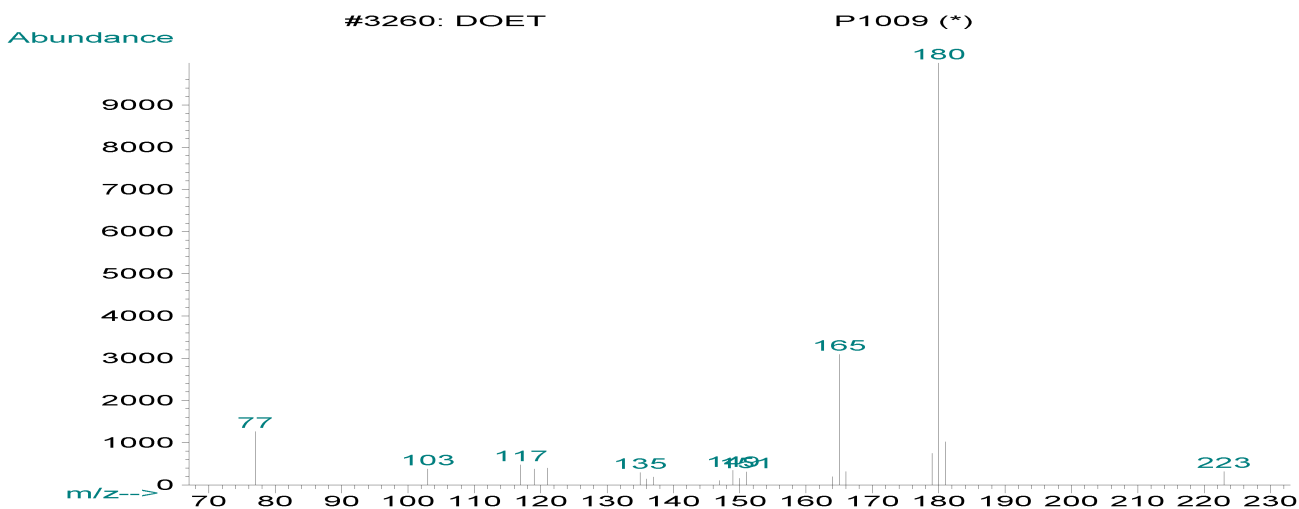


Рис. 16. Масс-спектр ДОЭТ

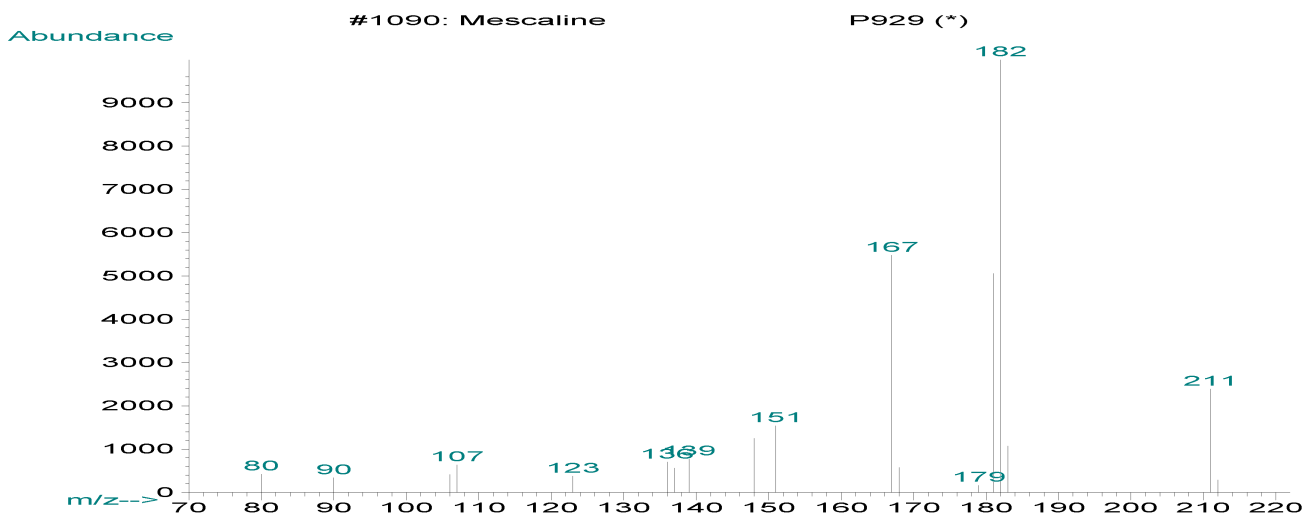


Рис. 17. Масс-спектр мескалина

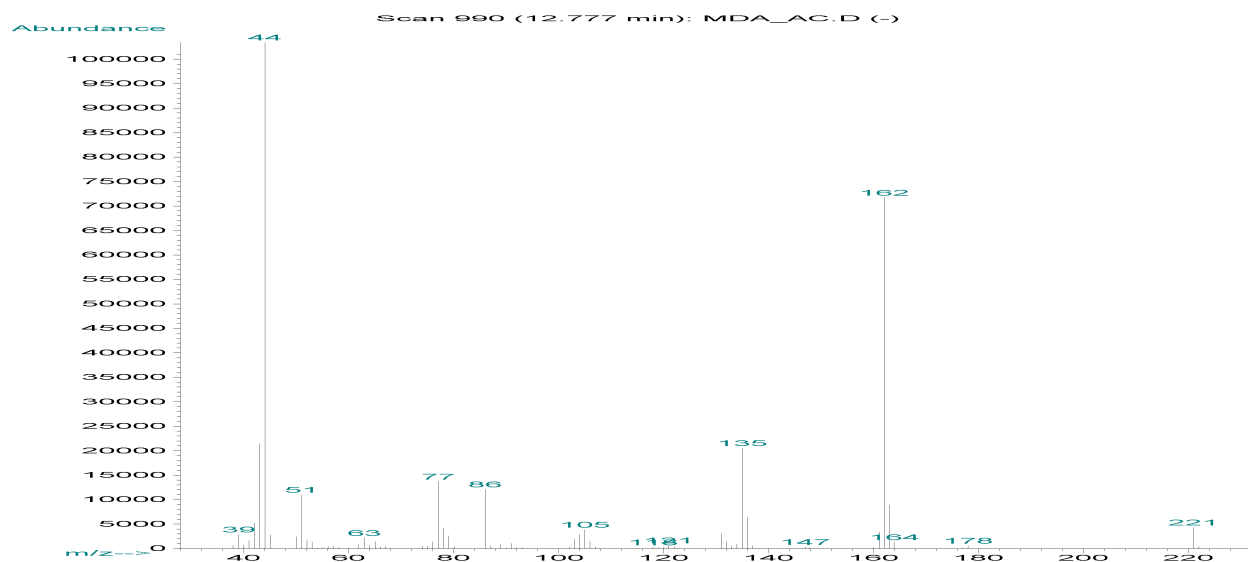


Рис. 18. Масс-спектр ацетильного производного МДА

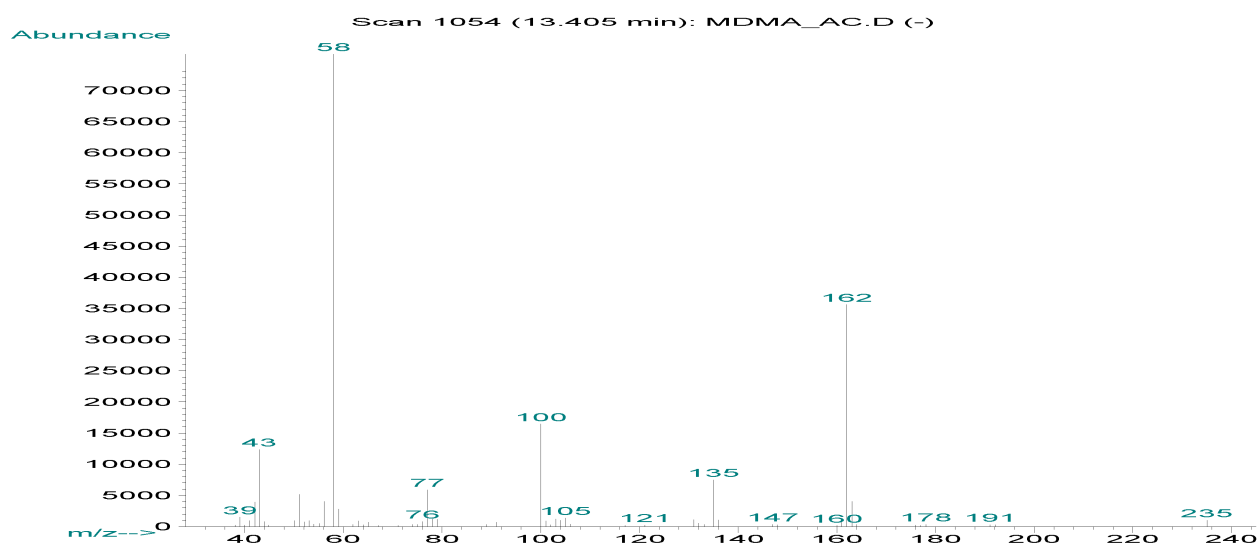


Рис. 19. Масс-спектр ацетильного производного MDMA

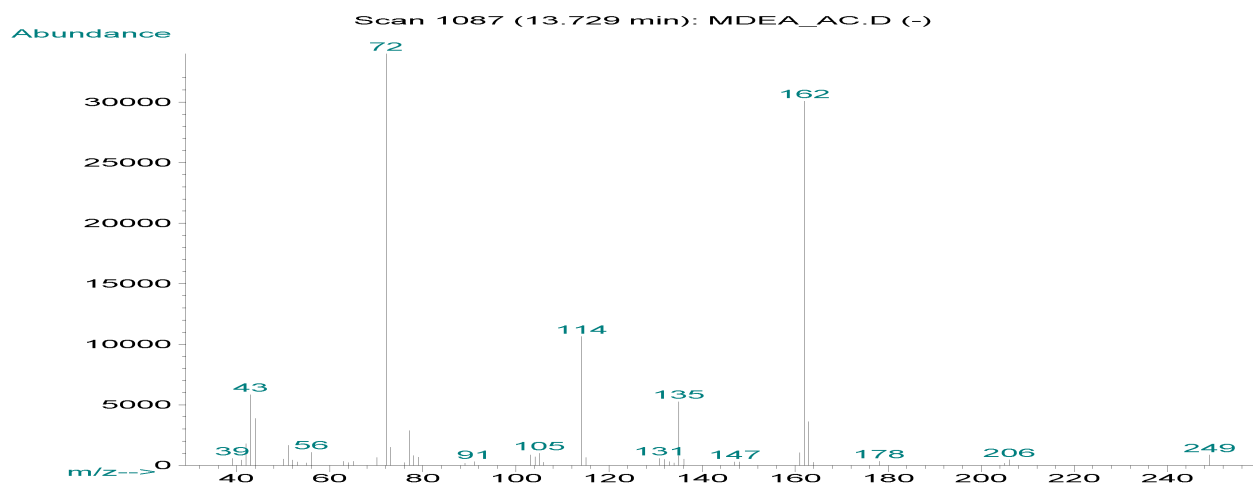


Рис. 20. Масс-спектр ацетильного производного МДЕА

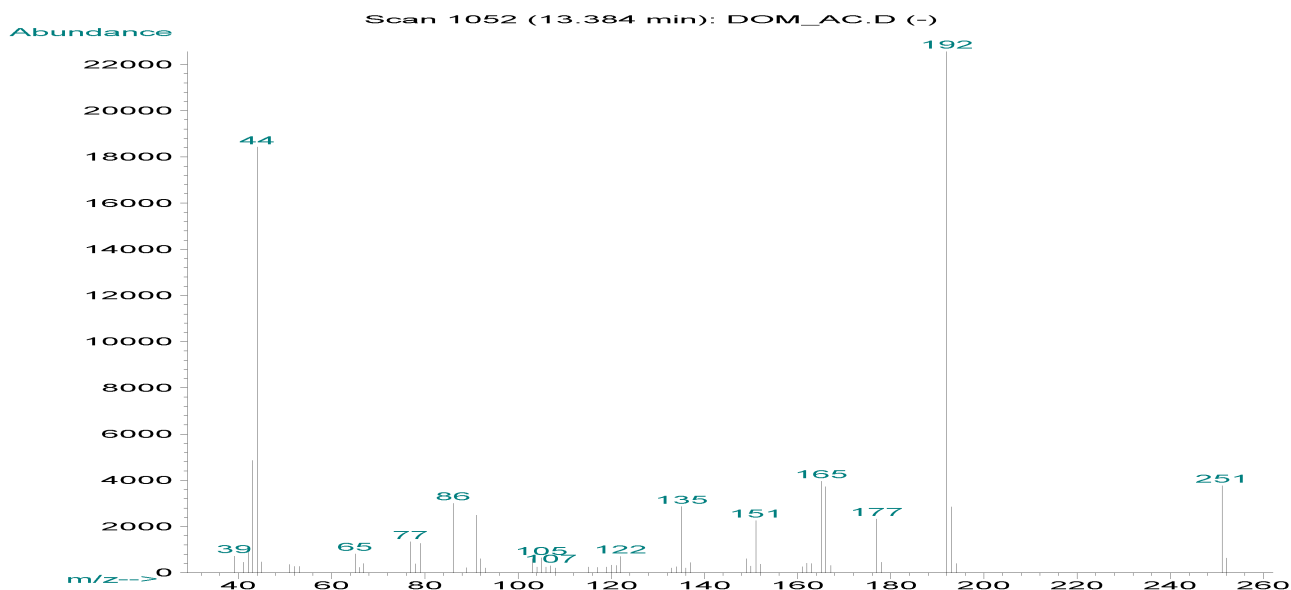


Рис. 21. Масс-спектр ацетильного производного ДОМ

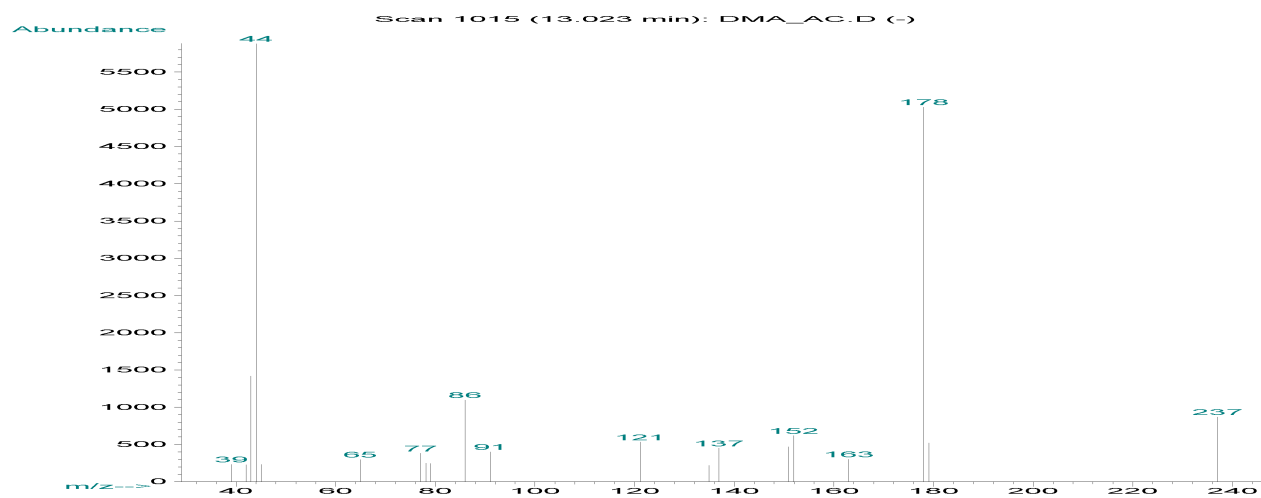


Рис. 22. Масс-спектр ацетильного производного ДМА

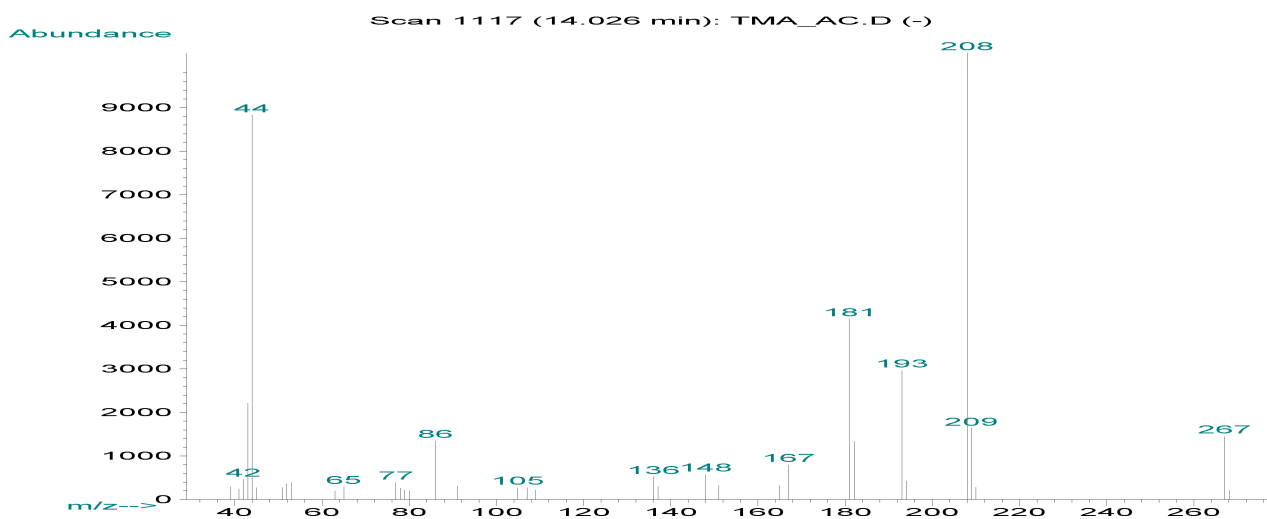


Рис. 23. Масс-спектр ацетильного производного ТМА

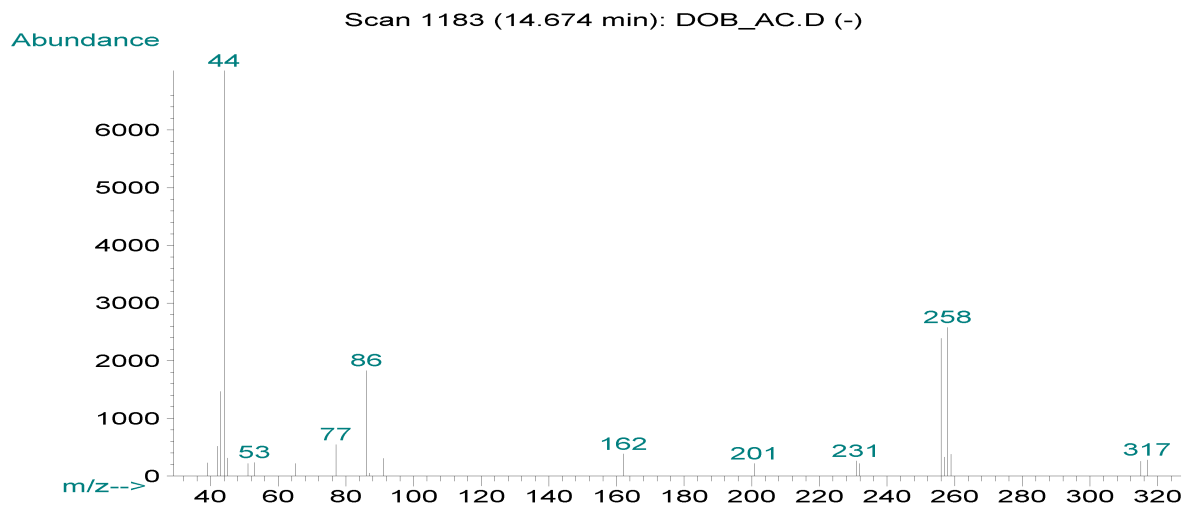


Рис. 24. Масс-спектр ацетильного производного ДОБ

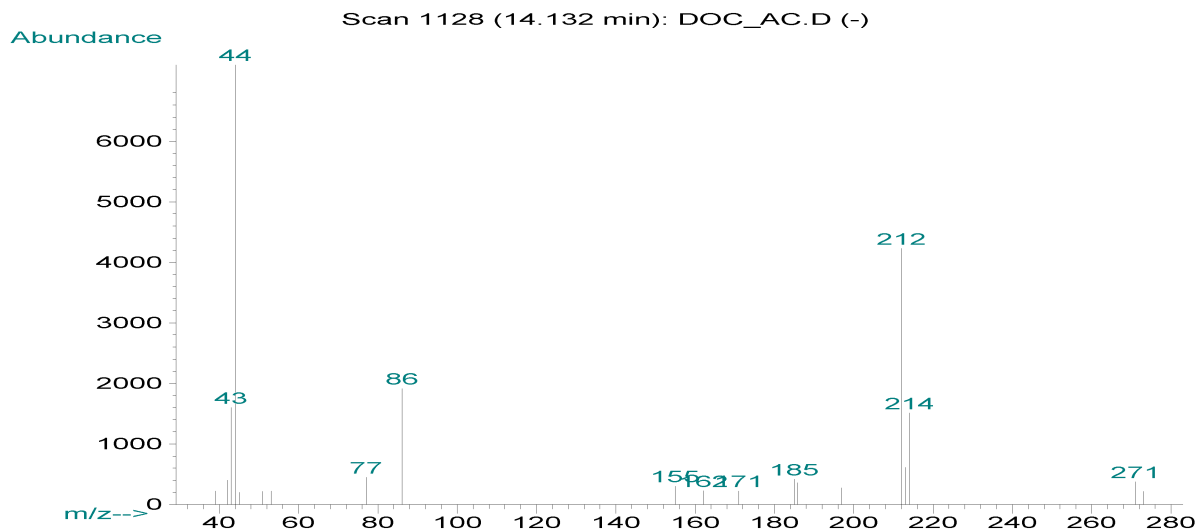


Рис. 25. Масс-спектр ацетильного производного ДОХ

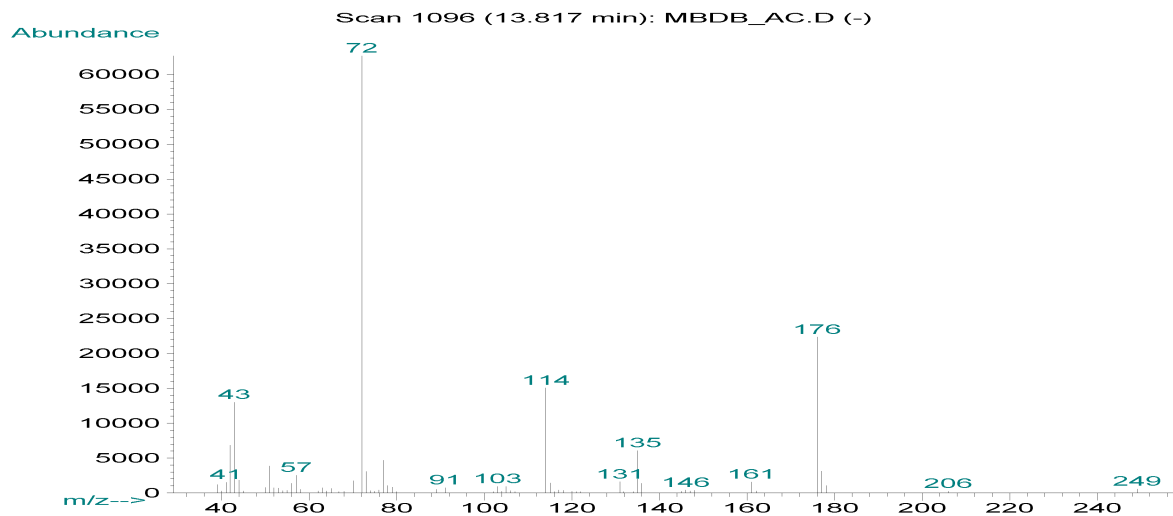


Рис. 26. Масс-спектр ацетильного производного МБДБ

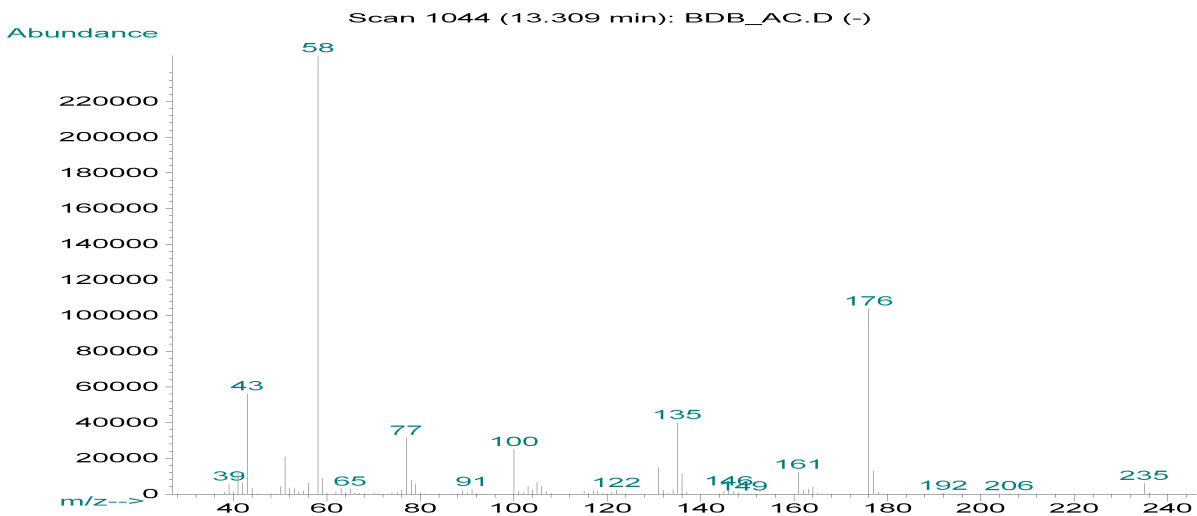


Рис. 27. Масс-спектр ацетильного производного БДБ

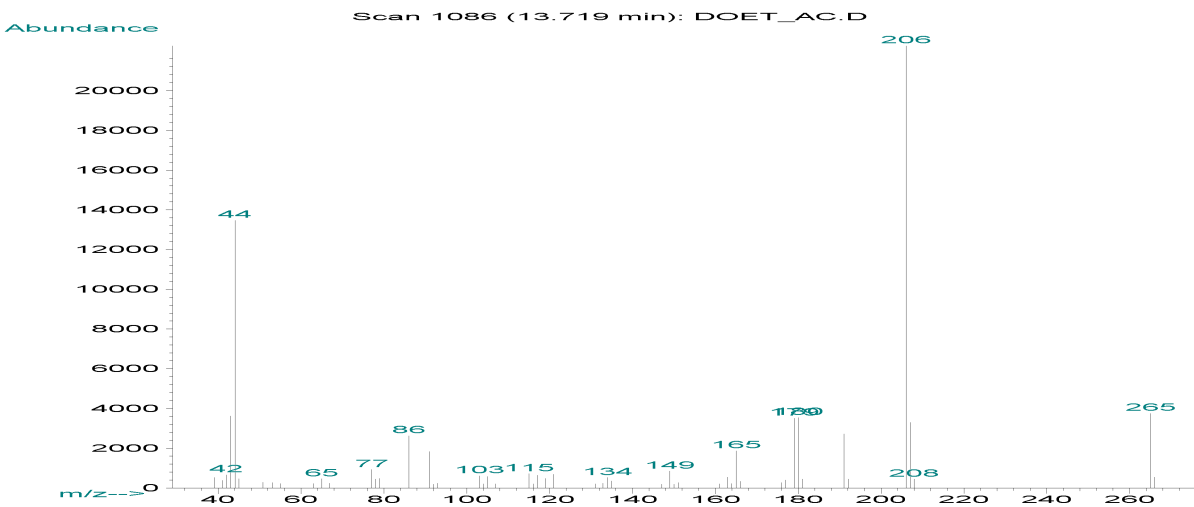


Рис. 28. Масс-спектр ацетильного производного ДОЭТ

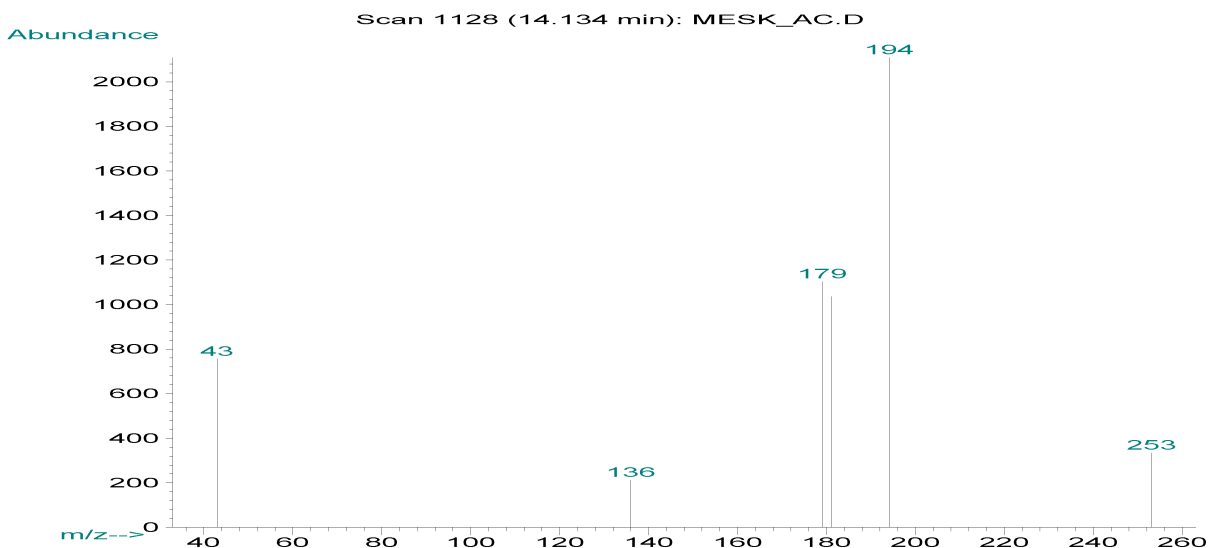


Рис. 29. Масс-спектр ацетильного производного мескалина

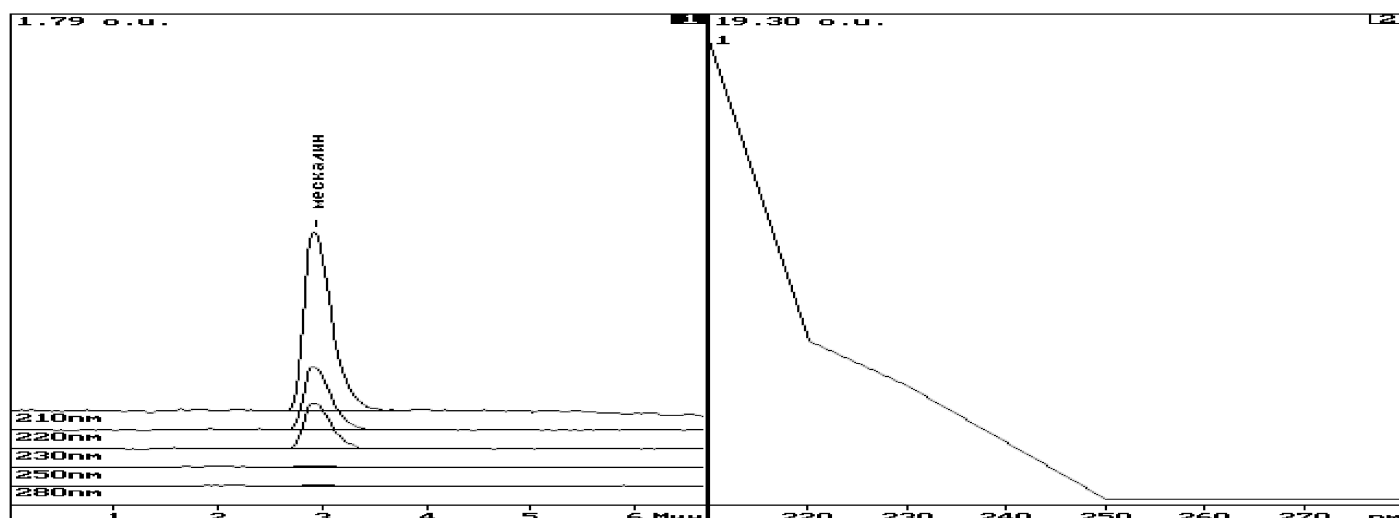


Рис.18. Хроматограмма и УФ спектр мескалина (УФ детектор "Милихром-4") .

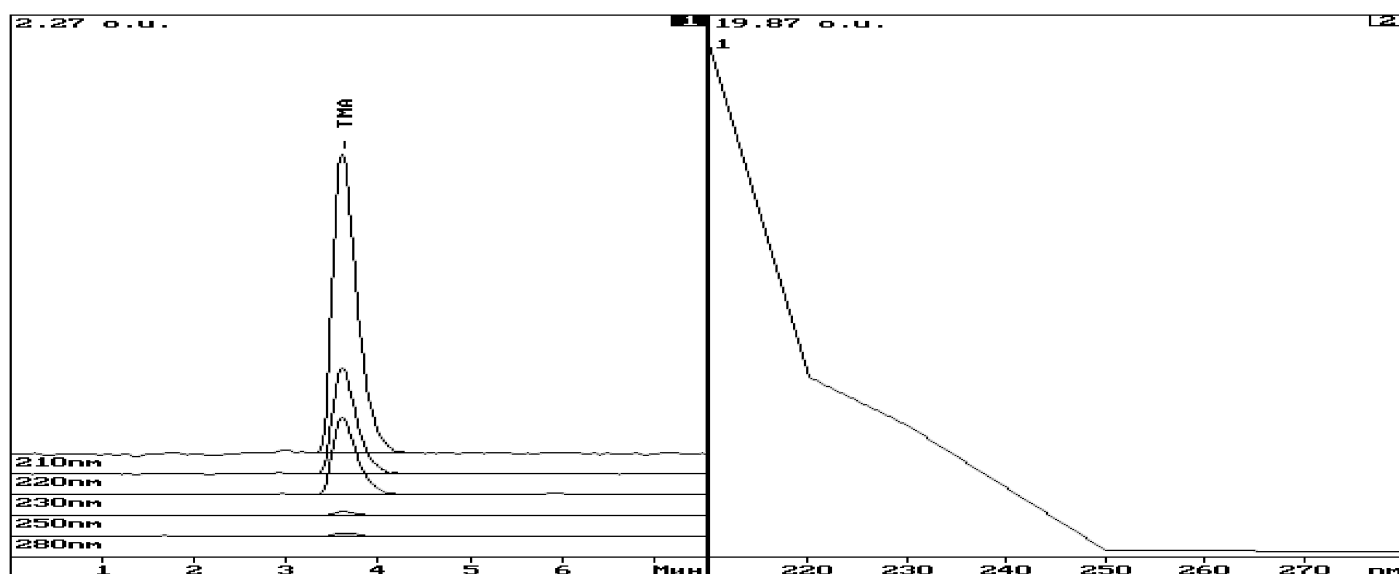


Рис. 19. Хроматограмма и УФ спектр ТМА (УФ детектор "Милихром-4") .

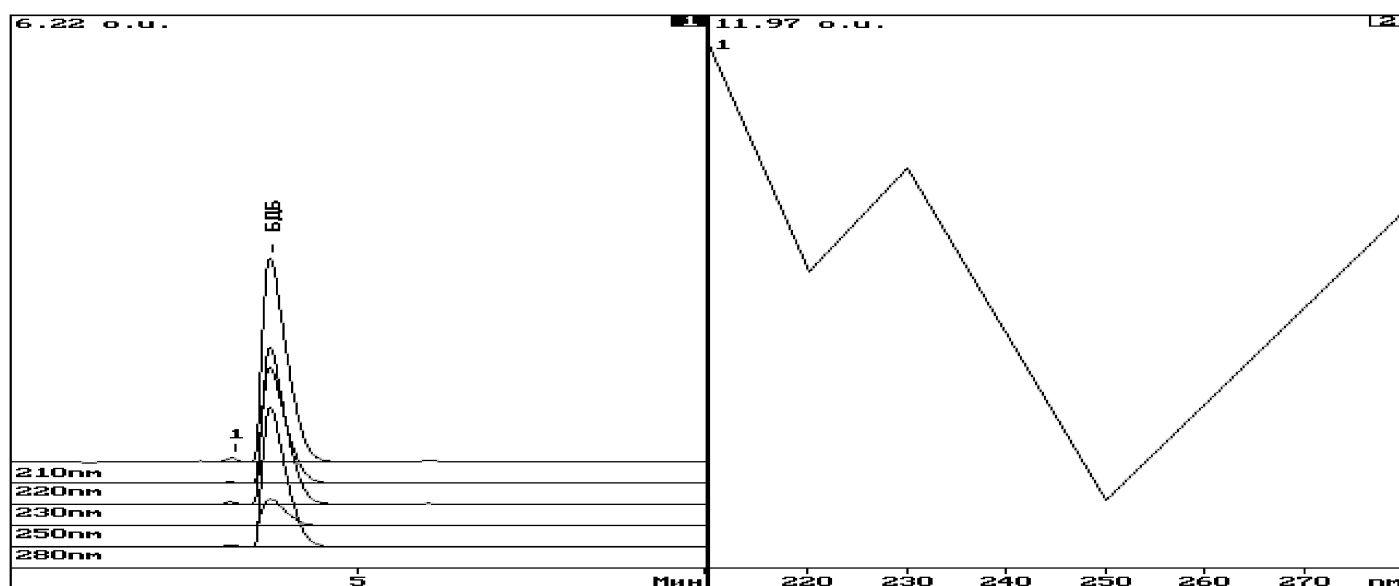


Рис. 20. Хроматограмма и УФ спектр БДБ (УФ детектор "Милихром-4") .

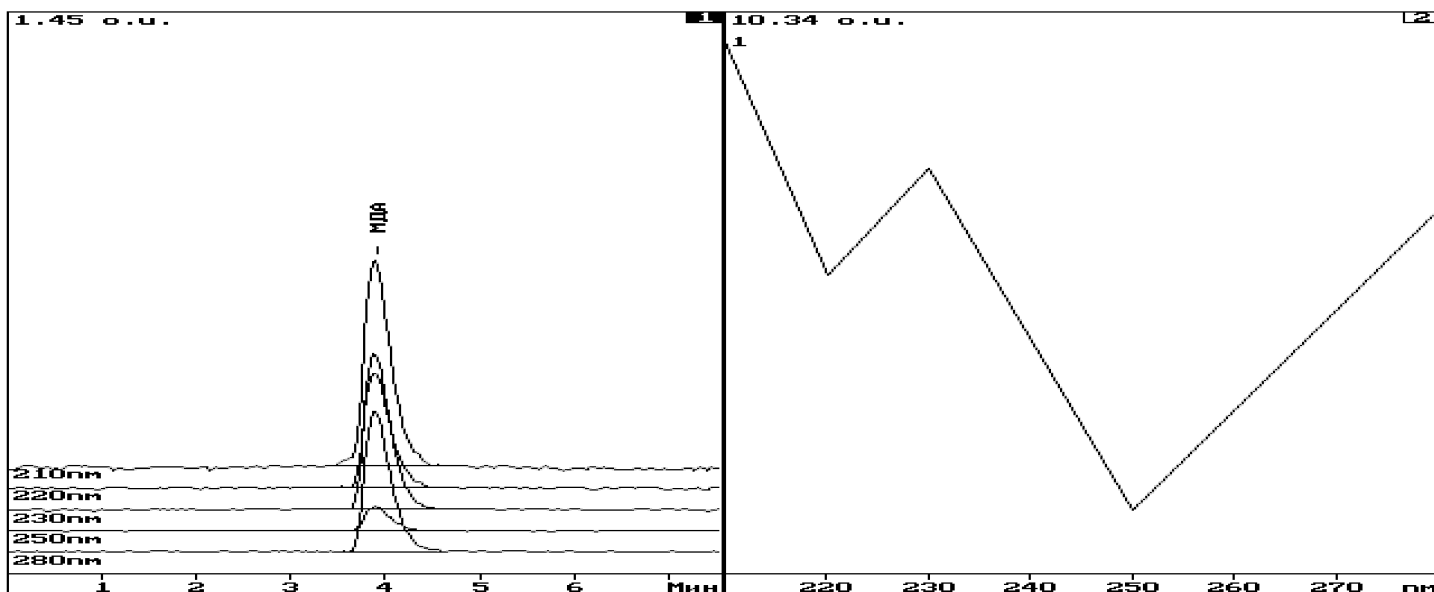


Рис. 21. Хроматограмма и Уф спектр МДА (Уф детектор "Милихром-4")

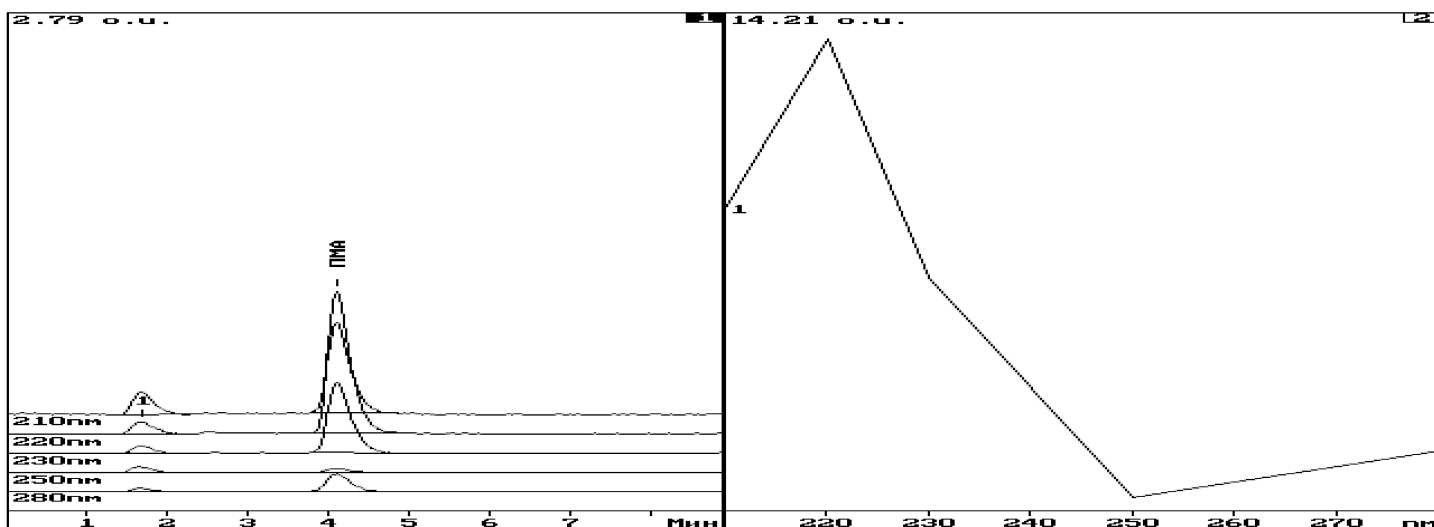


Рис. 22. Хроматограмма и Уф спектр ПМА (Уф детектор "Милихром-4")

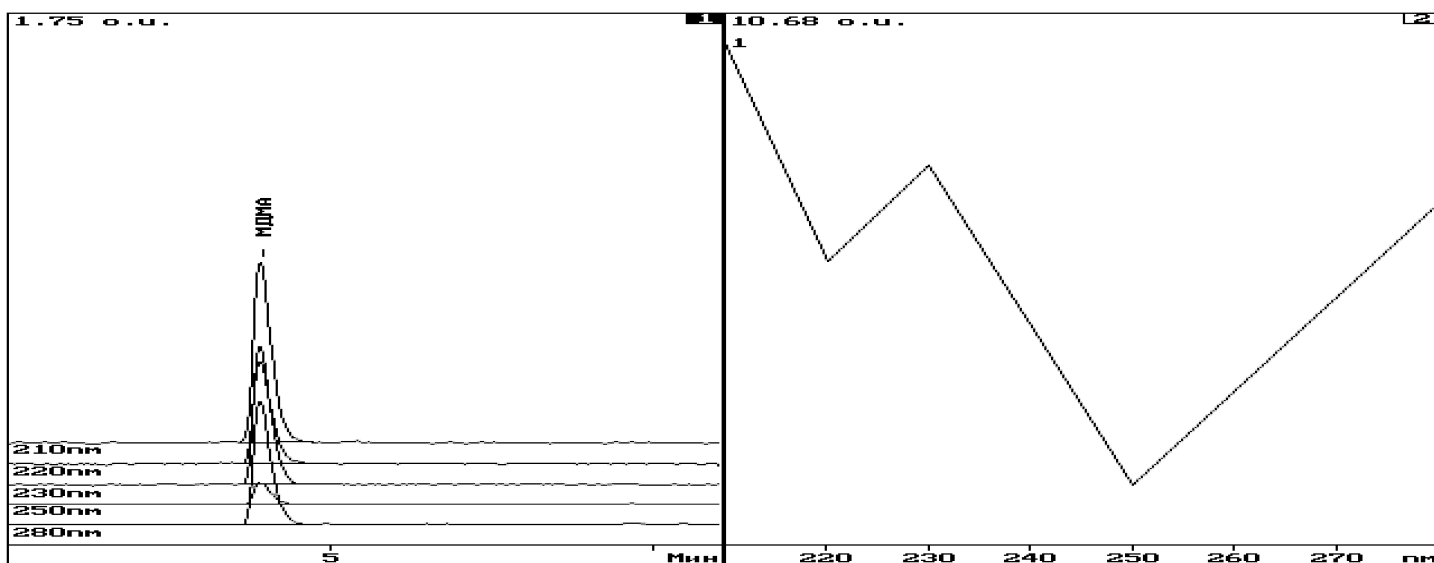


Рис. 23. Хроматограмма и Уф спектр MDMA (Уф детектор "Милихром-4") .

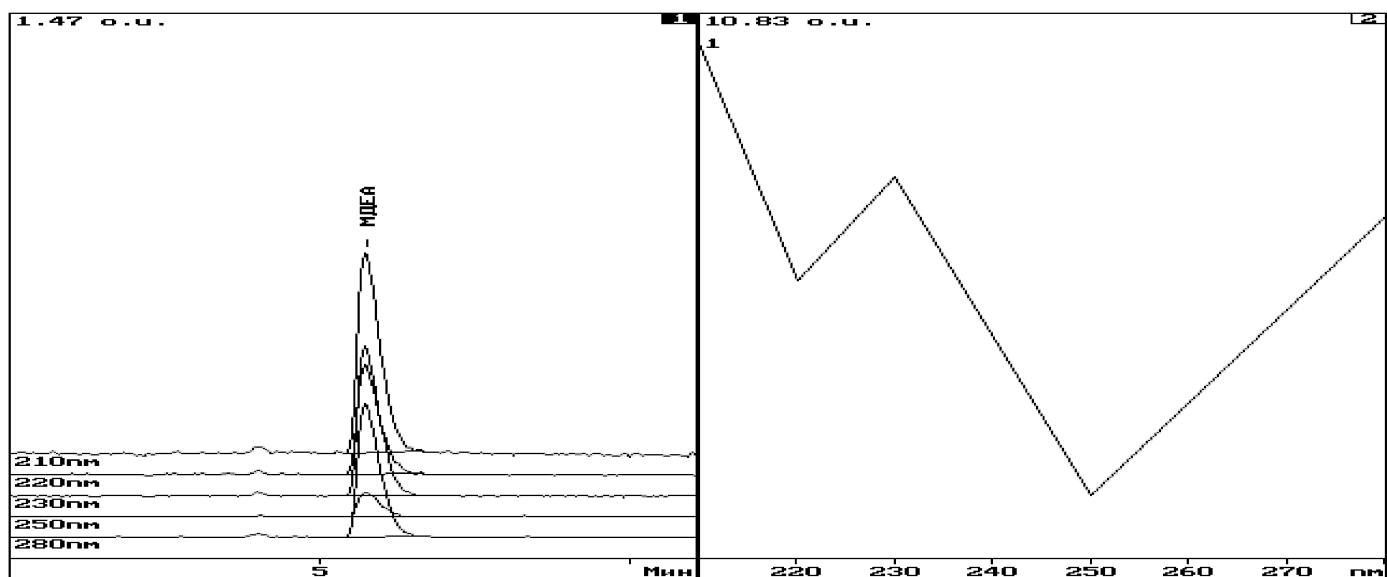


Рис. 24. Хроматограмма и УФ спектр МДЕА (УФ детектор "Милихром-4").

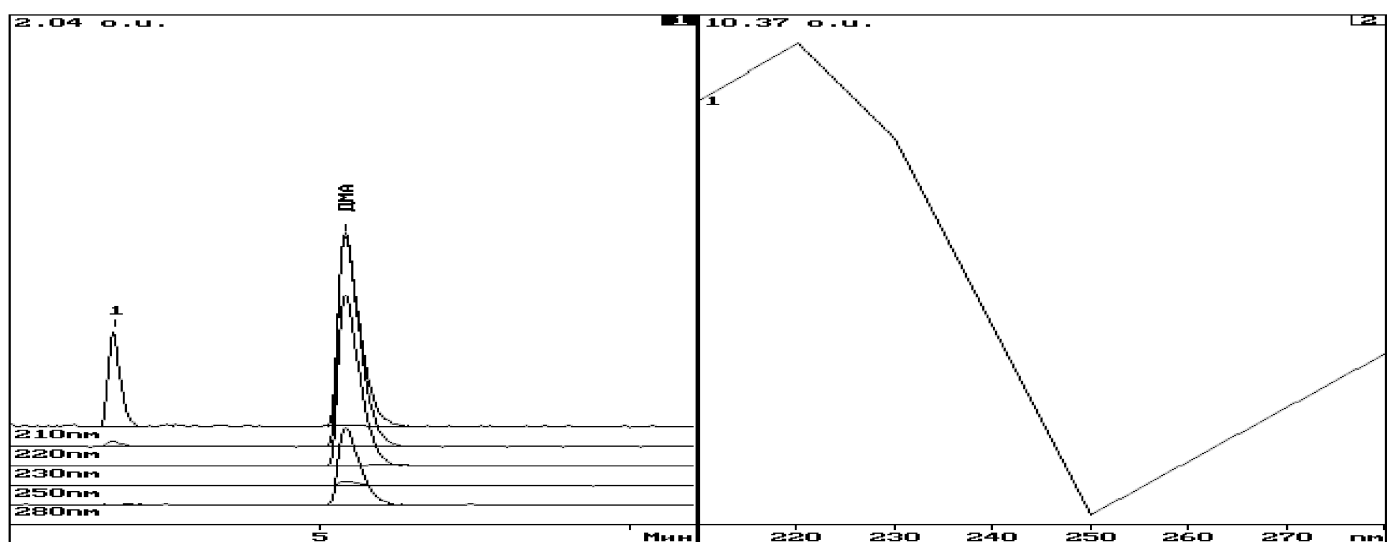


Рис. 25. Хроматограмма и УФ спектр ДМА (УФ детектор "Милихром-4").

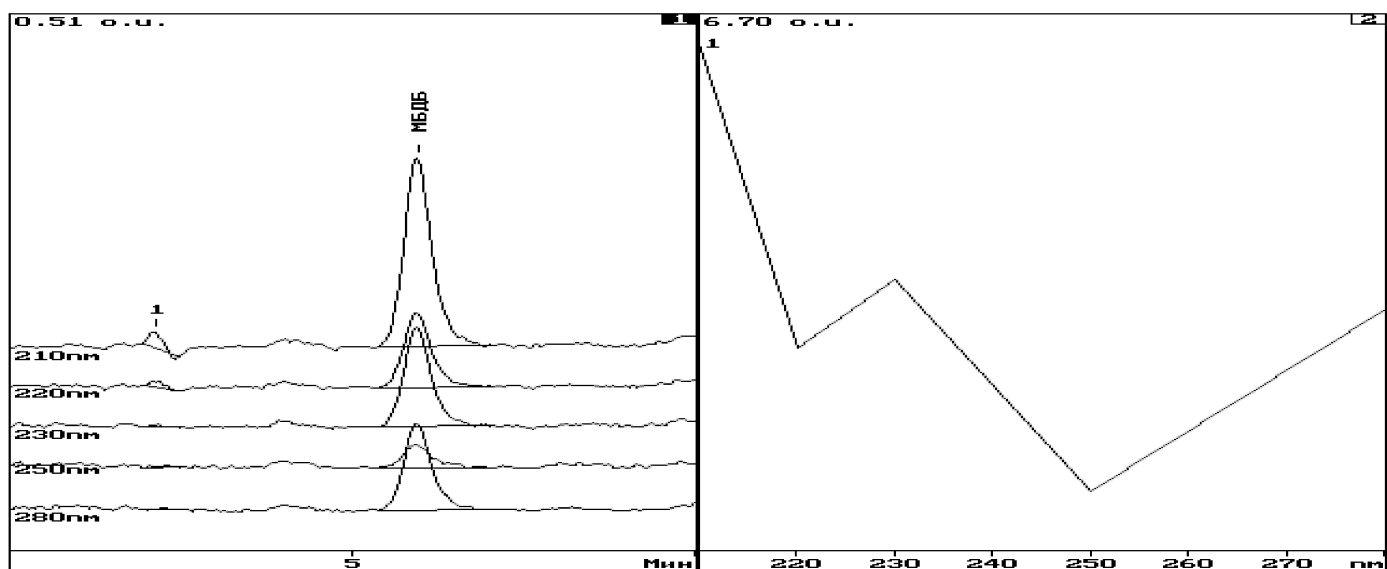


Рис. 26. Хроматограмма и УФ спектр МБДБ (УФ детектор "Милихром-4").

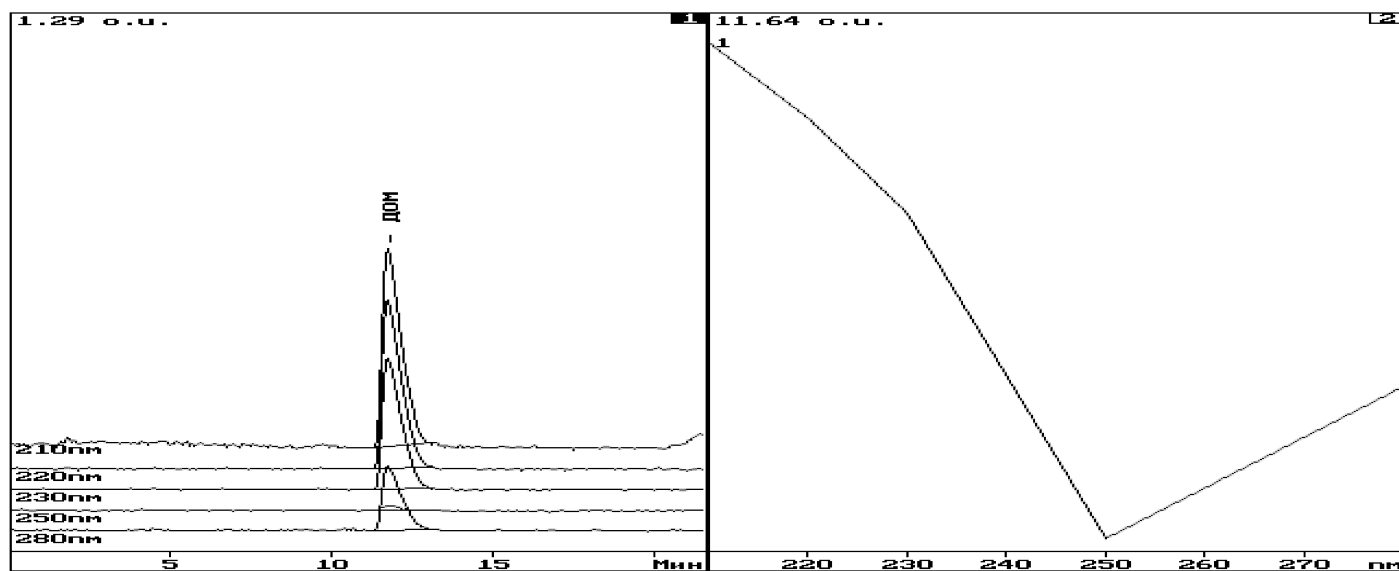


Рис. 27. Хроматограмма и УФ спектр ДОМ (УФ детектор "Милихром-4") .

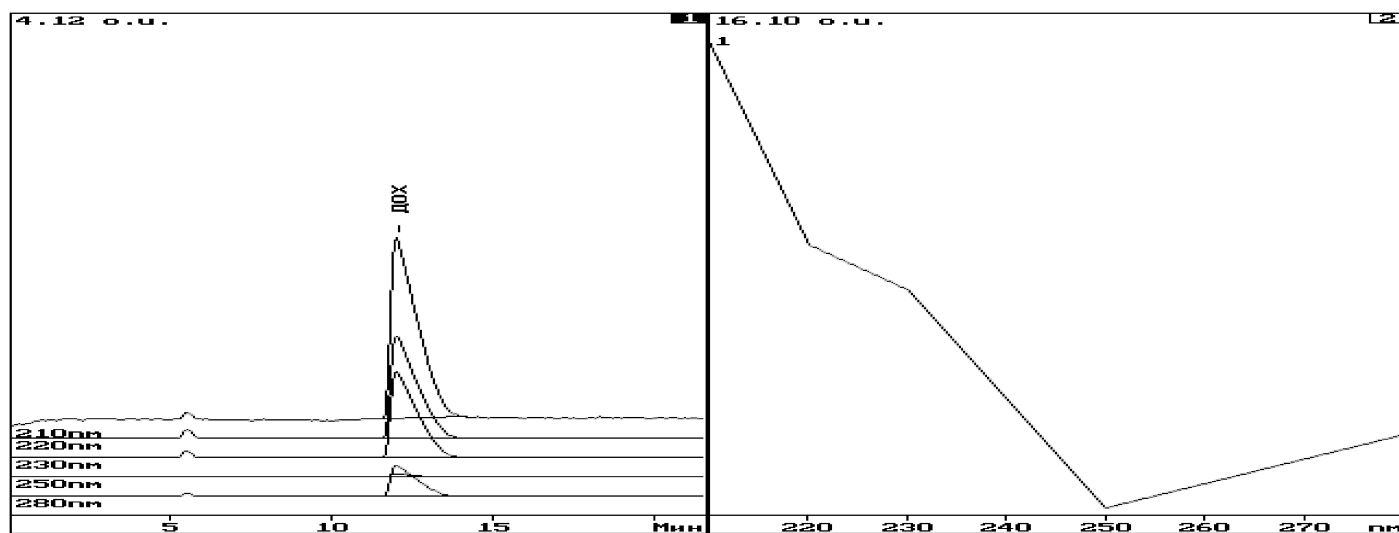


Рис. 28. Хроматограмма и УФ спектр ДОХ (УФ детектор "Милихром-4") .

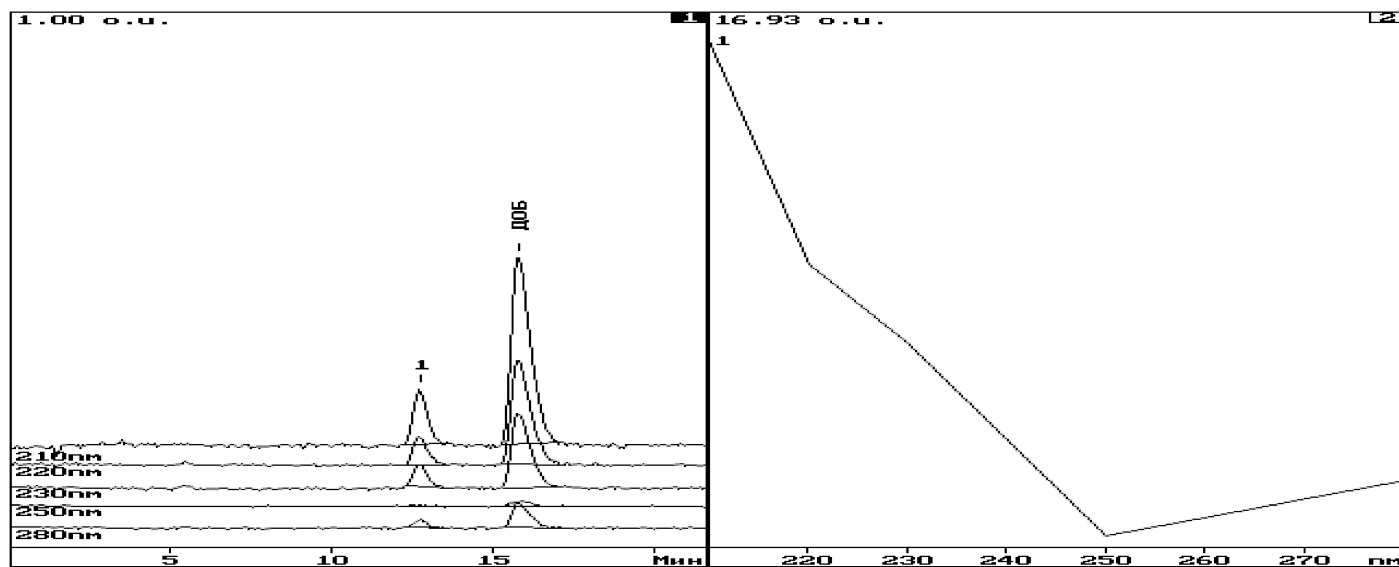


Рис. 29. Хроматограмма и УФ спектр ДОБ (УФ детектор "Милихром-4") .

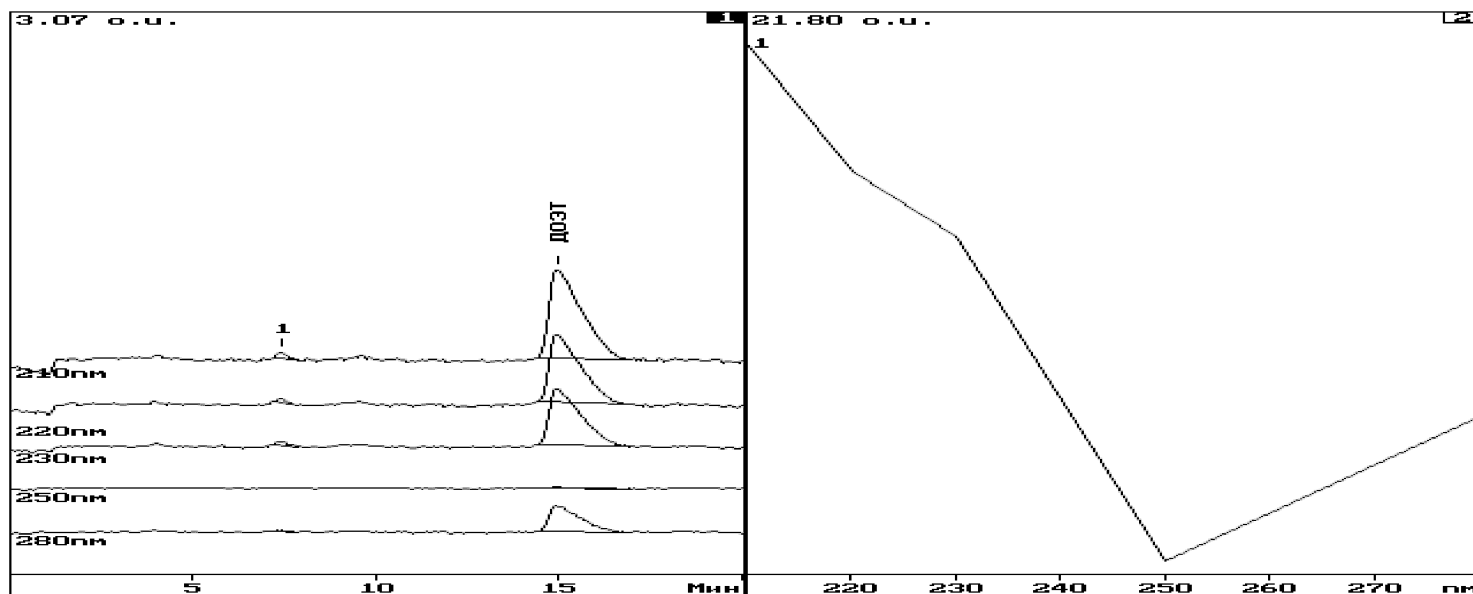


Рис. 30. Хроматограмма и УФ спектр ДОЭТ (УФ детектор "Милихром-4").

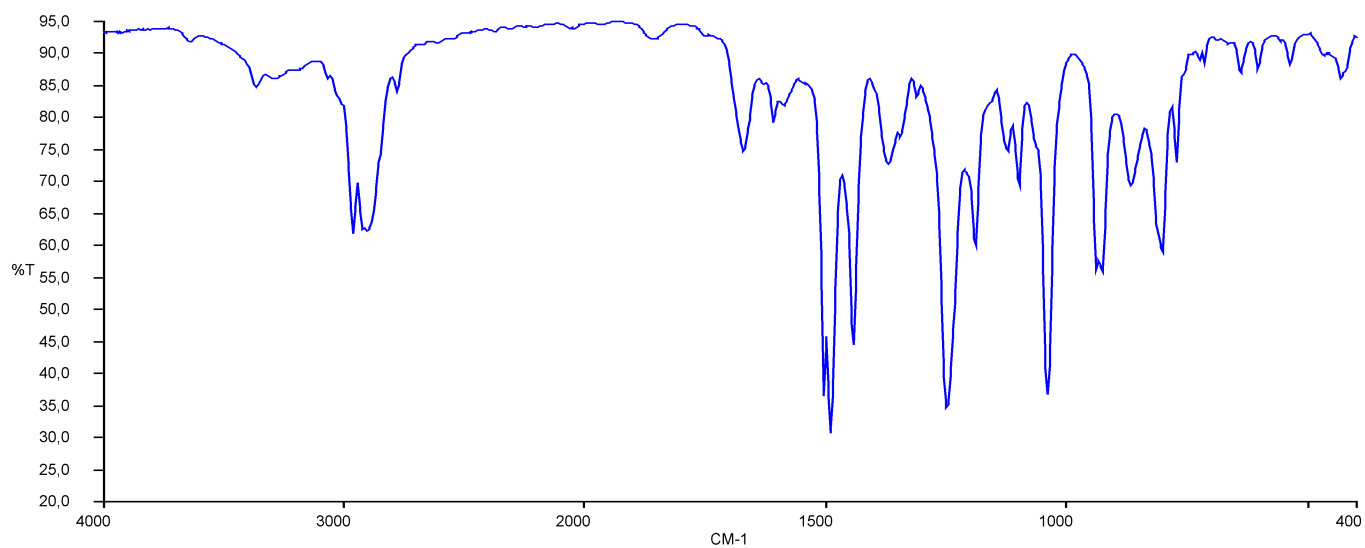


Рис. 31. ИК спектр МДА-основания.

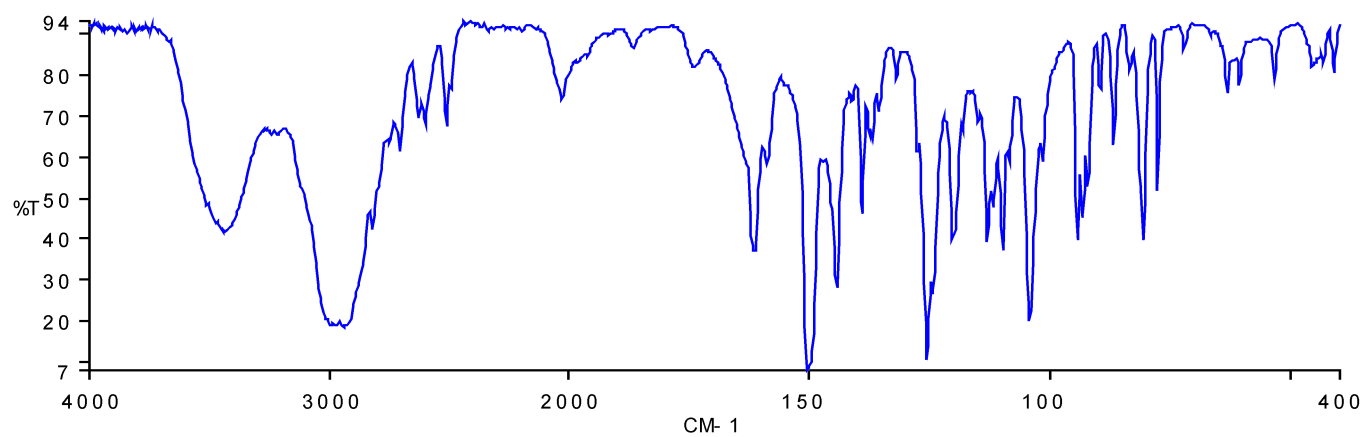


Рис.32. ИК спектр МДА-гидрохлорида.

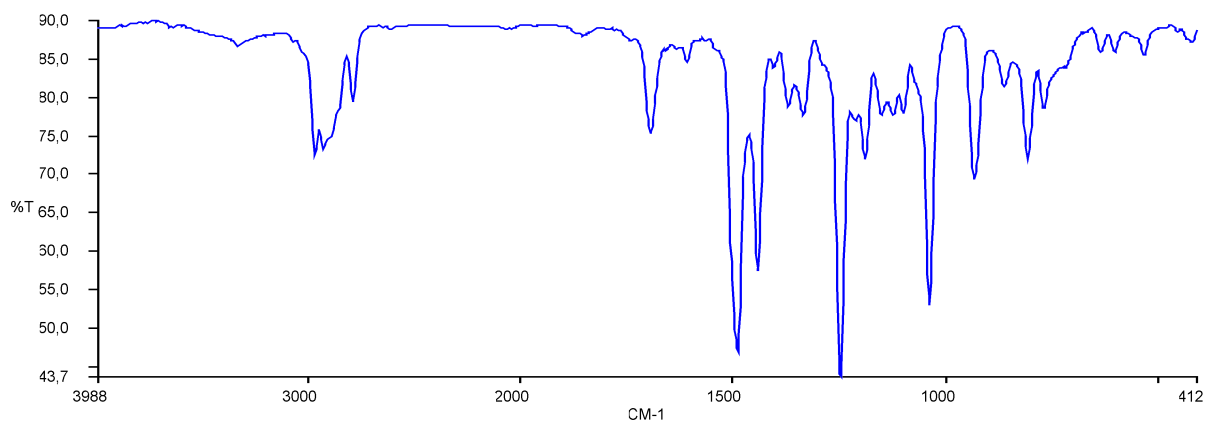


Рис. 33. ИК спектр MDMA-основания.

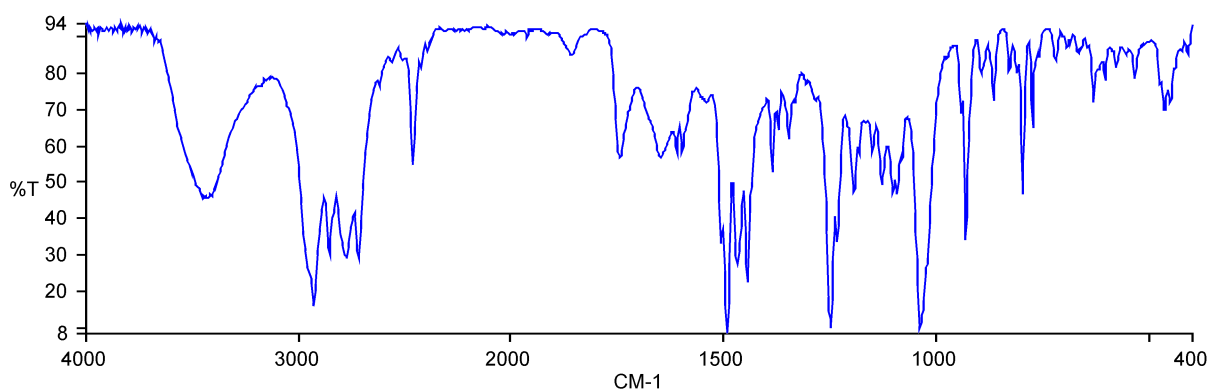


Рис. 34. ИК спектр MDMA-гидрохлорида.

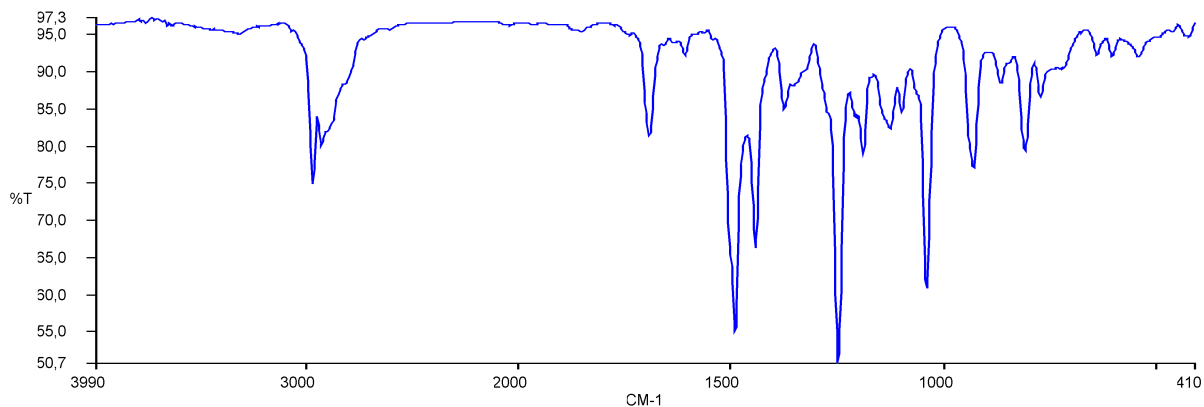


Рис. 35. ИК спектр MDEA-основания.

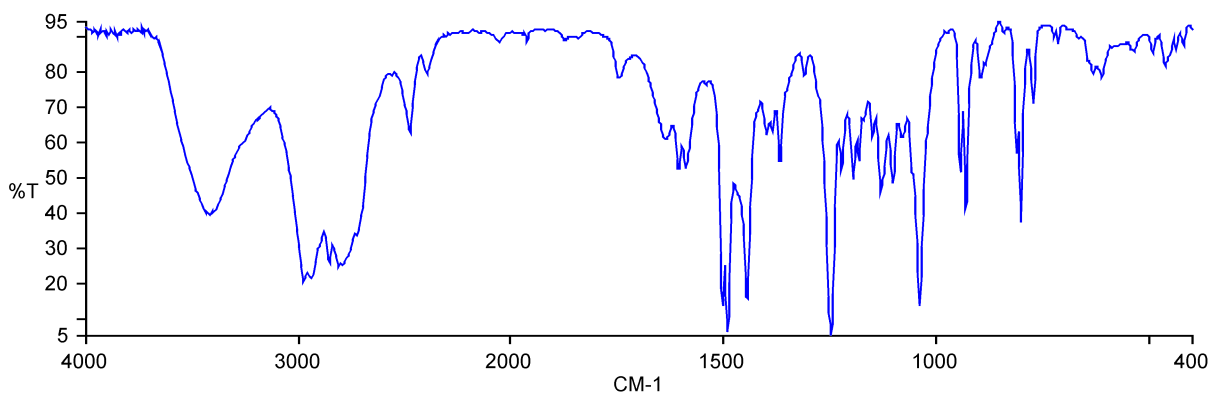


Рис.36. ИК спектр MDEA-гидрохлорида.

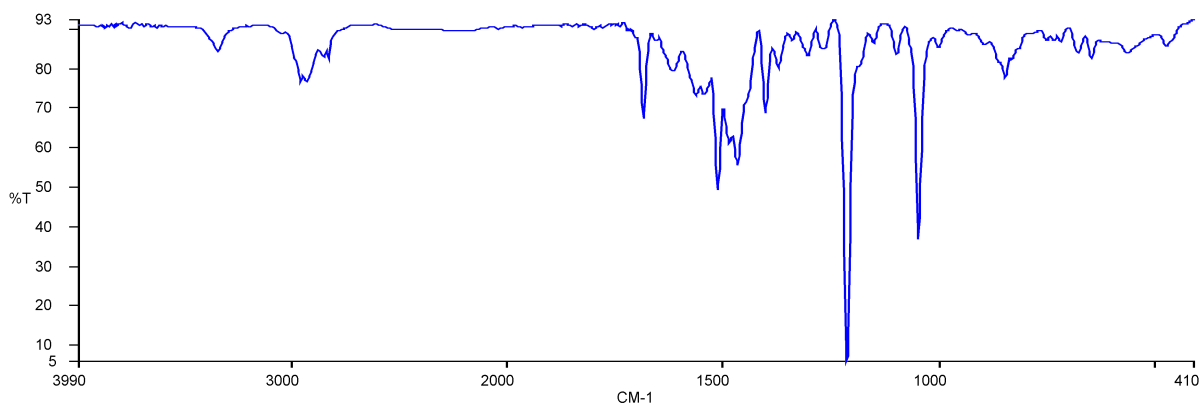


Рис. 37. ИК спектр ДОМ-основания.

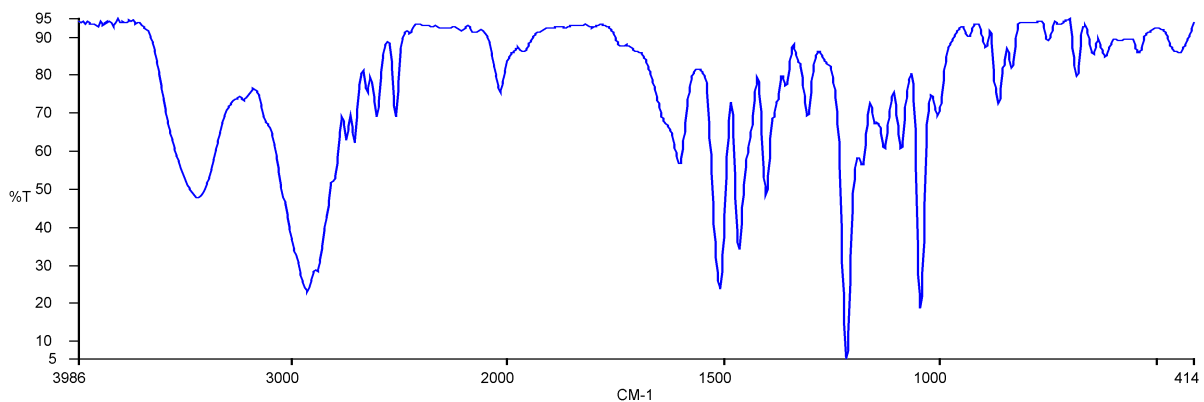


Рис. 38. ИК спектр ДОМ-гидрохлорида.

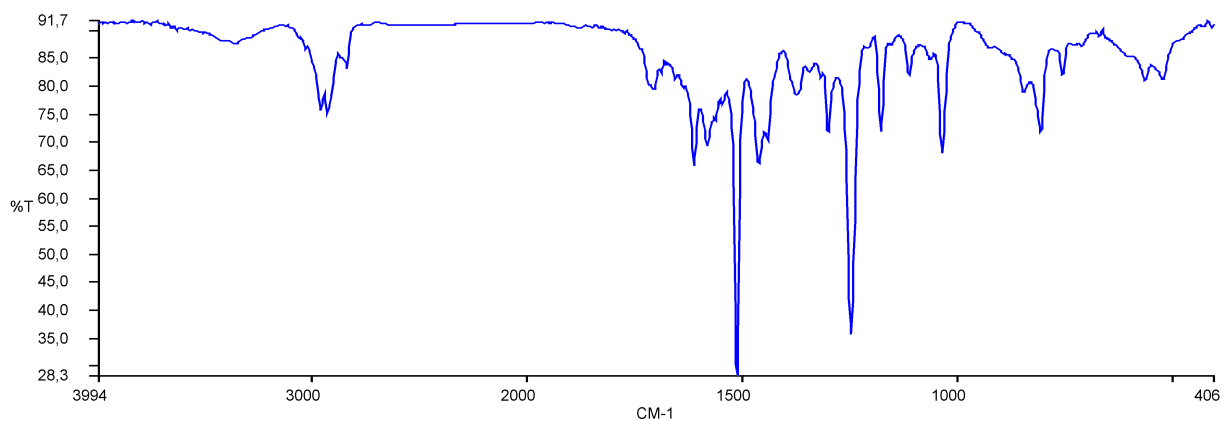


Рис. 39. ИК спектр ПМА-основания.

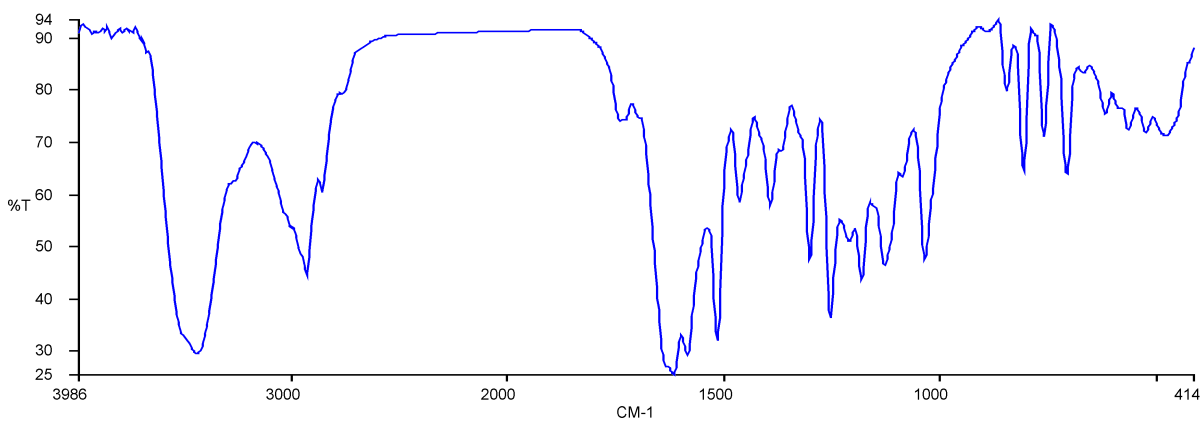


Рис. 40. ИК спектр ПМА-гидрохлорида.

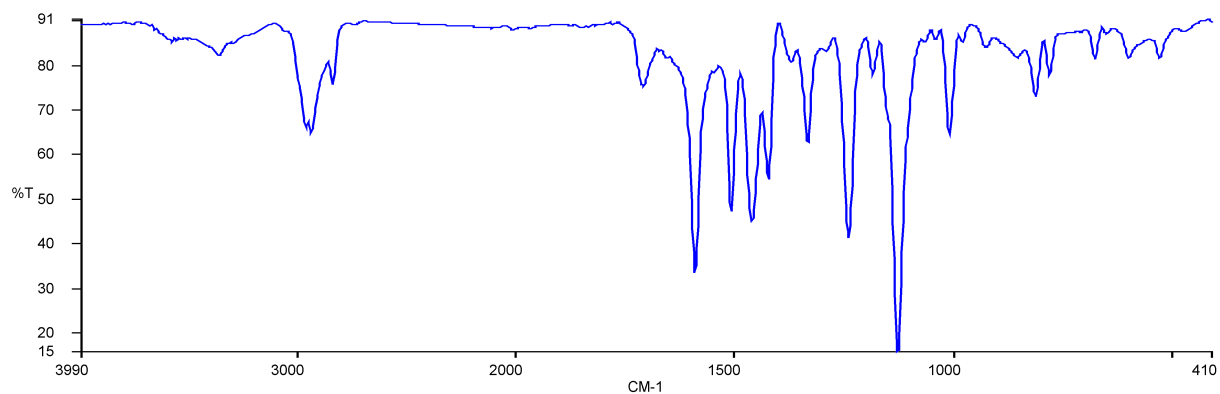


Рис. 41. ИК спектр ТМА-основания.

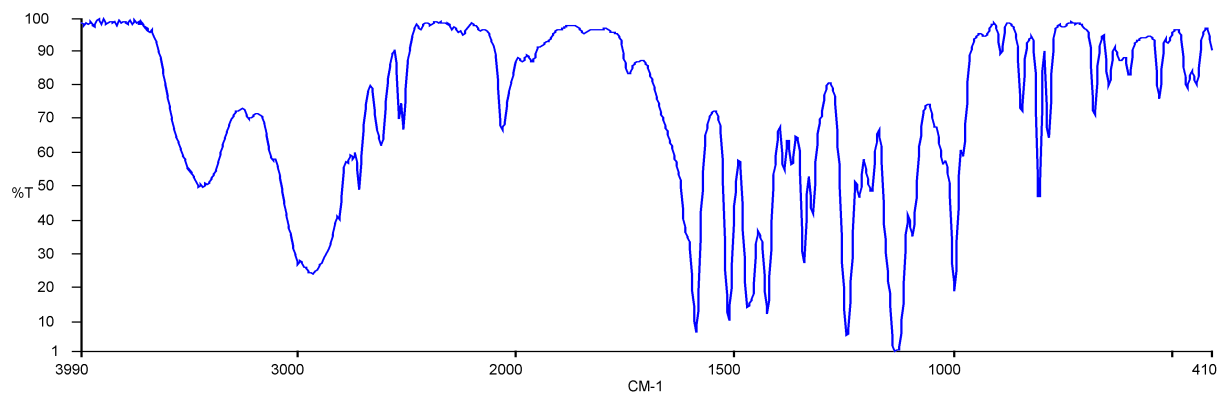


Рис. 42. ИК спектр ТМА-гидрохлорида.

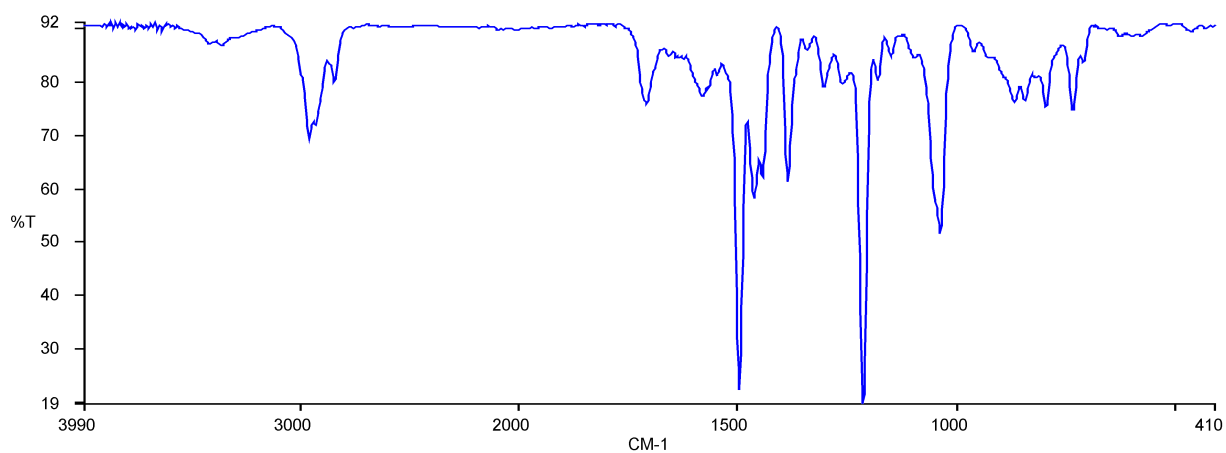


Рис. 43. ИК спектр ДОБ-основания.

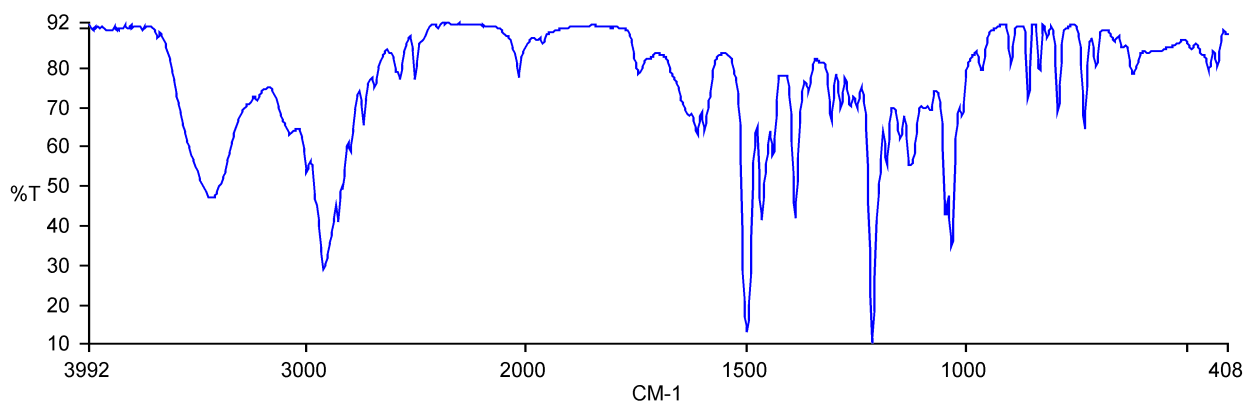


Рис. 44. ИК спектр ДОБ-гидрохлорид.

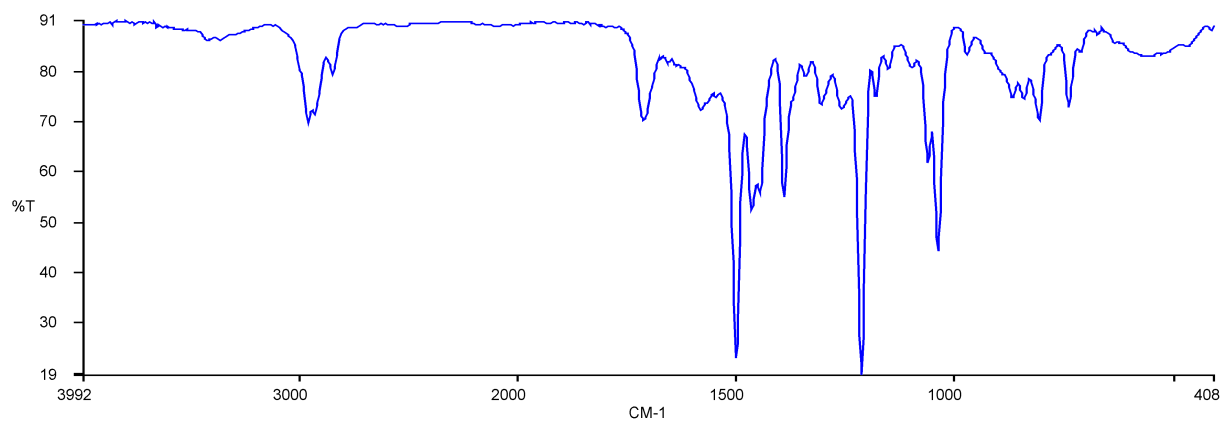


Рис. 45. ИК спектр ДОХ-основания.

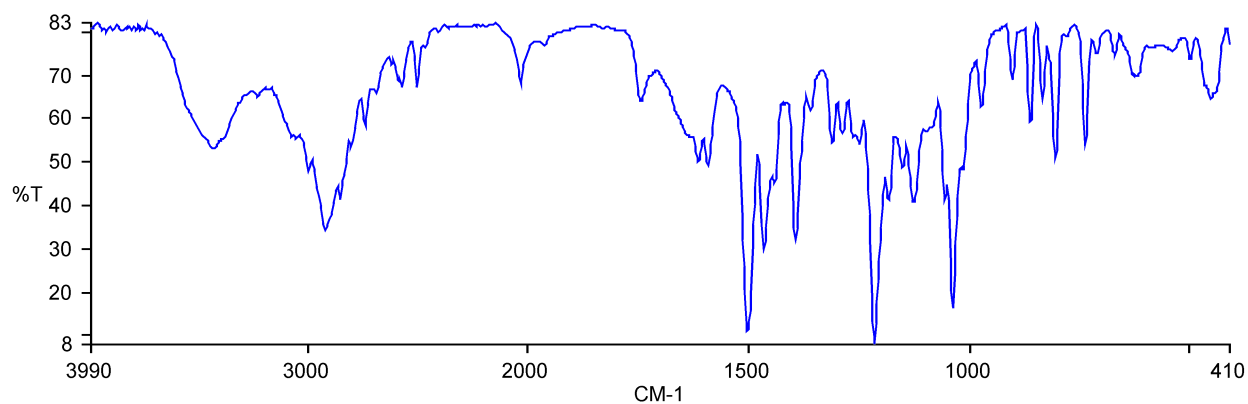


Рис. 46. ИК спектр ДОХ-гидрохлорида.

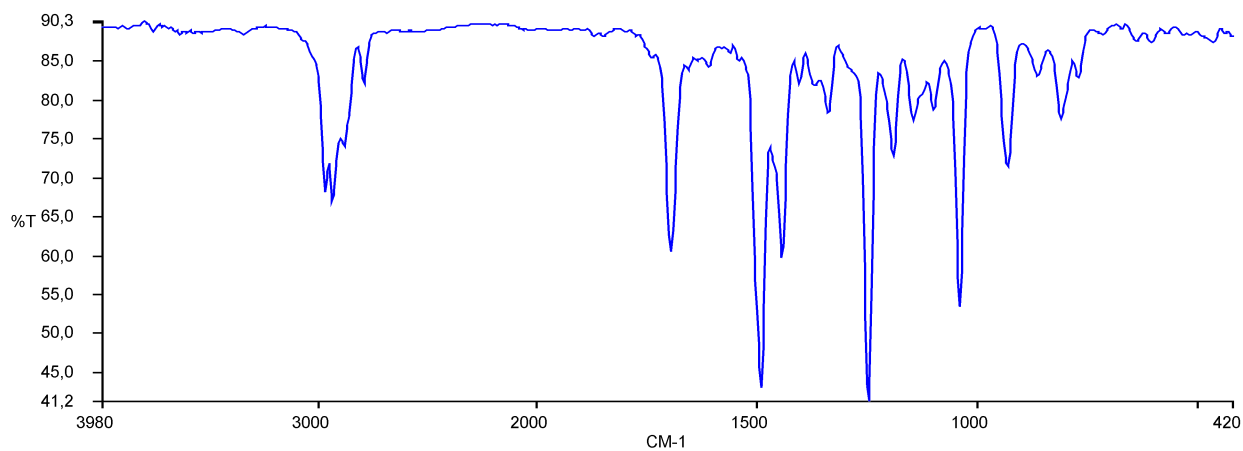


Рис. 47. ИК спектр МБДБ-основания.

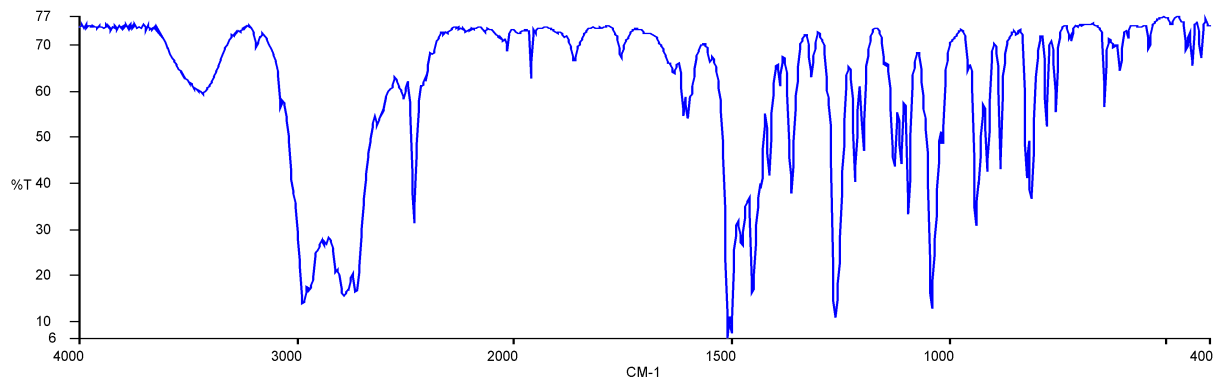


Рис. 48. ИК спектр МБДБ-гидрохлорида.

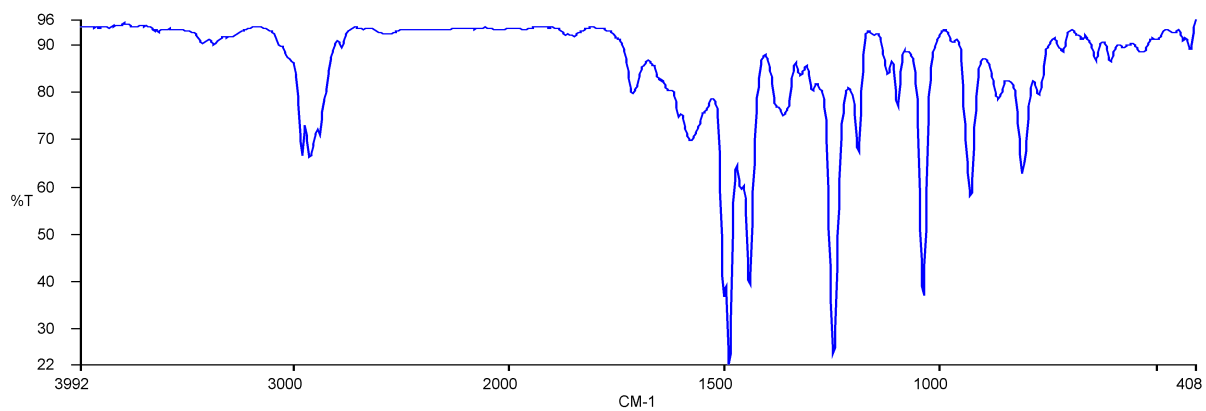


Рис. 49. ИК спектр БДБ-основания.

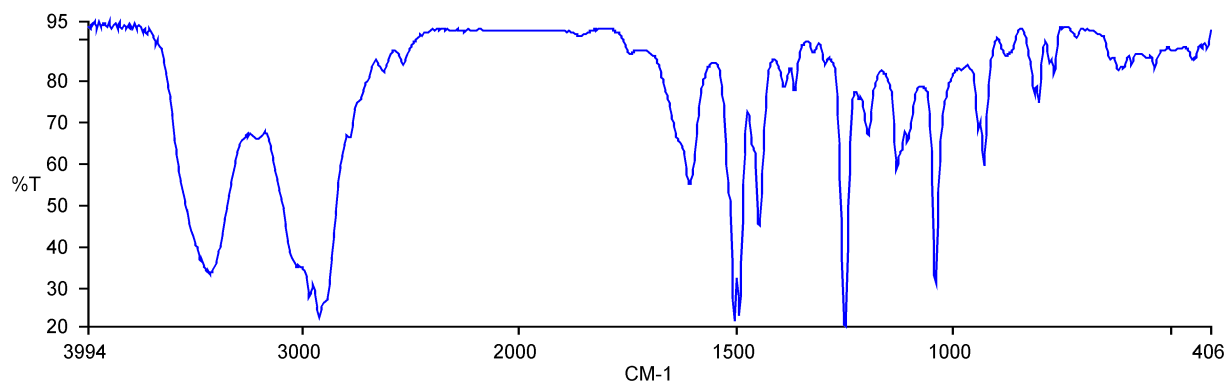


Рис.50. ИК спектр БДБ-гидрохлорида.

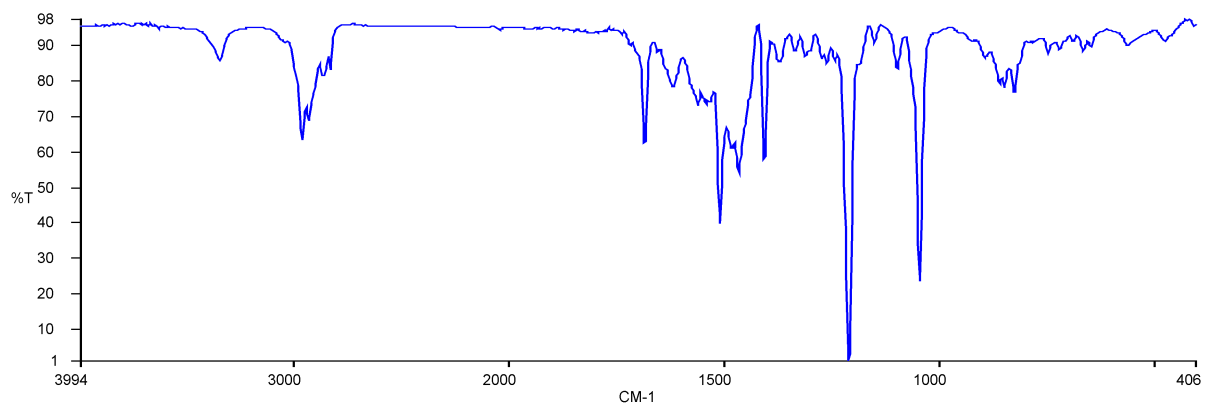


Рис. 51. ИК спектр ДОЭТ основания.

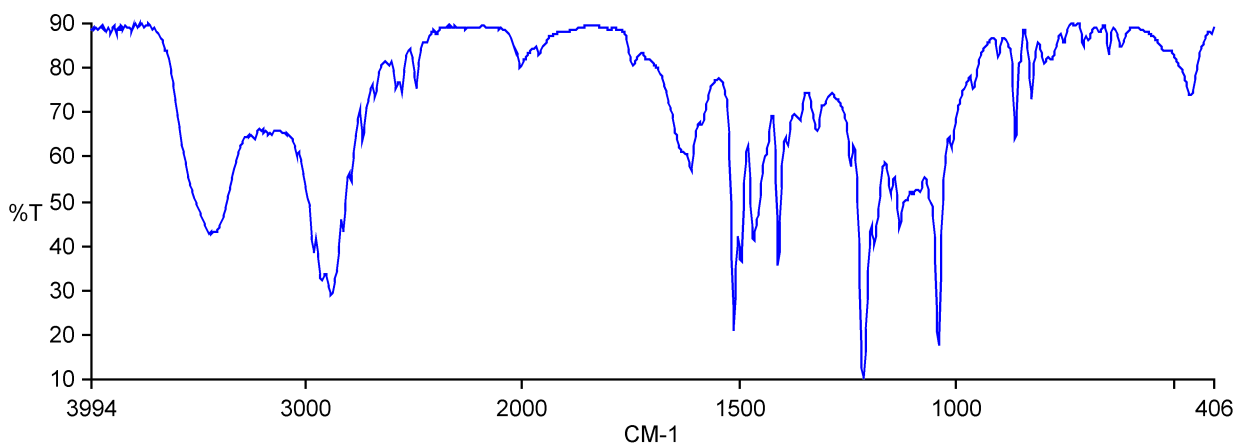


Рис.52. ИК спектр ДОЭТ-гидрохлорида.

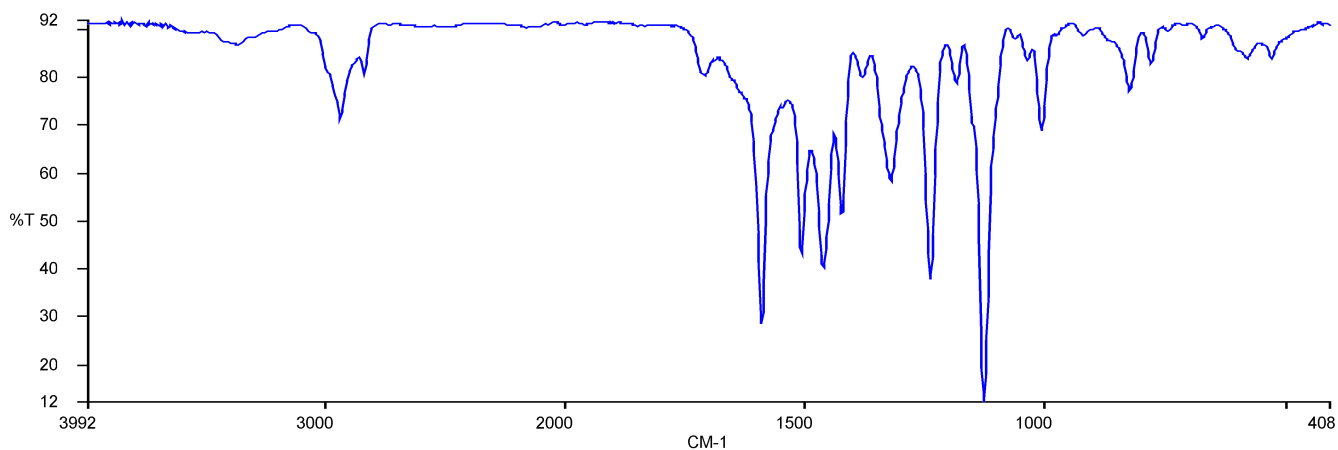


Рис.53. ИК спектр мескалина-основания.

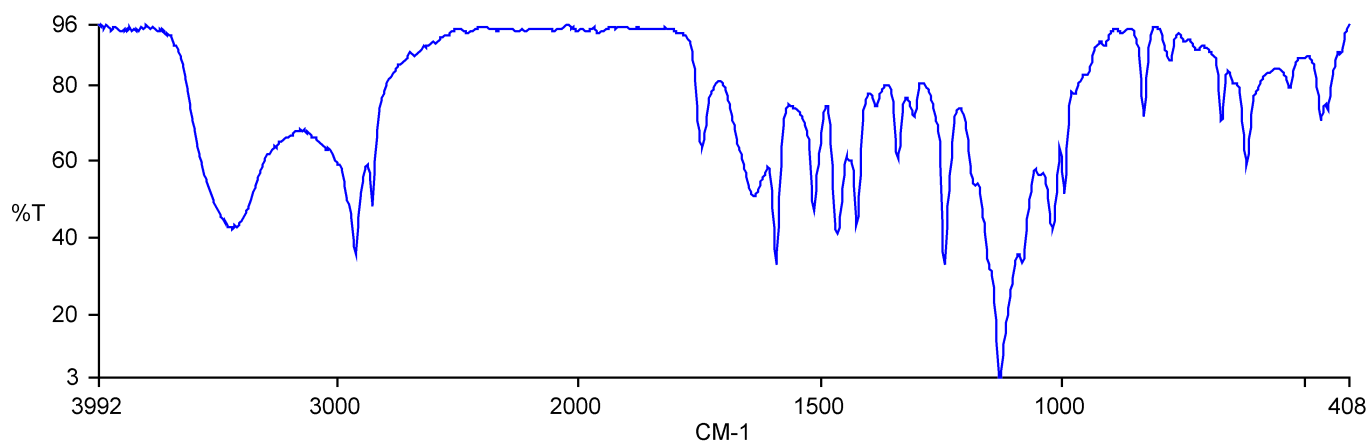


Рис.54. ИК спектр мескалина-сульфата.

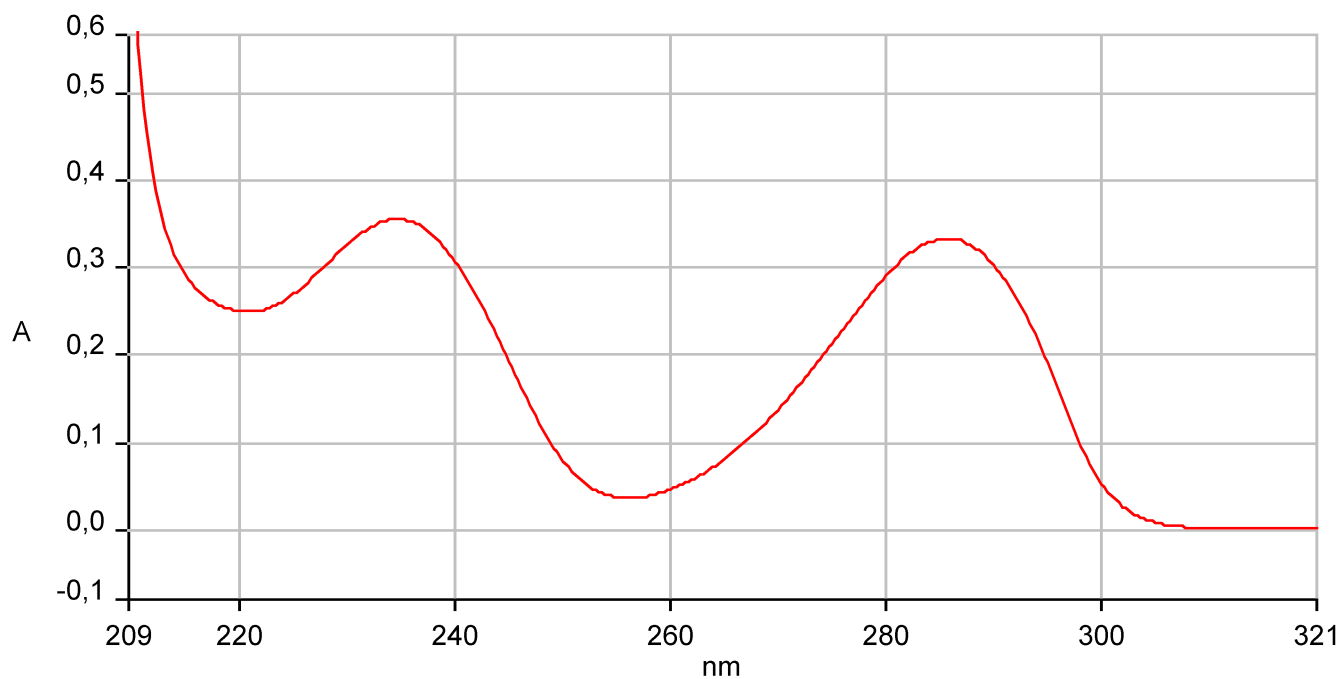


Рис. 55. УФ спектр МДА гидрохлорида (C=0,021 мг/мл) .

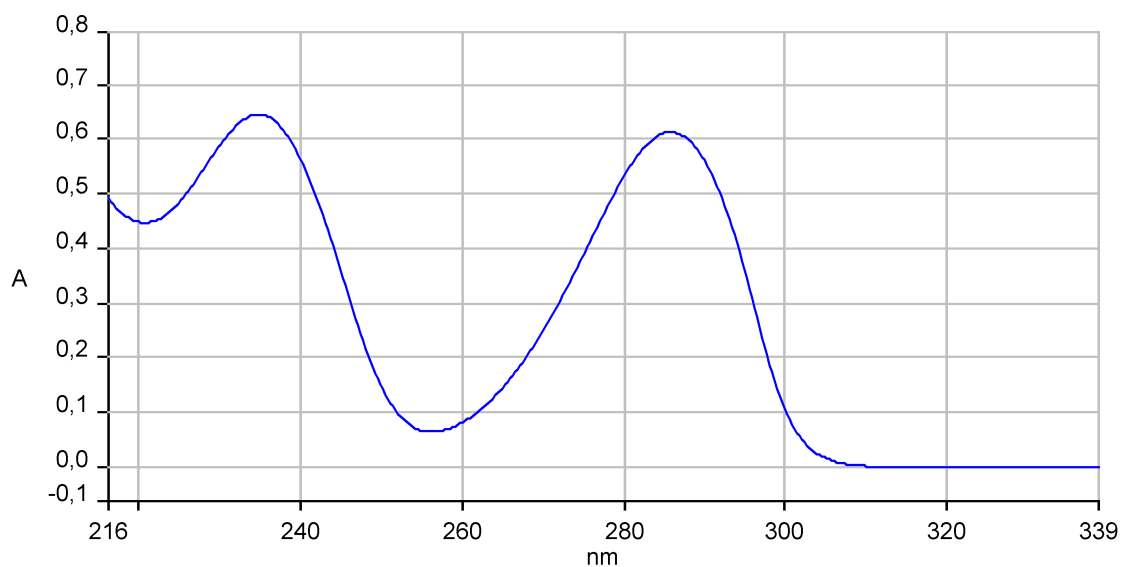


Рис. 56. УФ спектр МДМА гидрохлорида ($C=0,065$ мг/мл)

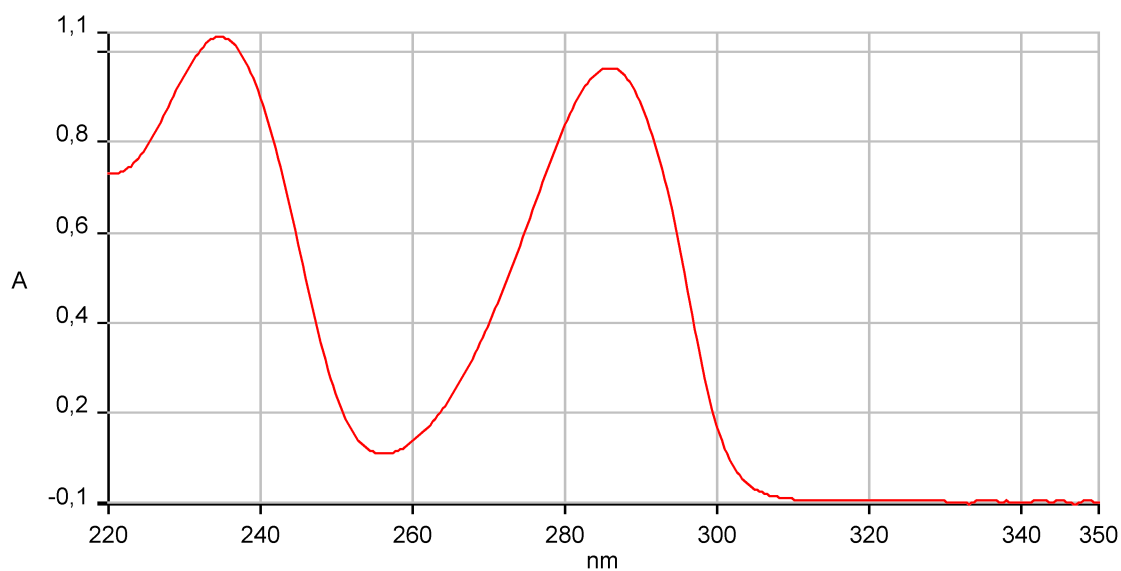


Рис. 57. УФ спектр МДЕА гидрохлорида ($C= 0,076$ мг/мл) .

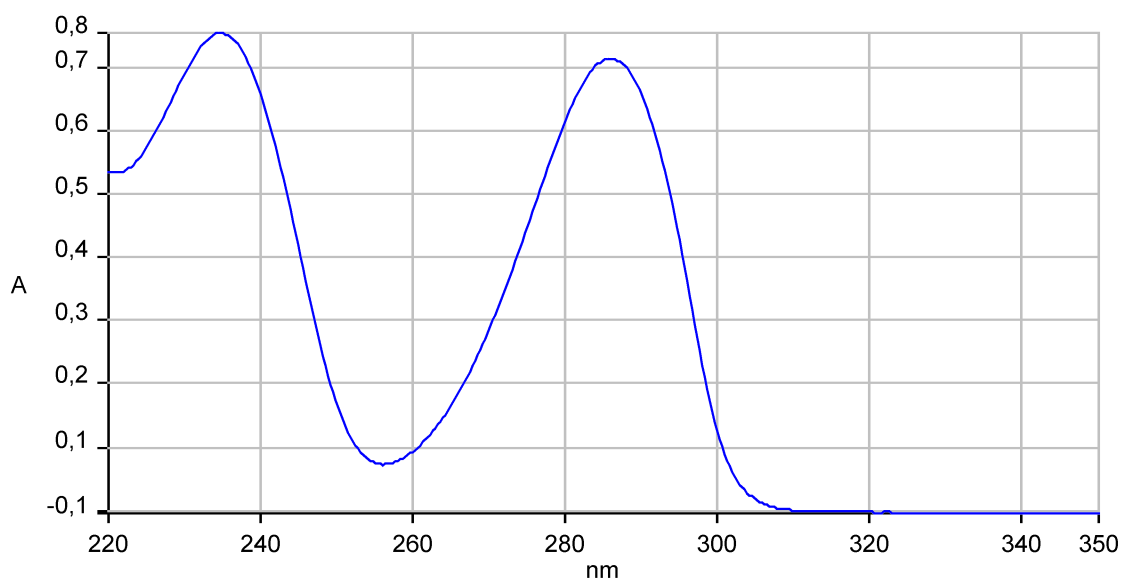


Рис. 58. УФ спектр МБДБ гидрохлорида ($C=0,047$ мг/мл) .

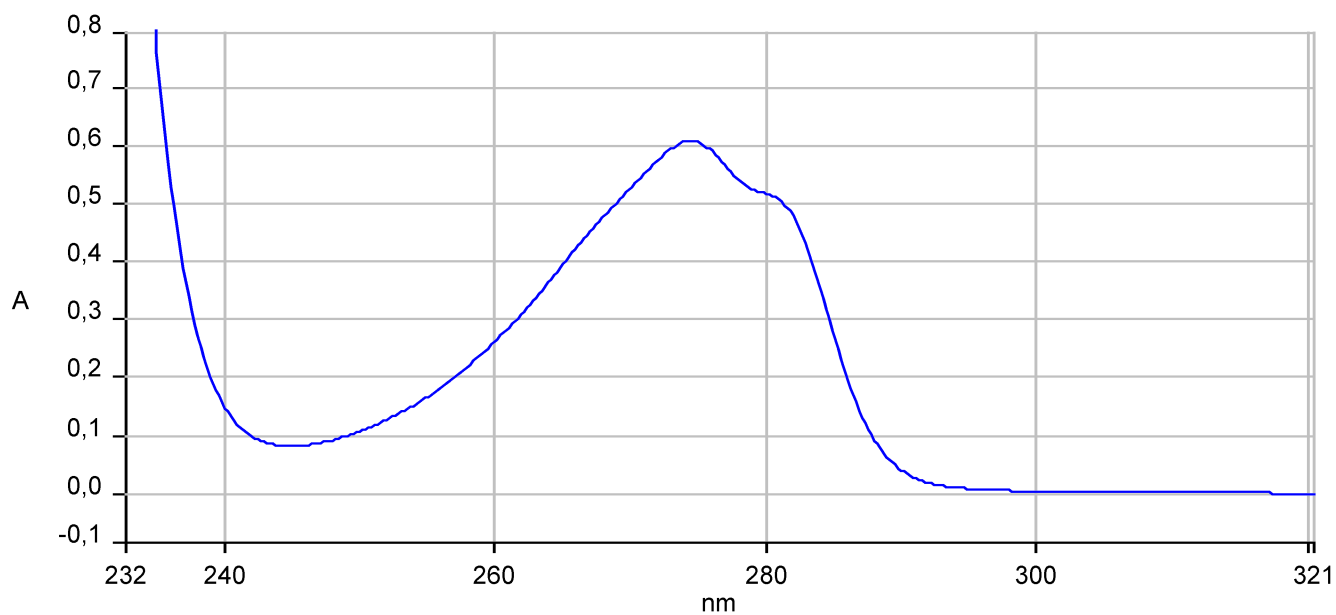


Рис. 59. УФ спектр ПМА гидрохлорида ($C=0,090$ мг/мл) .

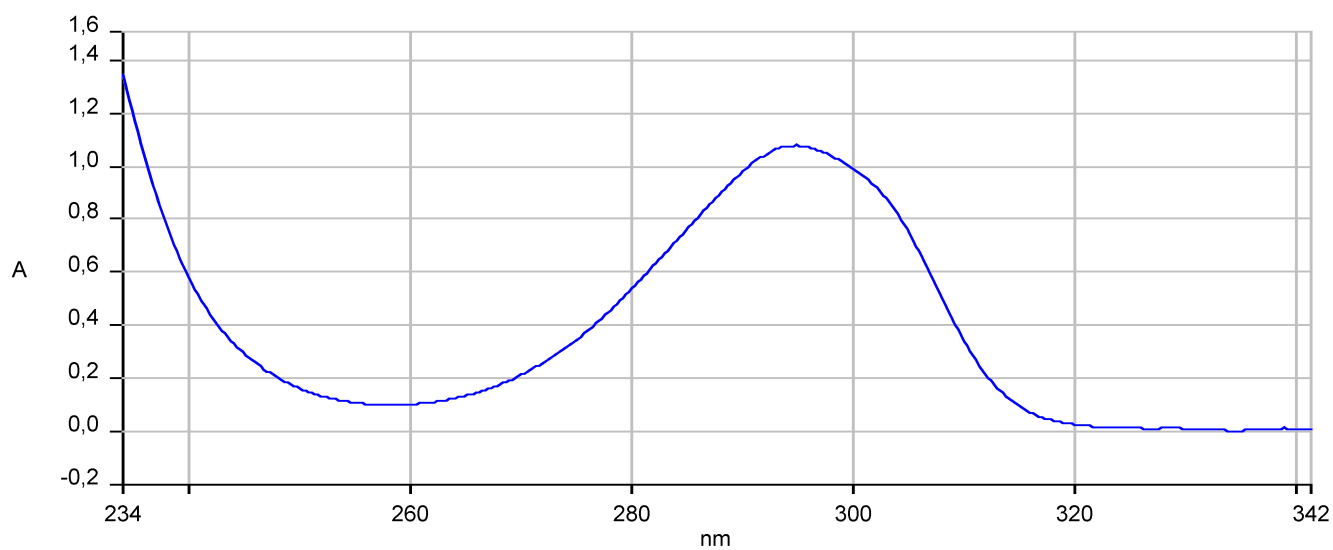


Рис.60. УФ спектр ДОБ гидрохлорида ($C=0,0707$ мг/мл)

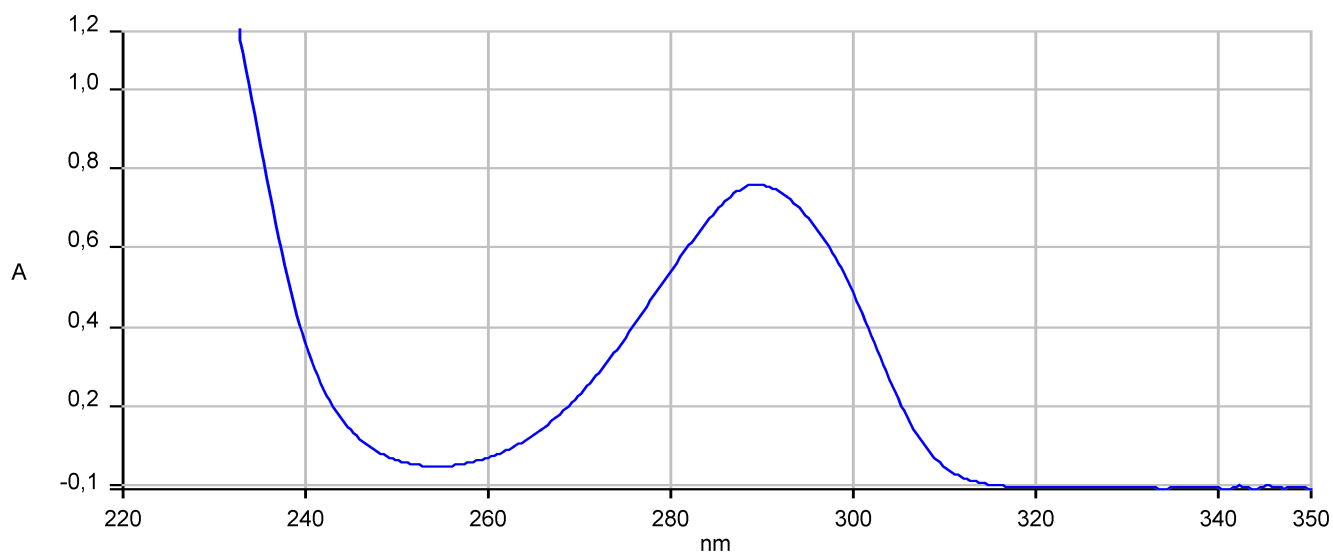


Рис.61.УФ спектр ДОЭТ гидрохлорида ($C=0,051$ мг/мл) .

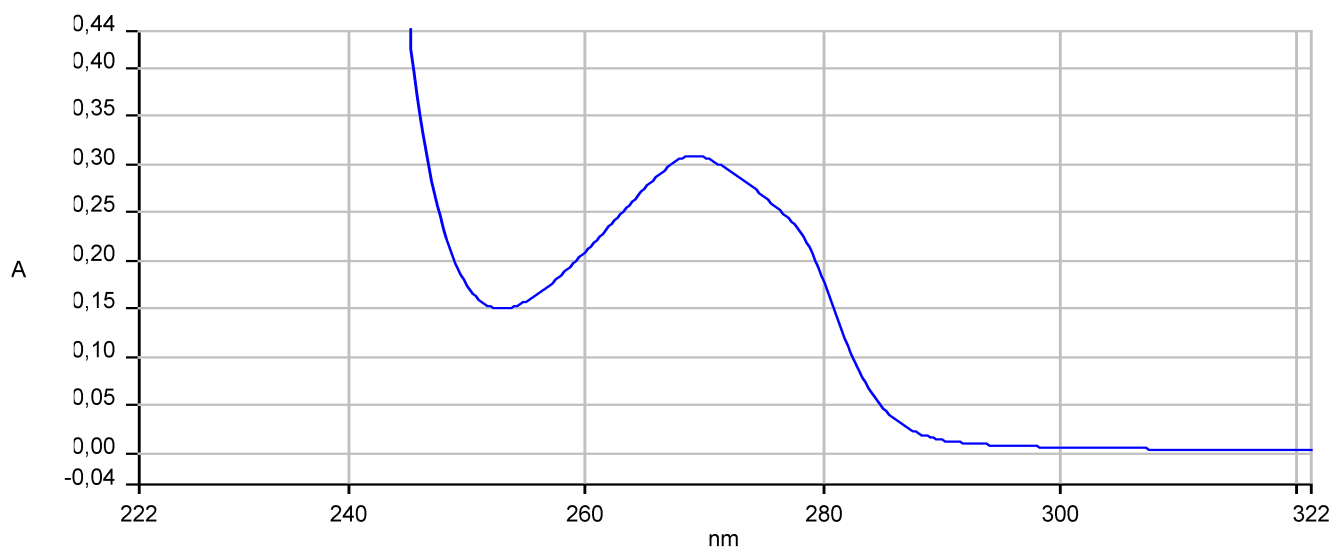
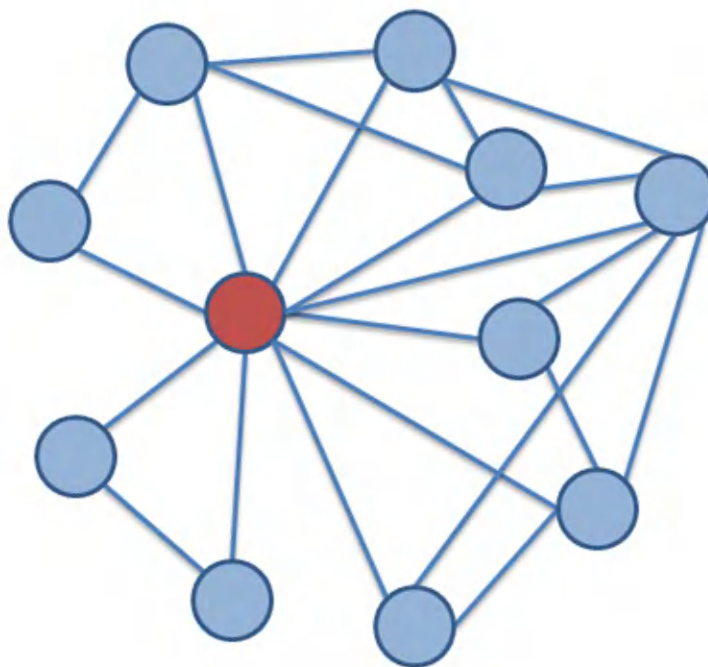


Рис. 62. УФ спектр мескалина сульфата ($C=0,140$ мг/мл) .

Авторы:

- Иван Геннадьевич Алексеев
- Александр Вячеславович Беляев
- Михаил Анатольевич Дроздов
- Татьяна Борисовна Кимстач
- Евгений Петрович Симонов
- Евгений Анатольевич Симонов
- Владимир Игоревич Сорокин



КОМАНДНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ СЕТИ

Николайчук О.

Настоящая статья призвана ознакомить читателей с командно-информационными сетями, которые в последнее время нашли широкое применение в малых системах автоматизации производственных установок, системах автоматизации научного эксперимента, измерительных системах, лабораторной и радиолюбительской технике.

Развитие современных систем автоматизации производства, измерений, научных исследований и лабораторной техники характеризуется все большим внедрением в эти области современных персональных компьютеров (PC) и локальных сетей (LAN).

Основными факторами, определяющими внедрение PC в эти области, являются:

- значительное снижение стоимости PC при одновременном повышении их вычислительной мощности и надежности;
- появление множества мощных и дешевых семейств микроконтроллеров;
- глобальная тенденция к реструктуризации больших промышленных и научных учреждений и созданию на их основе малых производственных фирм и научно-исследовательских центров;
- снижение или полное прекращение централизованного финансирования автоматизации производства и научных исследований;
- моральное устаревание магистрально-модульных систем типа CAMAC, MULTIBUS, VME и т. д.; развитие архитектуры новых магистрально-модульных систем [1].

Перечисленные факторы создали предпосылки к замене морально устаревших и дорогостоящих модульных систем на современные малые распределенные мультимикропро-цессорные (а точнее мультимикроконтроллерные) системы, которые, собственно, и называют LAN. Существует достаточно большое количество типов LAN, однако наиболее часто в последнее время используются так называемые командно-информационные сети [2-4].

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О CI LAN

Командно-информационные сети (Command-Informational LAN - CI LAN) - локальные сети, состоящие только из одного PC и нескольких микроконтроллеров, которые принято называть периферийными станциями (Peripheral Stations - PS).

Основным принципом работы CI LAN является то обстоятельство, что единственный в сети PC играет роль генератора команд для всех микроконтроллеров и получателя всей информации от них, отсюда и название - "командно-информационные сети". Другими словами, инициатором любых процессов в CI LAN может быть только PC. Станции (микроконтроллеры) лишь получают и распознают команды, исполняют их, производят первичную обработку и, если необходимо, передают данные в PC. В некоторых CI LAN делается одно исключение для аварийных ситуаций, когда одна или несколько PS могут генерировать сигнал аварии. Но это скорее исключение, чем правило.

На PC, как на наиболее мощный и оснащенный периферией элемент сети, - возлагаются задачи по вторичной обработке и сохранению данных, их интерпретации и визуализации. Микроконтроллеры PS измеряют различную аналоговую информацию или получают дискретную информацию от других приборов, производят первичную обработку данных, управляют различными исполнительными устройствами, производят автотестирование, а также передают необходимые данные в PC.

Рассмотрим основные требования, предъявляемые к CI LAN:

- с целью снижения стоимости системы и обеспечения взаимозаменяемости в составе CI LAN используются PC в стандартной конфигурации (т. е. имеющие два порта RS-232C, один из которых, как правило, занят), а связь осуществляется через свободный порт RS-232C;
- желательно использовать либо стандартные компьютерные кабели с разъемами типа DB9, либо "витую пару", либо четырехжильные телефонные экранированные кабели, т. к. наиболее дорогостоящим и трудоемким элементом современных LAN является кабель передачи данных - сетевая среда (Transmission Medium - TM);
- желательно ограничивать длину LAN до минимума из-за того, что общая длина сетевой среды влияет на скорость передачи данных;
- важнейшим требованием к CI LAN, работающим в условиях сильных электромагнитных и электростатических полей или в лабораторных условиях, является наличие гальванической развязки периферийных станций (контроллеров) от сетевой среды (а иногда и PC от сетевой среды); в современных CI LAN гальваническая развязка достигается с помощью элементов с оптической изоляцией - оптронов;
- с целью снижения стоимости и объема аппаратных затрат в CI LAN, в основном, используются два типа интерфейсов: RS-232C и RS-485.

Структурная схема (топология) CI LAN приведена на рис. 1.

Типичная CI LAN содержит: PC - персональный компьютер; DPC (Dispatcher PC) - диспетчер PC; TM (Transmission Medium) - сетевую среду; S1... SN - станции; MGT (Station Management) или DS (Station Dispatcher) - диспетчеры станций.

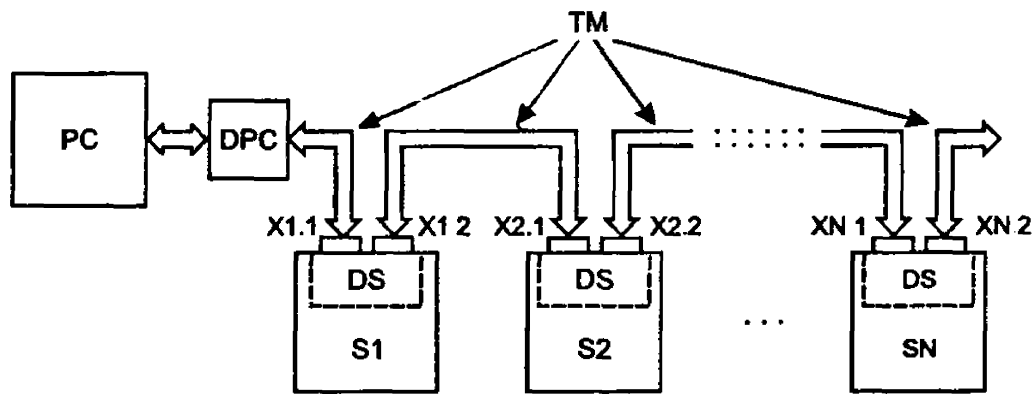


Рис. 1. Топология CI LAN.

Диспетчер PC - узел, согласующий порт RS-232C персонального компьютера с сетевой средой. Если CI LAN строится на базе протокола RS-485, то DPC оптически изолирует порт RS-232C персонального компьютера и преобразует интерфейс RS-232C в интерфейс RS-485. В случае построения CI LAN на базе протокола RS-232C, узел не является обязательным и, по сути, оптически изолирует некоторые сигналы интерфейса RS-232C. Диспетчер станции DS преобразует сигналы RS-232C или RS-485 во внутренние сигналы станции. Как правило, каждый DS имеет два одинаковых разъема DB9F (Xi.1 и Xi.2), соединенных параллельно. Сетевая среда в CI LAN выполняется в виде кабелей с однотипными разъемами DB9V одинаковой либо разной длины, соединяемых последовательно. Это позволяет легко и оперативно модифицировать сеть.

Различают малые (до 16 станций), средние (до 32 станций) и большие (до 128 станций) CI LAN. Малые CI LAN можно реализовать на базе интерфейсов RS-232C и RS-485, остальные - только на базе RS-485. Общая длина малых CI LAN обычно не превышает 20 м, в то время как средние и большие CI LAN могут иметь общую длину TM до 1 км и более.

Если в CI LAN используется RS-232C, то сетевая среда, чаще всего, состоит из стандартных компьютерных кабелей с двумя разъемами DB9V (длиной 1 или 1,2 м). Если в CI LAN используется RS-485, то сетевая среда обычно выполняется из четырехжильного телефонного провода с общим экраном и изоляцией, оснащенным двумя разъемами DB9V.

Общие принципы функционационирования CI LAN

Общая программа работы всей CI LAN находится на персональном компьютере. Он в заданные моменты времени выдает в сеть определенную последовательность байтов, называемую фреймом команды (Command Frame); все станции одновременно принимают фрейм команды (форматы фреймов будут описаны ниже); одна из них определяет, что фрейм адресован ей, и выполняет предписанные действия, после чего передает в PC фрейм ответа. Остальные станции, определившие, что принятый командный фрейм адресован не им, игнорируют его и ждут поступления следующего командного фрейма.

Отметим также некоторые особенности работы сетей на базе интерфейсов RS-232C и RS-485. Напомним, что интерфейс RS-232C имеет отдельные линии передачи TxD и приема RxD данных. Поскольку команды в CI LAN передает только PC, он монополюсно использует линию TxD, и, следовательно, на этой линии конфликты от одновременного включения нескольких передатчиков невозможны. При этом PC не имеет возможности контролировать передачу. Линия RxD используется всеми кон-

троллерами, которые подключены к ней своими выходами. В случае нормальной работы аппаратуры и программного обеспечения станций, конфликтов на линии быть не должно, но при сбоях возможны конфликты вследствие одновременного подключения к линии нескольких передатчиков. Таким образом, линия RxD является линией со случайным (со стороны контроллеров) доступом и программным (со стороны PC) анализом конфликтов.

При использовании интерфейса RS-485 данные передаются по двум проводам, как в прямом, так и в обратном направлении, т. е. конфликты возможны как при передаче команд, так и приеме данных. За всеми конфликтами в сети следит PC. В этом случае вся сеть является сетью со случайным доступом и программным анализом конфликтов. Кроме того, все участники такой сети (и PC, и PS) должны обеспечивать отключение своих передатчиков в перерывах между передачами и анализировать незанятость сети перед попыткой передачи.

Таким образом, информационно-командный принцип построения LAN предполагает следующие основные режимы обмена данными:

- получение любой из периферийных станций PS заданий от PC;
- передача в PC результатов измерений от любой станции PS (по запросу от PC);
- выполнение любой станцией PS самотестирования по команде PC с передачей результатов тестирования обратно в PC;
- аппаратный сброс всех станций по инициативе PC;
- передача в PC информации об аварийных ситуациях по инициативе любой станции PS.

ДИСПЕТЧЕРЫ PC

На диспетчеров персонального компьютера (DPC) возлагаются две основные функции: сформировать сигналы среды передачи данных (TM) и обеспечить гальваническую развязку PC. Ниже приведены две схемы DPC для CI LAN на базе протоколов RS-232C и RS-485.

На рис. 2 представлена схема DPC для сети на базе протокола RS-232C.

Входная часть схемы DPC (слева) гальванически развязана от выходной части (справа) с помощью оптронов 4N35. Питание и управление входной части осуществляется от выходных линий порта RS-232C персонального компьютера. При этом предполагается, что в рабочем режиме (приема и передачи данных) на линии RTS должно быть установлено положительное напряжение, а на линии DTR – отрицательное напряжение. Величины этих напряжений определяются исполнением материнской платы персонального компьютера и могут составлять от 9 до 12 В соответствующей полярности. Положительное напряжение с линии RTS поступает на коллекторы транзисторов оптронов D1 и D5. Отрицательное напряжение с линии DTR через резистор R5 и диод VD1 создает на конденсаторе C1 отрицательное напряжение питания. Передача данных от компьютера осуществляется по линии TxD через резистор R2 и светодиод оптрона D2. Прием данных осуществляется по линии RxD с эмиттера транзистора оптрона D1. Состояния линий DTR и RTS передаются в выходную часть через оптроны D3 и D4, а состояние линии RI с выходной части передается в персональный компьютер через оптрон D5. Предполагается, что в составе DPC имеется стабилизированный источник питания на напряжение +5 В и рабочий ток менее 30 мА (на схеме не показан). Этот источник осуществляет питание выходных микросхем D6 и D7. При использовании оптронов типа 4N35 напряжение изоляции цепей PC от выходной части составляет более 2,5 кВ. В выходной части в качестве формирователей уровней интерфейса RS-232C используются самые доступные микросхемы MAX202 (ADM202, MAX232). Возможно, конечно, использовать и другие формирователи уровней фирмы MAXIM (MAX235–MAX249), однако

это увеличит стоимость изделия, сложность и площадь печатной платы. Емкость конденсаторов C2-C11 должна быть не менее 1 мкФ (хотя изготовителем микросхем рекомендуется величина 0,1 мкФ). Это обеспечивает повышенную устойчивость работы выходных микросхем в аварийных режимах работы сети, а также при отладке контроллеров. Диоды VD2-VD4 рекомендуется устанавливать для повышения надежности (предотвращения пробоя светодиодов оптронов).

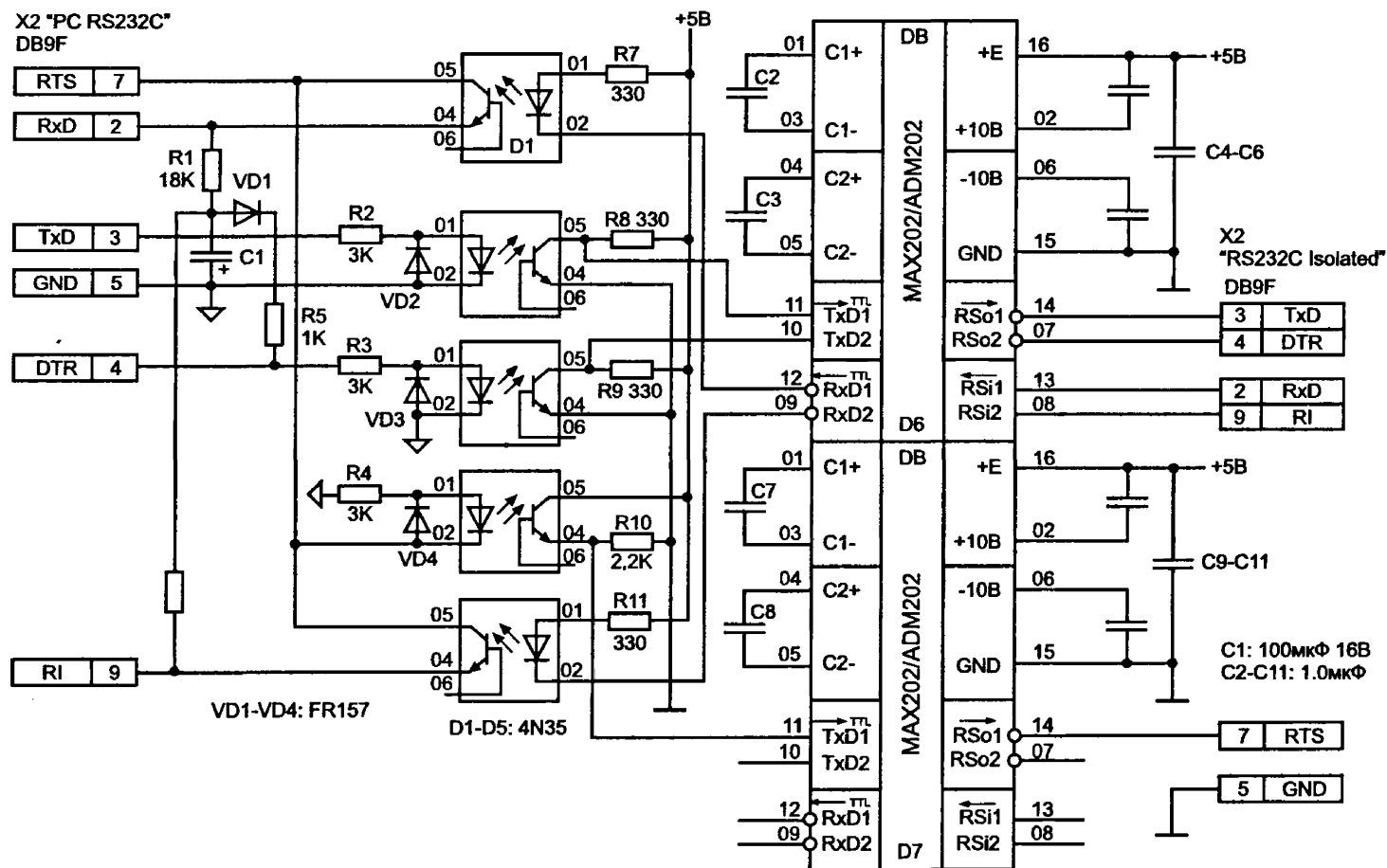


Рис. 2. Диспетчер персонального компьютера для сети на базе RS-232C.

Приведенная схема DPC обеспечивает изоляцию и повторение состояний сигналов порта RS-232C в статике. Однако нужно заметить, что следствием оптической развязки с помощью оптронов является задержка времени переключения всех сигналов на величину более 5 мкс. Кроме того, не смотря на то, что номиналы резисторов входной части оптимальны с точки зрения быстродействия и нагрузки на выходной порт персонального компьютера, максимально допустимая скорость передачи данных через описываемый DPC составляет 28800 бит/с. На больших скоростях передачи резко возрастает количество ошибок.

Как уже отмечалось выше, некоторые CI LAN на базе интерфейса RS-232C могут работать вообще без использования DPC, однако приведенный диспетчер всегда рекомендуется использовать в процессе отладки, чтобы защитить ваш компьютер. Для малоопытных специалистов следует напомнить, что во многих персональных компьютерах земля находится под потенциалом половины сетевого напряжения, и подключение к работающему компьютеру земли осциллографа или ее обрыв может привести к катастрофическим последствиям. При использовании описанного DPC, отладка LAN и отдельных контроллеров, подключенных к компьютеру, становится безопасной!

На рис. 3 представлена схема DPC для сети на базе протокола RS-485.

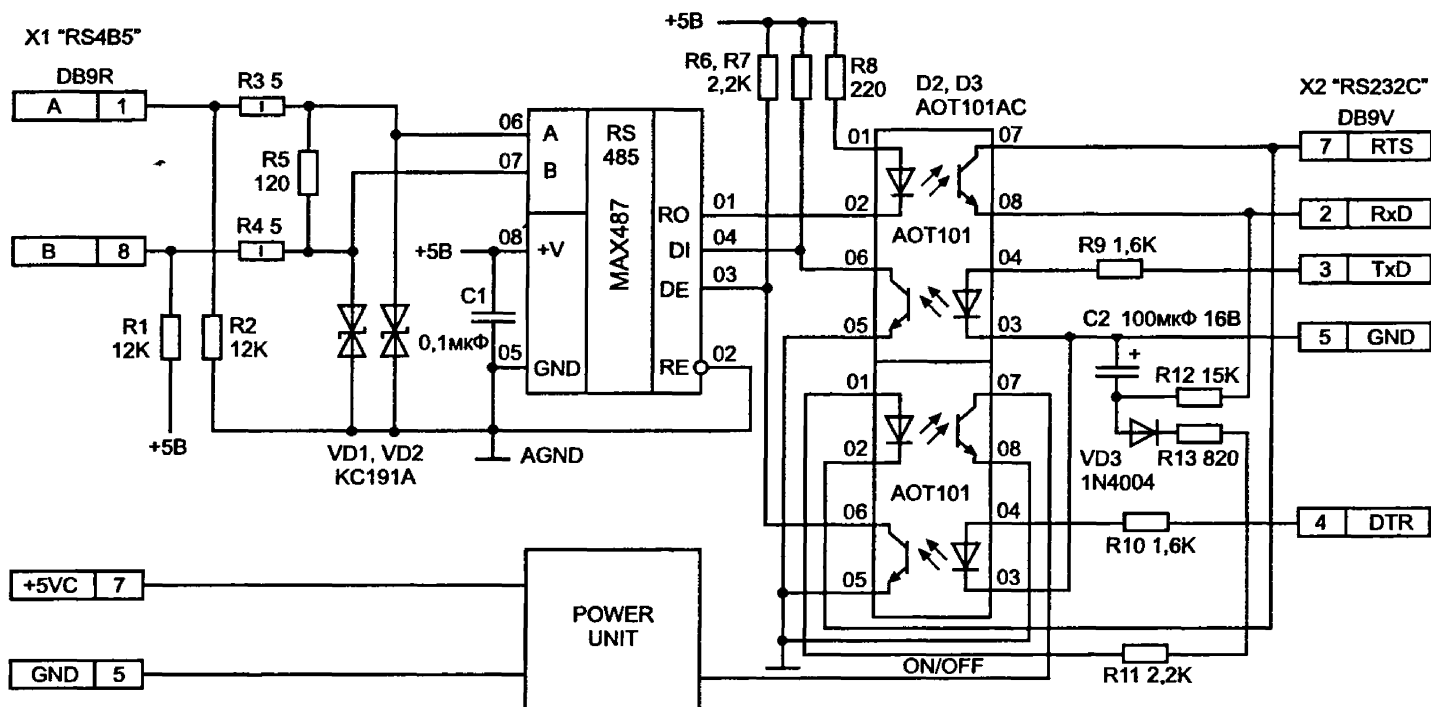


Рис. 3. Диспетчер персонального компьютера для сети на базе RS-485.

Входная часть DPC изображена справа и подключается к PC с помощью разъема X2. Она аналогична входной части описанной выше схемы. Однако в связи с особенностями построения CI LAN на базе интерфейса RS-485, в этом DPC реализованы дополнительные функции программно-аппаратного сброса всех контроллеров сети и отключения выхода диспетчера. Особенностью входной части DPC является то, что интерфейс RS-232C персонального компьютера имеет только две выходные линии RTS и DTR, которые уже используются для питания входной части (как и в схеме, приведенной на рис. 2), при этом их уровни, соответственно, равны $RTS=H$ (High) и $DTR=L$ (Low).

Учитывая то, что, в соответствии с алгоритмом работы CI LAN (описание будет приведено ниже), передатчик PC закрывается на достаточно короткие промежутки времени, отключение выхода передатчика осуществляется при переводе сигнала DTR в состояние H. При этом положительное напряжение с линии DTR через резистор R10 включает светодиод нижней оптопары D3, а коллектор транзистора этой оптопары переводит вход управления драйвера DE в состояние L, что, соответственно, переводит выходы передатчика в высокоимпедансное состояние.

Состояние $RTS=L$ и $DTR=H$ приводит к включению светодиода верхней оптопары D3. Коллектор ее транзистора переводит при этом в состояние L вход управляемого стабилизатора Power Unit. Его схема не приведена, однако она тривиальна. Этот стабилизатор может быть собран либо по стандартной схеме включения на KP142EH12A, либо с использованием более мощных стабилизаторов SD1083 (ток до 7,5 A) или SD1084 (до 5 A), имеющих такой же корпус и такую же схему включения. Управляющий вход подключается к выводу 1 стабилизатора. Функции управляемого стабилизатора зависят от назначения и количества станций в CI LAN. Обычно этот стабилизатор делается маломощным на напряжение +5 В (до 200 мА) и используется только для сброса всех контроллеров сети, при этом выходное напряжение поступает на входы внешнего сброса супервизоров питания контроллеров. Однако в некоторых сетях стабилизатор выполняют достаточно мощным (до 3 A) на напряжение около 8 В. При этом выходное напряжение этого стабилизатора, кроме функции сброса, осуществляет еще и функции питания всех контроллеров сети. Очевидно, что это возможно только при специальной схемотехнике перифе-

рийных станций и их ограниченном количестве.

Выходная часть DPC может быть реализована либо на микросхеме MAX485 (или ее аналогах) – при этом DPC обеспечивает работу до 32 PS в составе сети, либо на микросхеме MAX487 – при этом DPC обеспечивает работу в сети до 128 станций. Естественно, что в этом случае во всех контроллерах должны стоять такие же микросхемы драйверов. Резистор R5 должен иметь сопротивление 120 Ом. Он устанавливается в RS-485 сетях на двух концах ТМ. Так как согласно топологии CI LAN диспетчер PC всегда устанавливается на одном из концов ТМ, резистор R5 должен быть установлен всегда. Резисторы R1, R2 служат для "привязки" уровней линий "А" (к земле) и "В" (к питанию), для уменьшения времени переходных процессов в случае, когда все передатчики сети закрыты. Резисторы R3, R4 и стабилитроны VD1, VD2 являются простейшей защитой от импульсных помех, возникающих в достаточно протяженных сетях или в сетях, работающих в условиях мощных электромагнитных помех. В особо надежных сетях следует использовать более дорогостоящие и дефицитные ограничительные диоды, способные при превышении на них допустимого напряжения пропускать через себя за несколько наносекунд токи до сотен килоампер. Следует также сказать, что описанные методы защиты линий CI LAN могут использоваться и в сетях на базе интерфейса RS-232C.

ДИСПЕТЧЕРЫ ПЕРИФЕРИЙНЫХ СТАНЦИЙ

Диспетчер станции CI LAN "SISNET"

Целью разработки CI LAN "SISNET" (Small Information Service NET) являлось создание малых распределенных систем, состоящих из PC и нескольких контроллеров, и при этом обеспечение минимальных аппаратных затрат на ее создание [2-4]. Топология этой сети отличается от стандартной топологии CI LAN, изображенной на рис. 1. В описываемой сети отсутствует диспетчер PC, и сетевая среда (ТМ) непосредственно подключается к интерфейсу RS-232C персонального компьютера. Это накладывает ограничение и на количество станций (не более 16), и на общую длину сетевой среды (до 20 м). Второй особенностью этой сети является то, что диспетчер станции не содержит специализированных микросхем драйверов RS-232C (например, MAX232 или аналогичных). В качестве сетевой среды используются стандартные 9-проводные компьютерные кабели длиной 1 или 1,2 м, снабженные двумя одинаковыми разъемами DB9. Диспетчер станции CI LAN "SISNET" представлен на рис. 4. На схеме показан только один сетевой разъем X1. На самом деле каждый контроллер имеет по два разъема, соединенных параллельно. Нарращивание сетевой среды осуществляется последовательным соединением контроллеров.

В описываемой сети используются шесть интерфейсных линий RS-232C: линия TxD используется для передачи данных от PC к станциям; линия RxD используется для приема данных от станций к PC; линия RTS используется как источник положительного напряжения для питания входной части MGT; линия DTR используется для генерации сигнала сброса (RST) всех контроллеров сети, а также для создания через резистор R1 и диод VD1 отрицательного напряжения на конденсаторе C1; на линии RI генерируется сигнал занятости сети Busy; линия Gnd – общий провод сетевой среды.

Резистор R1 необходим для снижения пиковых зарядных токов по линии DTR. Номиналы резисторов R2-R5 подобраны так, что при параллельном подключении до 16 MGT к выходу интерфейса RS-232C персонального компьютера обеспечивается максимально возможная нагрузка на сигнальные линии. Для оптической изоляции при-

менены оптроны АОТ1-01АС. Они имеют следующие преимущества: меньший ток срабатывания и время задержки переключения, два оптрона в корпусе. С другой стороны, напряжение изоляции у них составляет более 500 В. Особенностью описываемой схемы является наличие схем формирования "сквозного" (для всех контроллеров) сигнала занятости и общего сброса сети. Общий сброс всех контроллеров сети происходит при кратковременном переводе линии DTR из состояния L (нормальный режим) в состояние H (сброс). При этом положительное напряжение через резистор R3 включает верхний светодиод оптопары D2, а соответствующий транзистор, открываясь, генерирует положительный импульс сброса микроконтроллера на резисторе R10. Сигнал занятости сети генерируется контроллером, который собирается начать передачу. При этом он опрашивает свой вход Into. Если вход имеет потенциал H, то сеть свободна, и контроллер переводит свой выход Busy в состояние L. При этом включается нижний светодиод и соответствующий транзистор оптопары D3, на линии RI формируется потенциал H, который уведомляет PC о начале цикла передачи одним из контроллеров. Кроме того, включаются верхние оптопары всех контроллеров, при этом на входы Into всех контроллеров поступает низкий потенциал L, свидетельствующий о занятости сети. По окончании цикла передачи, передающий контроллер переводит свой выход Busy в состояние H, снимая сигнал занятости линии. Описанный контроллер обеспечивает скорость передачи до 28800 бит/с. Алгоритм работы и фрагменты программ сети "SISNET" будут приведены в следующих разделах.

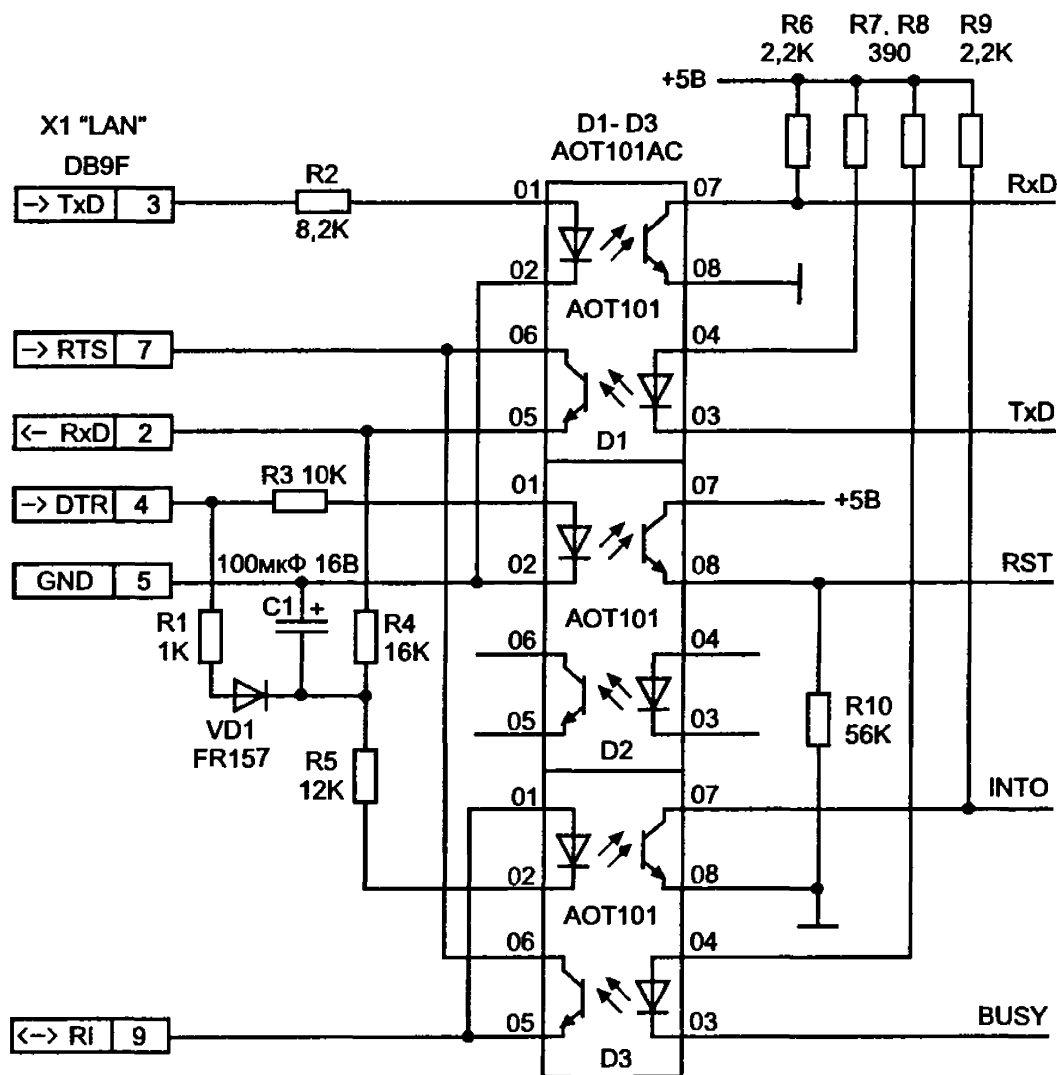


Рис. 4. Диспетчер станции CI LAN "SISNET" (RS232C).

Диспетчер станции
CI LAN "MISNET"

На рис. 5 показана схема диспетчера станции CI LAN на базе интерфейса RS-485. Эта схема аналогична выходной части схемы, приведенной на рис. 3. Она используется во многих сетях на базе интерфейса RS-485, в том числе и в CI LAN "MISNET" (Middle Information Service NET), целью разработки которой являлось создание средних (до 32 станций) и больших (до 128 станций) CI LAN [5-8].

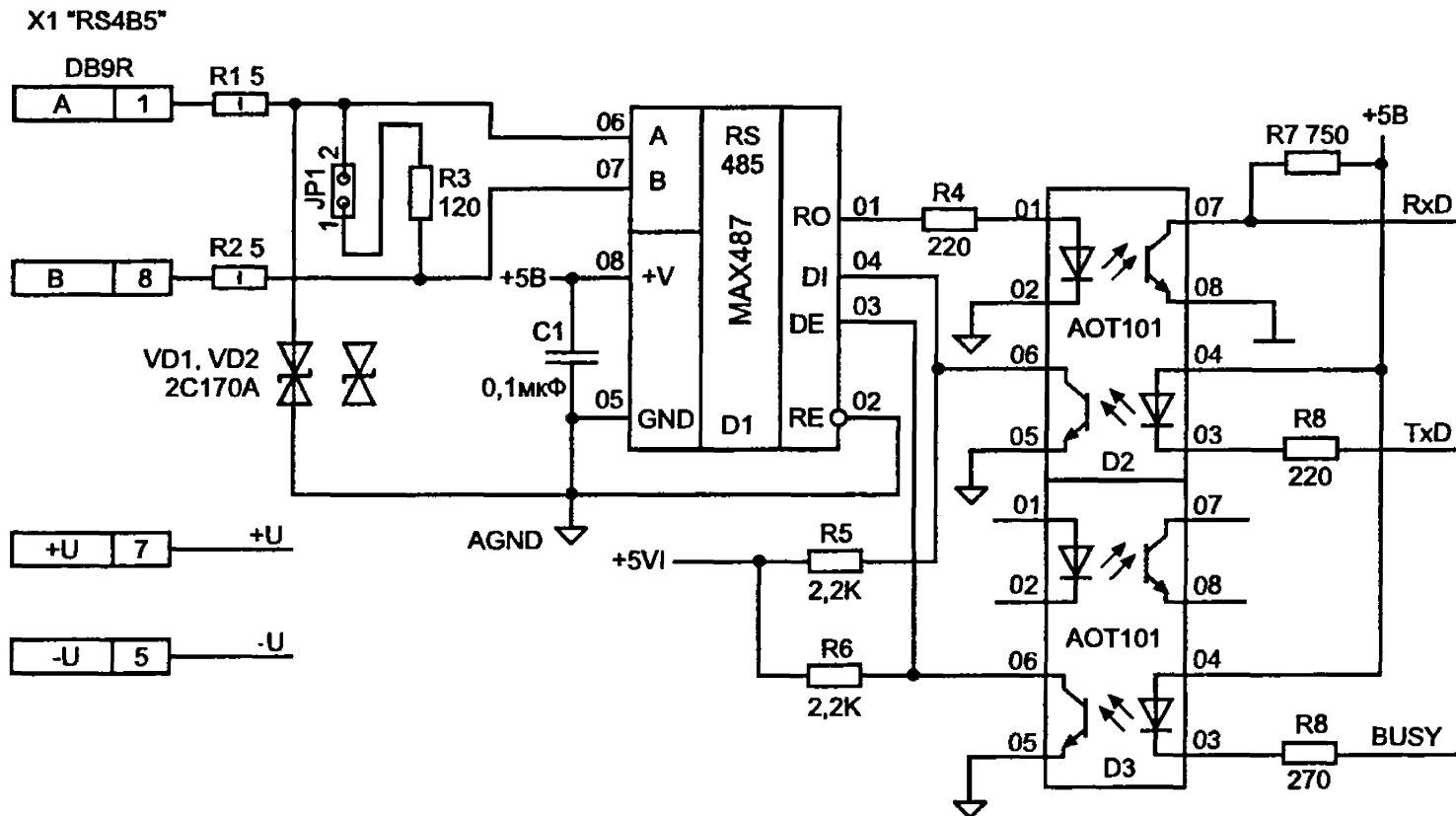


Рис. 5. Диспетчер станции CI LAN "MISNET" (RS485).

Приведенная схема имеет защиту входных цепей, аналогичную показанной на рис. 3. Во входные цепи введена перемычка JP1, которая устанавливается на самом последнем контроллере для согласования сети. Отключение выходов передатчиков сети осуществляется переводом вывода Busy микроконтроллера в состояние L. При этом включается нижняя оптопара D3 и вывод DE приемопередатчика D1 переводится в состояние L, что, соответственно, переводит выходы передатчика в высокоимпедансное состояние.

Комбинированный диспетчер станции CI LAN

В заключение этого раздела рассмотрим вариант принципиальной схемы более сложного комбинированного диспетчера контроллера (рис. 6). Такой диспетчер может быть применен в CI LAN на базе интерфейса RS-485 для подключения к сети современных измерительных приборов и промышленного оборудования, оснащенных интерфейсом RS-232C. Другим вариантом использования приведенного диспетчера может быть создание многоуровневых сетей или сетей с комбинированным интерфейсом.



Выходной сигнал микроконтроллера TxD поступает на вход 04 микросхемы D2 и один из входов второго элемента ИЛИ (D3.2), на второй вход которого поступает разрешающий сигнал передачи 0232_On (активный L), а выход соединен со входом 11 (TxD) микросхемы D1. На вход 03 микросхемы D3 поступает разрешающий сигнал передачи 0485_On (активный L). Таким образом, оба передатчика могут открываться или закрываться в любых комбинациях.

Естественно, что отслеживать конфликты при одновременном приеме информации из двух источников, а также управлять диспетчером должно программное обеспечение микроконтроллера.

В заключение хочется сказать, что в этом разделе были приведены только несколько наиболее интересных схем из возможного разнообразия, однако их рассмотрение дает возможность даже начинающему специалисту самостоятельно разработать другие варианты диспетчеров станций.

ФОРМАТ ФРЕЙМОВ И ОБЩИЙ АЛГОРИТМ РАБОТЫ CI LAN

Информация в CI LAN передается в виде фреймов (Frame) - определенной последовательности байтов команды (от PC) и ответа (от PS). Существует стандартный формат фреймов, описанный во многих документах для локальных сетей [9], позволяющий работать с фреймами произвольной длины. Однако этот формат в CI LAN используется достаточно редко из-за громоздкости его обработки, избыточности и снижения производительности CI LAN при его применении. Мы рассмотрим наиболее часто применяемый вариант форматов фреймов и опишем возможные пути его оптимизации.

Формат фрейма команды приведен в табл. 1.

Таблица 1. Формат фрейма команды.

Байт	Наименование	Значение
B0	Преамбула	10101010
B1	Адрес станции	Address
B2	Код команды	Command
B3	Младший байт данных	Low Data Byte
B4	Старший байт данных	High Data Byte
B5	Контрольная сумма	$\Sigma(B0...B4)$

Первый байт (B0) - преамбула - байт синхронизации. Второй байт (B1) содержит адрес станции, которой персональный компьютер направляет команду. Код команды - код операции, которую должен выполнить адресуемый контроллер (станция). Далее следуют два байта данных. Если во фрейме конкретной команды данные не нужны, - соответствующие байты заменяются нулями.

Все контроллеры станций все время готовы принять фрейм команды. Как только фрейм принят, станции сравнивают адрес фрейма (B1) со своим уникальным адресом, который может быть задан с помощью модификаторов (перемычек или переключателей) или "зашит" в ROM микроконтроллера. Если адрес принятого фрейма не соответствует индивидуальному адресу станции, фрейм игнорируется, никакие действия не производятся, и станция ожидает приема следующего фрейма. Если же адрес фрейма совпал с индивидуальным адресом станции, станция рассчитывает контрольную сумму первых пяти байт и сравнивает с принятым байтом B5. Контрольная сумма обычно считается упрощенно, все байты суммируются, а переносы в старший байт обнуляются. Если контрольная сумма не совпала, фрейм игнорируется и ожидается прием нового фрейма, в противном случае анализируется код команды, выполняются предписанные ей действия, например, запись байтов данных во внешние управляющие регистры, формируется фрейм ответа в соответствии с табл. 2, и производится попытка передачи фрейма ответа.

Формат фрейма ответа очень похож на формат фрейма команды, за исключением поля B2, в котором может содержаться код ошибки или статуса состояния контроллера.

Таблица 2. Формат фрейма ответа

Байт	Наименование	Значение
B0	Преамбула	10101010
B1	Адрес станции	Address
B2	Код ошибки	Error Code
B3	Младший байт данных	Low Data Byte
B4	Старший байт данных	High Data Byte
B5	Контрольная сумма	$\Sigma(B0...B4)$

Как мы уже отмечали, только в сети "SISNET" линия TxD находится в монопольном владении PC, и, следовательно, на ней не возможны конфликты. На линии RxD сети "SISNET" и в сетях на базе интерфейса RS-485 конфликты возможны в случае сбоев программного обеспечения систем или при аварийных ситуациях, при этом эти линии являются линиями со случайным доступом и программным анализом конфликтов (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection network).

Обычно в CI LAN в случае неполучения фрейма ответа, персональный компьютер повторяет команду определенное число раз. Если не получено никакого ответа, PC направляет в заданную станцию фрейм команды автотестирования. Если после нескольких попыток никакого ответа не получено, то PC может сгенерировать общий аппаратный сброс всех станций. Если и это не помогает, PC выдает сообщение оператору о фатальной или частичной аварии сети - в зависимости от важности функций, выполняемых конкретной станцией.

Возможен и другой ход событий. Вследствие сбоев программной или аппаратной частей станций, несколько станций могут попытаться одновременно начать передачу. Для этой ситуации в набор команд станций обычно вводят две специальные команды (J-Signal и OK-Signal). После приема первой команды в промежуток между выполнением команды и посылкой ответного фрейма вставляется программно-управляемая задержка, равная адресу станции, умноженному на время передачи одного ответного фрейма. При этом осуществляется как бы разнесение по времени ответов станций с различными адресами. Далее подается команда автотестирования, принимаются ответы от всех станций, определяются возможные повреждения, и, если их удастся устранить программно, подается фрейм команды OK-Signal, которая восстанавливает нормальный рабочий режим сети.

Выше описан один из вариантов работы CI LAN. Последовательность операций даже в этом варианте может быть изменена с сохранением основных принципов, например, станция сперва может рассчитать и сверить контрольную сумму, а затем проверить совпадение адресов и т. д.

Теперь отметим возможности по оптимизации формата фреймов. Очевидно, что от длины фрейма (т. е. количества байтов) зависит сложность его обработки, длина кода программного обеспечения, возможное количество циклов передачи (фрейм команды + фрейм ответа) в секунду и, в конечном счете, производительность CI LAN.

Рассмотрим возможности по минимизации формата фреймов. Во-первых, в CI LAN обычно используются 8-разрядные микроконтроллеры, которые работают с данными длиной в один байт. Пожалуй, единственным случаем, когда передача двух байт данных оправдана, является управление цифро-аналоговыми преобразователями (DAC - Digital-to-Analog Converter) с разрядностью более байта. Во-вторых, количество команд, выполняемых одним контроллером, редко превышает 16. В-третьих, в малых сетях количество станций меньше 16, следовательно, адрес занимает полубайт.

Анализируя приведенные доводы можно сделать заключение, что, в зависимости от ориентации, загруженности сети (количества команд и станций) и аппаратной реализации станций, можно варьировать длину фреймов, например, объединяя ад-

рес и код команды в один байт или/и удалив из фрейма один байт данных. Вообще, в CI LAN следует, если это возможно, использовать одинаковую длину фреймов команды и ответа, что значительно упрощает программное обеспечение микроконтроллера станции. Но возможен и другой вариант - в сторону увеличения длины фрейма. Все зависит от конкретной ориентации сети и предъявляемых к ней требований.

Описывать алгоритм работы PC в CI LAN мы не будем ввиду многообразия его реализации. Отметим лишь, что в простейшем случае алгоритм работы PC сводится к подаче в заданные моменты времени определенных команд и реакции на получаемые данные.

В общем случае алгоритм работы станции достаточно прост и представлен на рис. 7.

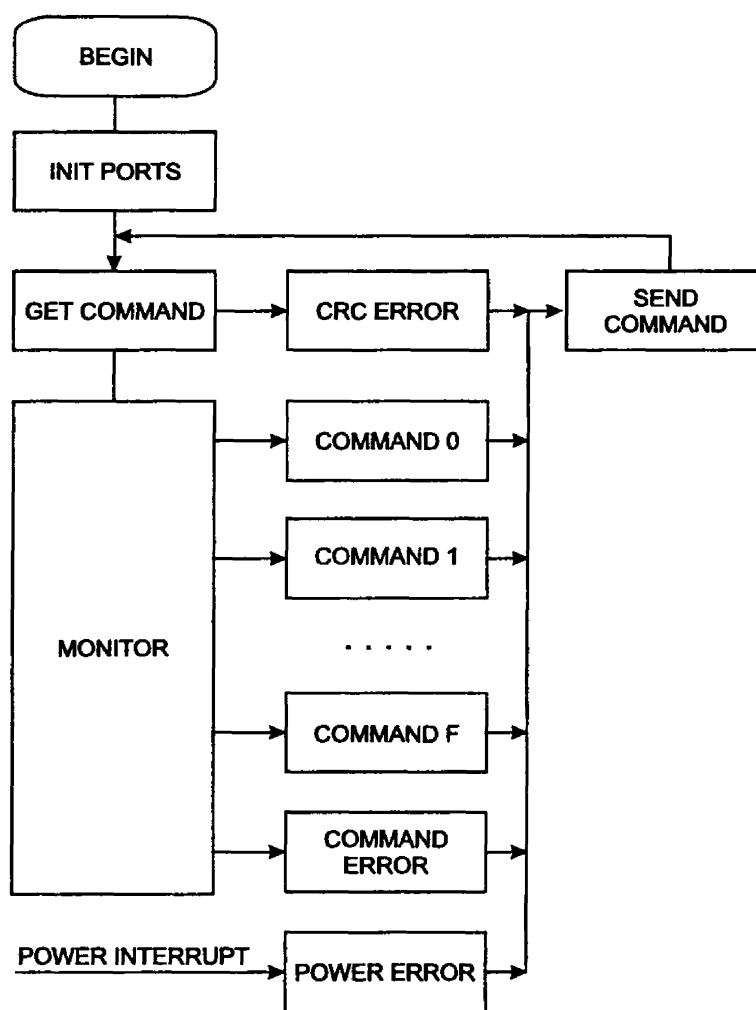


Рис. 7. Общий алгоритм работы контроллера станции CI LAN.

В модуле Init Ports производится необходимая инициализация переменных и установка регистров или отдельных битов в начальное состояние. Возможно проведение автотестирования и определение индивидуального номера. Модуль Get Commands отвечает за получение и анализ командного фрейма. Модуль Monitor анализирует код команды и вызывает соответствующие модули команд Command 0...F. Модули команд содержат собственно заданные действия, предварительную отработку данных и формирование ответного фрейма. В случае, если адрес и контрольная сумма правильные, но заданной команды не существует, в модуле

Command Error формируется соответствующий фрейм ответа. В некоторых сетях при ошибках контрольной суммы в модуле CRC формируется Error фрейм соответствующего ответа и производится попытка его передачи, однако такой вариант алгоритма более медленный, чем игнорирование ошибочного фрейма, т. к. при этом резко возрастает возможность конфликтов и затрат времени на их устранение. В модуле Power Error формируется фрейм ответа аварийных ситуаций, обнаруживаемых самой станцией. Модуль Send Command осуществляет отправку фрейма.

Как уже было сказано выше, в модулях Command 0...F происходит собственно выполнение команд. По времени исполнения различают три типа длины команд: короткие, например, запись/чтение байта в/из порт(а); средние; длинные, в качестве которых обычно считают программную реализацию чтения или записи по интерфейсу SPI.

Существует достаточно простая методика [7], позволяющая проанализировать предельную производительность CI LAN (т. е. максимально возможное количество циклов передачи/приема фреймов в секунду без учета аварийных ситуаций и сбоев).

Тестовая программа контроллера станции CI LAN

В настоящем разделе рассмотрим некоторые фрагменты тестовой программы микроконтроллера станции CI LAN. Программа написана на языке C для микроконтроллера AT89C51 при частоте кварцевого резонатора 11,059 МГц.

В первом фрагменте сведены определения используемых переменных, инициализация данных и все основные подпрограммы общего пользования.

фрагмент 1

```
/*
*****
/* Test Program for CI LAN "MISNET" */
*****
*/

#include "..\include\io51.h"
#define ERROR 0
#define OK 1
#define byte unsigned char
code byte StartSpeed = 24;

#pragma memory = data
byte FR[5]; /* Массив фрейма 7
byte PTR; /* Счетчик 7
byte My Address; /* Адрес станции 7
byte Ready, /* Готовность приемника */
byte FLAG; /* флаг приема фрейма */
#pragma memory = default

/* Процедура прерывания порта RS232C */
interrupt [0x23] void SCON_int (void) {

    Ready = 1;
    ES=0;
}
```

```

/* Подпрограмма настройки 1 таймера для работы RS232C */
void SpeedInit (byte NewSpeed) {
    char ch,
    TR1 = 0; /* Таймер 1 выключить */
    PCON = PCON | 0x80; /* Установка двойной скорости */
    TH1 = TL1 = (NewSpeed ^ 0xFF) + 1;
    ch = SBUF; /* Очистить приемный буфер */
    SCON = 0x52;
    TR1 = 1; /* Таймер 1 включить */
}

/* Подпрограмма передачи байта */
void SendB (byte SendByte) {
    while (!TI); /* Ожидать, пока завершится предыдущая передача (TI=0) */
    TI=0; /* Очистить флаг передачи */
    SBUF=SendByte; /* Послать байт */
}

/* Подпрограмма приема байта */
byte GetB (void) {
    byte InputByte;
    while (!RI); /* Ожидать прием байта (RI=0) */
    InputByte = SBUF; /* Получить байт */
    RI = 0; /* Очистить флаг приема */
    return InputByte; /* Вернуть принятый байт */
}

/* Подпрограмма задержки - (10+7*Delay)mkS */
void Time (char Delay) {
    while (Delay) {
        Delay = Delay-1;
    }
}

/* Начальная инициализация микроконтроллера */
void Init_Ports (void) {
    EA=0; /* Запретить все прерывания */
    RI=TI=PTR=0;
    FLAG=0;
    TMOD=0x22; /* Таймер в режиме 2: автоперезагружаемый 8-битный счетчик */
    SpeedInit (StartSpeed); /* Установить начальную скорость 2400 */
    MyAddress = P2 & 0x7F; /* Прочитать адрес станции через порт P2 */
    Time (100); /* Задержка - 750 mkS */
    Ready=0; /* Очистить флаг приема */
    TI=0; /* Очистить флаг передачи */
    EA=1; /* Разрешить все прерывания */
}

```

Приведенный фрагмент содержит достаточно полные комментарии, поэтому следует добавить только, что в описываемой программе все контроллеры после аппаратного сброса настраиваются на минимальную скорость 2400 бод. После формирования PC аппаратного сетевого сброса и инициализации микроконтроллеров, PC передает каждому контроллеру команду настройки на свою скорость, а затем команду автотестирования для определения состояния станции и устойчивости связи

на заданной скорости.

Фрагмент 2 показывает основные подпрограммы приема и передачи фреймов.

фрагмент 2

```

/*****
** GET COMMAND **
*****/

int Frame_Get (void) {
byte Bi;
while (1) {
    PTR=0; /* Очистить счетчик */
    FLAG=0; /* Сбросить флаг приема фрейма */
    while (PTR < 6) { /* Осуществить прием 6 байтов фрейма */
        ES=1; /* Разрешить прерывания RI & TI */
        while (!RI&!Ready); /* Если поступил байт, принять его */
        FLAG = 1; /* Установить флаг приема фрейма */
        Ready = 0; /* Очистить флаг готовности приемника */
        Bi=GetB(); /* Полученный байт записать */
        if (!PTR) { /* Если байт первый (PTR=^0) и не равен */
            /* коду преамбулы (Bi!=0xAA), ждать */
            /* следующий байт */
            if (Bi!=0xAA) /* Синхронизация */
                continue;
        }
        FR[PTR++]=Bi; /* Записать принятый байт в массив */
        /* фрейма FR[PTR] и увеличить счетчик */
    }
    FLAG = 0; /* Фрейм принят сбросить флаг приема */
    /* Расчет контрольной суммы */
    Bi =(FR[0]+FR[1]+FR[2]+FR[3]+FR[4])&0x00FF;
    if (FR[5]!=Bi) { /* Если контрольная сумма фрейма */
        /* не равна расчетной */
        PTR=0; /* Сбросить счетчик */
        continue; /* Ожидать следующий фрейм */
    }
    if ((FR[1]&0x7F) == MyAddress)
        break; /* Если адрес фрейма равен адресу */
        /* станции - завершить, иначе ожидать */
        /* следующий фрейм */
    }
    ES=1; /* Разрешить прерывания RI & TI */
    return OK;
}

/*****
** SEND FRAME **
*****/

void Frame Send (void) {
    while (FLAG); /* Ожидать завершения приема фрейма */
    PTR=0; /* Обнулить счетчик */
    TI = 1; /* Разрешить передачу */
}
```

```

    while (PTR<6)
        SendB(FR[PTR++]);    /* Передать 6 байт фрейма */
}

```

Фрагмент 3 показывает подпрограммы монитора, примеры написания нескольких команд и подпрограммы формирования фрейма ответа.

фрагмент 3

```

/*****/
/** OUTPUT FRAME **/
/*****/

/* Подпрограмма формирования фрейма ответа */
void Output_Frame (byte B2, byte B3, byte Stat)
{
    FR[0]=0xAA;          /* Преамбула */
    FR[1]=MyAddress;     /* Адрес станции */
    FR[2]=Stat;          /* Статус или ошибка */
    FR[3]=B2;             /* Данные или детализация состояния */
    FR[4]=B3;             /* Данные или детализация состояния */
    FR[5]=(FR[0]+FR[1]+FR[2]+FR[3]+FR[4])&0x00FF. /* Контрольная сумма */
}

void Form_Comm_Error (void) {
    /* Подпрограмма формирования фрейма */
    /* ответа при получении */
    /* несуществующей команды Код 0x01 */
    Output_Frame (0x02,0x00,0x01);
}

/*****/
/** Command Subroutines ***/
/*****/

/* Подпрограмма команды установки скорости 2400 */
int Command_0 (void) {
    SpeedInit(StartSpeed); /* Установить скорость 2400 */
    Output_Frame(2400,0,0); /* Сформировать ответный фрейм */
    Frame_Send();          /* Отправить фрейм */
    return OK;
}

/* Ряд команд пропущен */

/* Подпрограмма пустой команды */
int Command_F (void) {
    /* Тело подпрограммы */
    return OK;
}

```



```

/*****/
/**** MONITOR **/
/*****/

/* Подпрограмма монитора */
int Monitor (void) {
    switch (FR[2]) {          /* Дешифровать код команды */
        case 0x00:
            return Command_0(); /* Вызвать команду 0 */
        case 0x01:
            return Command_1(); /* Вызвать команду 1 */

        /* Ряд кодов команд пропущено */

        case 0x0f:
            return Command_F(); /* Вызвать команду F */

        /* Ряд кодов команд пропущено */

        default:
            return ERROR:      /* При поступлении кода несуществующей */
                               /* команды вернуть код ошибки */
    }
}

```

В этом фрагменте приведен текст подпрограммы только одной команды, остальные команды не приводятся из-за ограниченного объема статьи. То же касается и подпрограммы монитора. Напомним, что в приведенном формате фрейма для кода команды отведен один байт, т. е. всего может быть до 255 команд. Получение фрейма с ошибочной командой вызовет формирование фрейма ошибки (в нашем примере 0x01). Аналогично могут быть написаны и другие подпрограммы формирования ошибочных фреймов. Их формирование может быть вызвано прерываниями или опросом каких-либо портов.

В заключение приведем фрагмент 4, содержащий главный модуль программы.

фрагмент 4

```

/*****/
/**** MAIN BEGINING ****/
/*****/

/* Главный модуль программы */
void main (void) {
    Init_Ports();             /* Начальная инициализация микроконтроллера */
    while (1) {
        Frame_Get();          /* Получить фрейм команды */
        if(Monitor_0 == ERROR) { /* Выполнить подпрограмму монитора */
                               /* Если монитор вернул ошибку */
            Form_Comm_Error(); /* Сформировать фрейм ошибки */
            Frame_Send();      /* Отправить фрейм (ошибки) */
        }
    }
}

```

Хотя в рамках данной статьи мы не рассматриваем особенности схемотехники современных микроконтроллеров станций, необходимо напомнить, что в CI LAN станции обязательно должны быть оснащены супервизором питания (SV) и узлом контроля зависания (WDT) с внешним входом сброса. В этом случае в программе следует не забывать периодически перезапускать WDT.

Приведенная программа может послужить основой для написания читателем собственной рабочей программы.

В заключение следует отметить, что CI LAN, получившие развитие в последние несколько лет, находят все более широкое применение не только в производственных или научных учреждениях, в измерительных и управляющих системах, но и в лабораториях разработчиков различных систем и, конечно, в радиолюбительской практике.

Применение CI LAN позволяет создавать очень мощные системы на микроконтроллерах, но без сложных и громоздких вычислений в них. Практически контроллеры выполняют элементарные операции и, в некотором смысле, являются периферийными приборами персонального компьютера. Весь груз серьезных вычислений при этом возлагается на мощные и оснащенные разнообразным программным обеспечением персональные компьютеры. Создаваемые ранее системы на базе микропроцессоров и микроконтроллеров, конечно же, не идут ни в какое сравнение с современным недорогим PC по разнообразию и возможностям периферийного оборудования, средств документирования и визуализации. Разработчикам CI LAN остается только обеспечить высокое качество и надежность создаваемых станций. Для этого сейчас доступна практически любая элементная база.

Литература

1. Nicolaiciuc O., Gutuleac E., Cheibas V. The Main Principles of Small System Development for Manufacturing and Research Automation // Computer Sciences Journal of Moldova, 1999, vol.7, №2(20), p. 237-246.
2. Nicolaiciuc O. A PC and Local Microcontroller Network Interface // Instruments And Experimental Technique, Consultants Bureau, New York, Vol.43, №3, 2000, p. 318-320.
3. Nicolaiciuc O., Gutuleac E. and Cheibas V. The Small LAN "SISNET" // The International Symposium On System Theory USINTES-10", Xth-Edition, 25-26 May, 2000, Craiova, ROMANIA, p. 14-16.
4. Nicolaiciuc O., Gutuleac E., Cheibas V. A Small Local Computer Network for Automation of Manufacture and Scientific Researches // Computer Sciences Journal of Moldova, 1999, vol.7, №2(20), p. 228-236.
5. Nicolaiciuc O., Gutuleac E. and Cheibas V. The LAN "MISNEV" // The International Symposium On System Theory "SINTES-10", Xth-Edition, 25-26 May, 2000, Craiova, ROMANIA, p. 17-20.
6. Nicolaiciuc O., The Station of Command Information LAN "MISNEV" // Proceeding of the 5th International Conference on "Development and Application Systems", DAS2000, 18-20 May, 2000 Suceava, ROMANIA, p. 298-300.
7. Nicolaiciuc O., Gutuleac E. The Working Algorithms of Command Information LAN "MISNEV" // Proceeding of the 5th International Conference on "Development and Application Systems", DAS2000, 18-20 May, 2000 Suceava, ROMANIA, p. 301-306.
8. 1111.pdf - <http://www.maxim.com>
9. А. А. Мячев и др. Интерфейсы сетей обработки данных: Справочник /Под ред. А. А. Мячева. - М.: Радио и связь, 1989.



ВАРИМ ПИВО ДОМА

ВВЕДЕНИЕ

При всём многообразии используемого сырья и способов варки пива, современная технология производства пива включает следующие этапы.

Подработка солода

Предназначенное для пивоварения зерновое сырьё требует предварительной обработки, которая заключается в превращении его в пивоваренный солод. Процесс включает в себя проращивание зёрен злаков (чаще всего ячменя), сушку и очистку от ростков. При проращивании крахмал в зёрнах расщепляется на сахара. Различная степень сушки солода применяется для приготовления солода разных типов – светлого, тёмного, чёрного.

Для получения тёмных и особенно карамельных сортов солод поджаривают. Чем сильнее жарят солод, тем больше сахаров карамелизуются в нём. Наиболее тёмные сорта солода не могут использоваться самостоятельно без светлых сортов, так как при обжаривании теряются ферменты, необходимые для осахаривания сусла.

Затираание сусла

В зависимости от рецептуры в начале непосредственного приготовления пива готовится затор — смесь дроблёных зернопродуктов (различных сортов солода и других требуемых ингредиентов), предназначенных для затираания с водой. При смешивании его с водой получается каша, которая имеет сладковатый вкус от растворённых сахаров солода.

В ходе затираания производят постепенный нагрев с т. н. «температурными паузами», необходимыми для действия различных ферментов. На современном производстве таких пауз несколько:

- 50-52 градуса в течение 10-15 минут (белковая пауза — для расщепления белков),
- 62-63 градуса 15-30 минут (действует фермент бета-амилаза, который дробит крахмал и декстрины на мелкие фрагменты — олигосахариды, мальтозу),
- 70-72 градуса 30 минут (действует альфа-амилаза, дробящая крахмал на крупные фрагменты — декстрины).

Окончание процесса осахаривания определяют йодной пробой (капли р-ра йода не должны синеть). Затем затор нагревают до 78 градусов (для инактивации ферментов и снижения вязкости) и подают на фильтрацию.

Существуют технологии затираания с отварками, когда часть затора кипятится. Обычно такой способ применяют при использовании несоложёного сырья — ячменя, риса, кукурузы, а также при производстве тёмных сортов пива.

Фильтрация затора

Полученный затор перекачивается в фильтр — чан, где происходит его разделение на неохмелённое пивное сусло и дробину — нерастворимые остатки затора, остающиеся в процессе фильтрации.

Обычно фильтрация состоит из двух стадий. На первой отбирается сусло-самотёк, на второй — дробину промывают горячей водой. Обе порции смешиваются в сусловарочном котле. Таким образом, дробина служит фильтровальной перегородкой.

Также применяют фильтры-прессы, в которых роль фильтровальной перегородки играет синтетический материал, а фильтрация происходит не под действием тяготения, а пневматическим сжатием фильтровальных элементов.

Кипячение сусла

Сусло варится 1-2 часа с добавлением хмеля и других необходимых ингредиентов. Во время кипячения ароматические и горькие составные части хмеля растворяются, придавая суслу характерные для пива оттенки вкуса и аромата. В это же время коагулируют и выпадают в осадок белковые вещества, а также выпариваются некоторые ароматические компоненты, неблагоприятно влияющие на вкус пива.

Осветление сусла

Сусло перекачивают в вихревую ванну (вирпул) для отделения нерастворимых остатков ячменя и хмеля. Эти частицы, под действием силы трения слоёв жидкости, собираются в центре днища гидроциклона. После 20-30 минут отстаивания

сусло отделяют от нерастворимого остатка — бруха (труба) .

Охлаждение и аэрация сусла

Сусло перекачивается в бродительный резервуар. В течение перекачки оно охлаждается и насыщается кислородом, необходимым для размножения дрожжей.

Брожение

Под воздействием заданных в сусло дрожжей происходит брожение, при котором простейшие сахара, содержащиеся в сусле, превращаются в спирт и углекислый газ. Продолжительность брожения и температура процесса зависят от того, какие дрожжи были заданы и какое пиво хотят получить — верхового или низового брожения. В последнем случае полученный на этой стадии продукт (так называемое «молодое пиво») затем помещают в танки лагерного отделения для дозревания. Цель дозревания — улучшение органолептических свойств напитка, расщепление диацетила, сложных эфиров.

Для этого процесса получили широкое распространение т.н. цилиндрико-конические танки (ЦКТ), в которых процессы основного брожения и дображивания происходят непрерывно, без перекачки, в одной ёмкости.

Фильтрация пива

Затем пиво фильтруется от остатков дрожжей. Фильтрация используется обычно в промышленном пивоварении. Используются намывные кизельгуровые фильтры, керамические, фильтры-прессы, а также сепараторы. Некоторые методы фильтрации уничтожают микрофлору пива и увеличивают этим срок его хранения.

Пастеризация

Некоторые сорта пива подвергаются пастеризации — нагреванию до температуры порядка 68–72 °С для увеличения срока хранения. Считается, что пастеризация ухудшает вкус.

ТЕРМИНЫ

Выход экстракта — часть солода, перешедшая в сусло и использованная для приготовления пива. Можно также сказать, что выход равен количеству солодового экстракта, извлеченного из солода. Солодовый экстракт имеет вид густого сиропа (он остается после выпаривания сусла). Когда солод дает много экстракта — это выгодно и солод.

Содержание экстракта в сусле или пиве определяют с помощью сахарометра (ареометра), градуированного в %. Например, если выход экстракта из солода равен 75%, это значит, что из 100 частей (по массе) солода, в раствор (сусло) перешло 75 частей, а остальные 25 частей — нерастворимый осадок (дробина).

Крепость пива, то есть содержание в нем спирта, зависит от содержания в сусле солодового экстракта (концентрации сусла) и степень сбраживания сусла. Например, разливное пиво, сваренное из 10%-ного сусла (эта цифра обычно и стоит на этикетке бутылочного пива), содержит 2,7...3,1% спирта, 12%-ное пиво — 3,5...4%.

Степень сбраживания указывает на то, сколько процентов экстракта, содержаще-

гося в сусле, сбродило. Если в сусле было до задачи дрожжей 12% экстракта, а в пиве из этого сусла осталось 7% экстракта, то, следовательно, сбродило $12\% - 7\% = 5\%$ экстракта. Если принять 12% экстракта за 1, то 5% составят 41,6% от всего экстракта. Это и есть степень сбраживания экстракта.

Стойкость – важнейший показатель пива, определяется числом дней, в течение которых пиво не мутнеет, а качество его остается неизменным. Стойкость пива значительно снижается, если в нем мало углекислоты или много оставшегося растворенного воздуха.

СПОСОБЫ ПРОГОТОВЛЕНИЯ ЗАТОРА

Английский классический

Сначала кипятят воду, затем остужают ее примерно до 55°C (при такой температуре в воде можно держать руку, не опасаясь обжечь ее) и заливают ее в заторный чан. Засыпают в чан размолотый солод и перемешивают затор до тех пор, пока вся мука не разойдется в воде. В результате добавления солода температура в чане понизится, поэтому в смесь добавляют крутой кипяток, чтобы довести температуру до 60°C . В дальнейшем смесь вымешивают, дают постоять в течение 1...1,5 ч, после чего фильтруют в заторном чане с двойным дном.

Таким образом получаем первое (главное) сусло. Переливаем его в емкость для варки, а в чан с оставшимся солодом наливаем вторую порцию кипятка, которую, немного настояв, также отправляем в котел. После второго сусла делают и третье.

Все полученные сусла варят либо вместе, либо из третьего сусла (и последующих) отдельно делают более слабое пиво. Сколько брать солода и воды для затора – решают сами мастера, но надо помнить, что в объем воды, предусмотренный по технологии на каков-то количество солода, входит вся вода. От пивовара зависит, будет ли он варить пиво только из главного сусла и всей воды или сначала зальет солод частью воды, а затем добавит к полученному главному суслу второе сусло.

Баварский классический

Он более трудоемок, хлопотлив, чем английский, но зато очень надежен. В этом случае сначала весь солод затирают с половинным количеством положенной воды и выдерживают затор в течение нескольких часов, чтобы солод лучше распустился. Обычно затор готовят с вечера, чтобы начать основные работы с утра.

Утром же доводят до кипения неизрасходованную при вечернем затирании воду и добавляют кипяток (или часть его) в заторный чан, чтобы температура сусла в нем составила бы примерно $37...40^{\circ}\text{C}$. Наливая кипяток, затор непрерывно перемешивают. Затем примерно треть объема затора первый раз перечерпывают в тот же котел, где нагревалась вода, доводят очередное содержимое котла до кипения, и снова переливают жидкость из котла в заторный чан. Постарайтесь, чтобы в результате проделанных операций температура смеси в заторном чане была примерно на уровне 50°C .

Заторы кипятят, чтобы разрушить стенки содержащих крахмал клеток и таким образом освободить крахмал и сделать его доступным для переработки под действием диастаза. Заметим, что ферменты вообще-то при кипячении уничтожаются. Но здесь кипятится не весь затор сразу, поэтому ферменты в заторе остались. И

вот эти-то оставшиеся ферменты действуют на кипяченый затор значительно эффективнее, чем на некипяченый. Словом, опыт подтверждает желательность кипячения части затора, следите только, чтобы он не подгорел, так как возникающие при этом потемнение сусла и пригорелый вкус уже неустранимы.

Затор хорошо вымешивают и во второй раз выгружают примерно треть его (желательно со дна, погуще) в котел, где затор нагревают до 60...62°C, а затем возвращают в чан.

После этого в третий раз перегружаем треть затора (теперь уже пожиже) в котел, кипятим не более получаса и окончательно переливаем в заторный чан.

Температура массы в чане повышается до 70...75°C. Затор перемешивают в последний раз и оставляют в покое примерно на 1 ч.

После этого сусло фильтруют и оно готово для окончательной варки с хмелем.

После слива главного сусла, из которого и будет изготавливаться "основное" пиво, оставшуюся в чане дробину заливают кипятком, чтобы получить еще сусло для варки "дополнительного" пива. Чтобы получить хорошее сусло для сравнительно крепкого пива на 1 кг дробины потребуется взять 0,3 л кипятка.

Настойный способ

Дробленый солод смешивают с водой температурой 40...45°C. Медленно перемешивая затор, температуру его за 20..30 мин поднимают до 52°C. При такой температуре затор выдерживают 30 мин, изредка его помешивая. Затем, при непрерывном размешивании, температуру затора повышают до 65°C и при такой температуре выдерживают его от 20 мин до 1,5 ч. В дальнейшем повышают температуру до 70...72°C, при которой и происходит окончательное осахаривание сусла. После этого затор нагревают до 75°C и приступают к фильтрации. Как правило при настольном способе затор готовится не более 2 ч.

Такой способ затирания - наиболее простой и доступный. Нагревать затор можно в металлической емкости на газовой плите или на печи, а если затор находится в деревянном чану, некоторые умельцы приспособились поднимать температуру в чану с помощью электрокипятильника, помещенного в кастрюлю с водой.

Отварочный способ

Какие ведутся работы при получении сусла этим способом, мы рассмотрим на примере баварского способа затирания (существуют одно-, двух- и трехотварочные способы). Кстати, этот нередко применяемый сейчас способ затирания был предложен еще в 1854 г, причем для большей наглядности при описании его использовали конкретные цифры.

Так, 100 кг дробленого солода затирали в 420 л воды, подогретой до температуры примерно 62°C. Желательно, чтобы температура затора после смешивания солода и воды находилась бы в пределах 55...58°C. Затем около половины заторной массы спускали в варочный котел, например в тот, где кипятили воду, и нагревали (медленно!) до 75°C. Потом доводили до кипения и поддерживали кипение не менее 30 мин. После кипящий затор выливали в чан и давали затору осахариться при температуре 75°C.

В другом варианте этого же одно-отварочного способа одну половину солода затирали с половиной воды (50 кг солода на 210 кг воды) при температуре 62,5°C, а оставшиеся солод и воду размешивали в котле при температуре 50...60°C. Заторную массу в котле при постоянном помешивании медленно нагревали до кипения, кипятили 30 мин и заливали в чане остальным затором. Выдерживали весь затор также при 75°C.

ВИДЫ ПИВА

Эль

Эль — браживается при относительно высокой температуре (15-25 °C) с использованием дрожжей верхового брожения¹. Эли часто имеют фруктовый привкус, обычно в них повышенное содержание спирта. В Англии эль известен, по крайней мере, с XV в., аналогичный напиток без хмеля варили еще в VII в. Обычно на изготовление эля требуется от 3 до 4 недель, однако некоторые разновидности могут занять до 4 месяцев. Считается, что шумеры открыли пиво примерно 3000 лет до н. э. Они делали эль быстрее, чем его делают сейчас, потому что не добавляли в него хмель. Для изготовления светлого пива нужно больше времени, чем для эля, и оно получается менее сладким. До того, как в Англию привезли хмель из Нидерландов в XV веке, слово «эль» употреблялось исключительно по отношению к напиткам, полученным в результате брожения без хмеля. Для напитка с добавлением хмеля постепенно укоренялось слово пиво. Пиву нужен компонент, придающий горчинку, для того, чтобы сбалансировать сладость солода, он также выступает в роли консерванта. При производстве эля обычно использовали грюйт, смесь трав и/или специй, которую варили в сусле вместо хмеля. Эль был очень важным напитком в Средневековье, наряду с хлебом считался товаром первой необходимости. Слово «эль» могло прийти с древнеанглийского (ealu), восходя к праиндоевропейскому корню «alut», под которым подразумевается «колдовство, магия, обладание, опьянение»

Виды и сорта эля:

- Bitter (Горькое). К этой группе относятся несколько сортов с цветом от светло-желтого до светло-коричневого (палевого). Все они сухие, с заметной горчинкой (послевкусие) и популярны как бутылочные сорта. Для приготовления используется самый светлый и очищенный ячмень, дающий светлый солод, и относительно большое количество хмеля, что придает напитку специфический хмельной вкус.
- Porter (Портер). Темное крепкое плотное пиво с сильным хмелевым вкусом. В лондонских "домах эля" (Ale-House) в начале 18 века было популярно заказывать пинту (568 грамм) "Three threads", что означало смесь трех сортов — эля, пива и twopenny (крепкое пиво, стоившее два пенса за кварту). Примерно в 1720 году у пивовара Harwood появилась идея приготовить пиво, объединяющее вкус всех трех сортов. Он назвал это пиво "Entire". В течении нескольких лет пиво приобрело название PORTER, сокращенное от Porter's Ale — эль носильщиков, так как пользовалось у последних особой популярностью
- Stout (Стаут). Группа самых темных сортов пива, приготавливается из смеси обычного и обжаренного солода и имеет сильный хмельной вкус. Stout — преимущественно английский напиток и, в основном, больше нигде не варится. Из группы Stout самым темным сортом является Extra Stout, к которому, кстати, относится и великий Guinness.
- Barley wine (Ячменное Вино). Совершенно необычный сорт пива с очень высоким содержанием алкоголя и высокой плотностью. Имеет темный гранатовый цвет и винный вкус.

Лагер

Лагер — самый популярный и распространенный в мире тип пива. Типичная тех-

¹ Сейчас в основном используются дрожжи низового брожения — то есть, такие что слипаются и опускаются на дно.

нология изготовления лагера — сваренное пивное сусло охлаждают, добавляют дрожжи и перекачивают в бак, где сусло бродит около недели. При этом поддерживается определённая температура, чтобы предотвратить окисление (около 8 °). Затем дрожжи отделяют и пиво направляют на вторичную ферментацию в ёмкости под избыточным давлением углекислого газа. Дображивание и созревание пива при низкой температуре (0–2 °) длится от 20 до 120 дней, иногда более. Затем пиво фильтруют и разливают в сосуды (бочки, бутылки, банки и т. п.). Бутылочное пиво часто пастеризуют или используют тонкую фильтрацию для увеличения срока хранения. Обычный цвет лагера — светло-жёлтый, но бывают и тёмные сорта.

Существуют разные виды Лагера: Светлый лагер (Light lager), Пильснер (Pilsner), Европейский янтарный лагер, Темный Лагер (Dark Lager), Бок (Bock):

- Сорт лагера Bock (бок). Традиционно приготавливается в Германии в конце уборки урожая, когда и ячмень, и хмель имеют "полную силу". Пиво отстаивается в течении всей зимы и является основным напитком на празднике весны. Bock бывает светлым (helles) и темным (dunkles). Наиболее крепкое пиво называют "двойным" (doppelbock).
- Один из видов Лагера Rauch (Копченое). Пиво с копченым привкусом, который придает пиву солод, поджаренный на огне от сжигания буковой древесины. Распространено в районе Бамберга в Германии. Подается исключительно к копченому мясу или шашлыку, с ржаным хлебом и острым сыром.
- Популярен вид Лагера - Draft (Draught), что означает пиво из бочки, не пастеризуется. Некоторые пивзаводы разливают его в банки или бутылки, но транспортируют в холодильных контейнерах или подвергают тонкой очистке, заменяющей пастеризацию. Warsteiner в любой таре — непастеризованное пиво!
- К сортам Лагера относится также популярный у нас Ice beer (Ледяное пиво). Легкое пиво, которое после окончания варки, но до финального брожения, быстро охлаждают почти до температуры замерзания. Образовавшиеся кристаллики льда удаляются и получается пиво с почти двойным содержанием алкоголя по сравнению с другими типами легкого пива.

Некоторые сорта пива не вписываются в общую классификацию, их классифицируют в отдельные виды:

- Пшеничное пиво — помимо наличия пшеничного солода отличается тем, что для приготовления пива используют метод дображивания в бутылке. Как правило, пшеничное пиво подаётся нефильтрованным, поэтому вместо названия Weizenbier используют Weissbier.
- Существует также особый вид пива — Ламбик. Это Бельгийское пиво самопроизвольного брожения. Этот вид пива сбраживается без использования культурных дрожжей при помощи микроорганизмов, присутствующих в самом сусле и попадающих в него из воздуха. Для приготовления ламбика используется ячменный солод и непророщенные зерна пшеницы. Хмель, используемый для производства ламбика, должен вылежаться не менее трех лет для уменьшения аромата и горечи, нежелательных для ламбика. Пиво Mort Subite Gueuze Lambic часто продается в бутылках 0.33 с корковой пробкой. Производится также малиновое и вишневое (Kriek) пиво. Крепость его 4–4.5%. По словам некоторых бельгийцев, пиво какое-то время стоит в открытых бочках и над ними плетут паутину особые пауки. Пауки время от времени падают в бочки и придают ему неповторимый вкус. Возможно, этот секрет и не позволяет изготовить это пиво вдали от Бельгии.

Главной особенностью ламбиков является так называемое спонтанное сбраживание пивного сусла. Это означает, что при производстве ламбиков не используют пивные дрожжи. Их роль выполняет бактерия, содержащаяся в воздухе региона долины реки Зенне, находящегося к западу от Брюсселя. Существует всего 6 про-

изготовителей пива ламбик. На основе пива ламбик производятся несколько прекрасных видов пива:

- крик (добавление свежей вишни)
- фрамбоз (добавление малины)
- фаро (небольшое количество сахара)
- гойзе/гез (бленд молодого и старого ламбика)
- оуде гойзе – старый ламбик, 1/3/5/10 лет выдержки

Существуют также гибридные сорта и виды пива. Их приготовление связано с комбинированием ингредиентов и технологий, характерных для разных типов пива. Классификация пива по цветам распространена в России и Украине, а также в некоторых других европейских странах, например в Испании. Различают темное, светлое, красное и белое пиво.

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Сварить пиво дома – дело не особо хитрое, но во всех смыслах хорошее. Во-первых, это очень вкусно. Во-вторых, домашнее пиво из натурального сырья дает несравнимо меньшее похмелье и кумулятивный вред здоровью тоже поменьше.

Первое, что понадобится – это кастрюля или бак литров на 40. Можно эмалированный, можно из нержавеющей стали. Нержавейка лучше, но дороже. Эмалированная емкость тоже ничего, но раза в три дешевле. Для дома кастрюлей можно обойтись при варках литров до 50. Дальше надо покупать уже более серьезную технику, поскольку таскать 50 литров кипятка руками сложно и опасно.



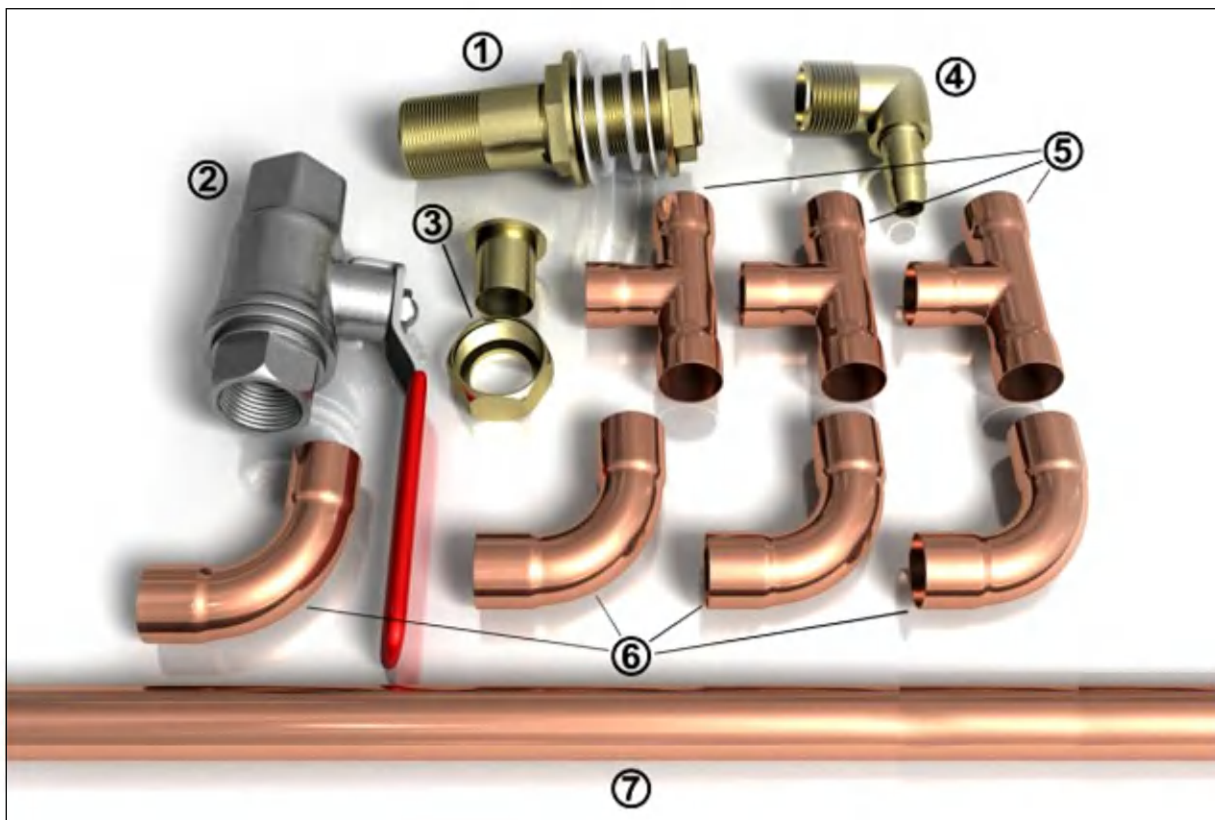
По степени сложности, домашнее пивоварение можно поделить на два типа: концентратное и all-grain (зерновое).

В первом случае, сусло у нас готовое, в виде выпаренного концентрата. Это не химия. Это что ни на есть натурпродукт. Сейчас выбор концентратов весьма большой, можно на любой вкус себе что-нибудь подобрать.

Во втором случае, мы покупаем солод и работаем уже над ним сами. Есть, правда, уж совсем перфекционисты, они и солод сами делают из ячменя и воду подготавливают, добиваясь нужной минерализации. Ну, например, если какое-то пиво варят в английской деревне Middleofsomewhere, то выясняется минеральный состав тамешней воды и делается такой же. Это выше чем 80 уровень домашнего пивоварения. Для любителей достаточно купить в магазине хорошей воды или набрать из близлежащего колодца/родника/крана.

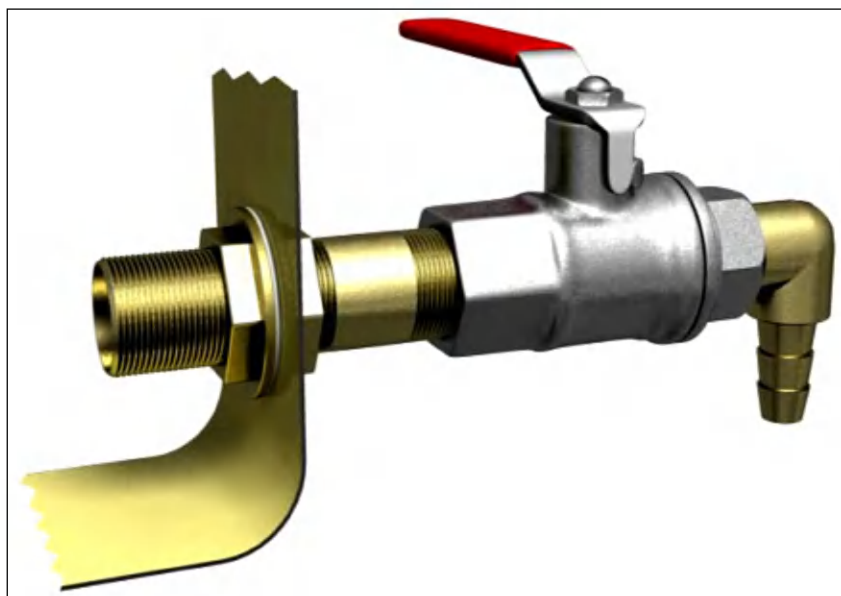
Далее, надо превратить банальную кастрюлю в заторник-сусловарник. Можно использовать две емкости, одну для затиария, вторую для варки, но в условиях

квартиры, чем меньше объемного хлама – тем легче жить. Что немаловажно для пивовара. Идем на ближайший строй-рынок и покупаем необходимые детали:



1. Латунный сгон на пол-дюйма, плюс две контргайки, плюс две силиконовые прокладки, плюс две фторопластовые прокладки.
2. Шаровый кран с внутренней резьбой тоже $\frac{1}{2}$ дюйма.
3. Американку под пайку с медной трубкой.
4. Угловой штуцер.
5. Три медных тройника диаметром 15мм.
6. Четыре уголка 15 мм.
7. Два метра неотожженной медной трубки.

В кастрюле сверлим отверстие как можно ниже (тут уж у кого какой инструмент и навык), стараясь минимально повредить эмаль, и собираем вот такую конструкцию:



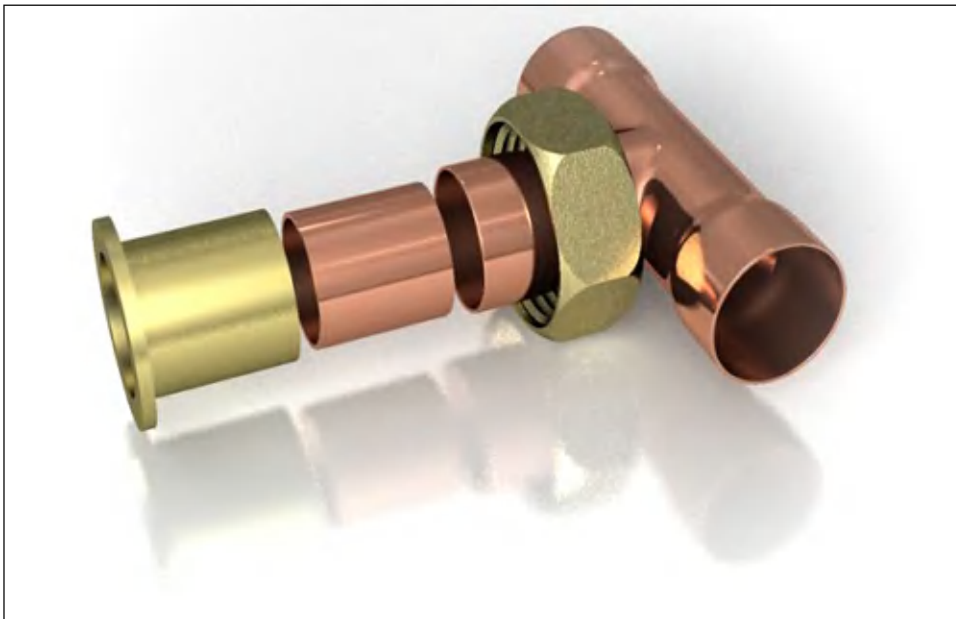
К стенке кастрюли сначала ставим силиконовую прокладку, а на нее фторопластовую. Иначе гайки силикон задержат.

Ну, вот уже готов сусловарник. Теперь апгрейдем его до заторника. Тут необходимо чуток углубиться в теорию.

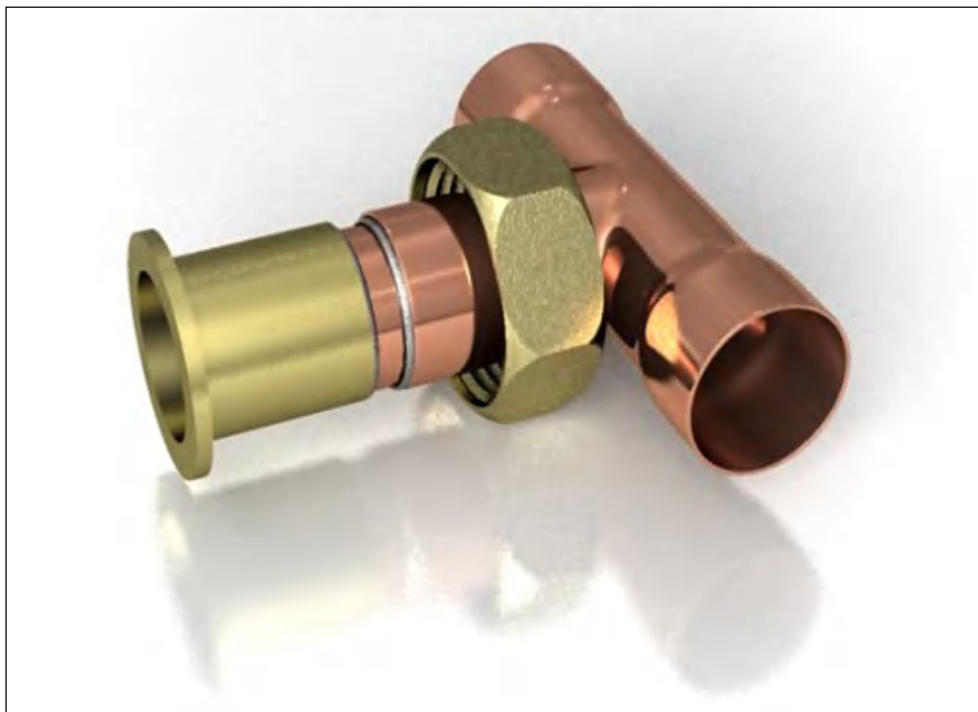
Затирание – есть процесс выдерживания затора (вода + солод) при определенной температуре. В течение этого времени ферменты, содержащиеся в солоде, расщепляют крахмал, которые есть полисахарид, на более простые сахара, съедобные для дрожжей. Ферменты, участвующие в этом процессе, это так называемые альфа и бета-амилазы. По образному выражению одного нашего коллеги, если представить крахмал деревом, то бета-амилазы обкусывают мелкие веточки (сбраживаемые сахара) доходят до развилки ветки и замирают, а альфа рубит как попало на произвольные куски (несбраживаемые сахара). Штука в том, что наиболее активны эти ферменты при различной температуре. Бета-амилазы при 60–65 градусах, альфа – при 70–75. Соответственно, если дать подольше поработать бете – мы получим сусло максимальной сбраживаемости, высокое количество алкоголя, но пустоватый вкус, ибо все сахара дрожжи превратят в спирт и воду. Наоборот, если рулить будут альфа-амилазы, то пиво будет плотное, насыщенное, но очень легкое, ведь дрожжам там есть будет практически нечего. Комбинируя температурные паузы и достигают нужного баланса между телом пива и алкоголем. Вот, теория грубо.

Для превращения нашего бака в заторник нужно собрать фильтрующий элемент. Тут, к несчастью, потребуется некоторое мастерство.

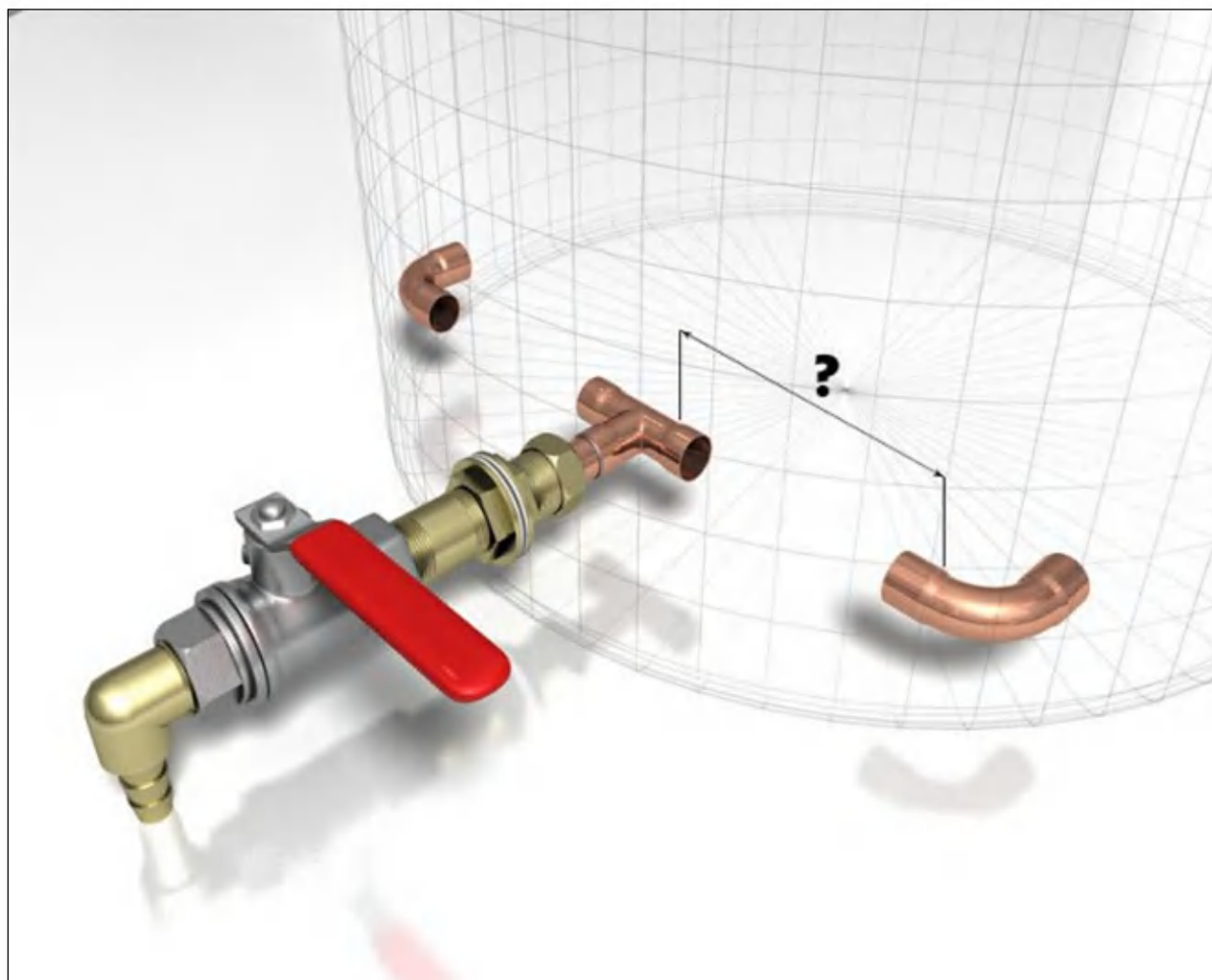
Для начала, берем американку, тройник, кусочек медной трубки и припаиваем одно к другому.



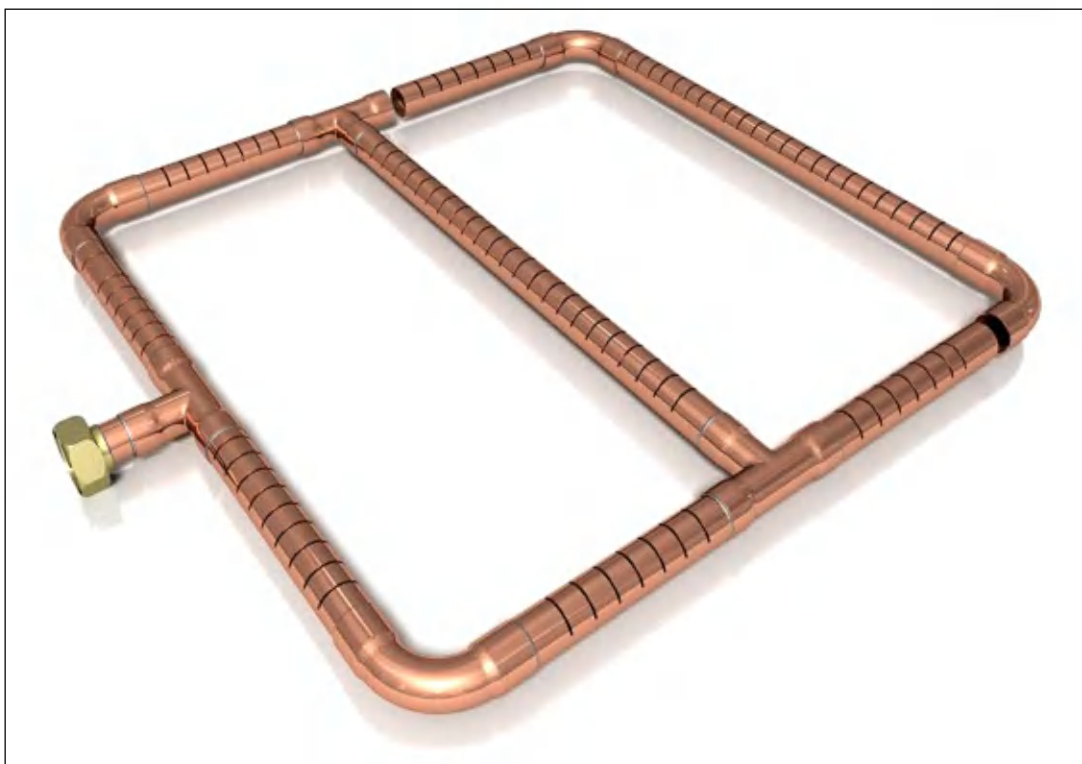
Паять медные трубки просто. Нужен припой, обязательно без свинца, и флюс. Все это свободно продается на рынках или в магазинах сантехники. Припой смотрим Sn97–Cu3. Без флюса паять не получится, припой тупо стечет с меди. Если есть газовая горелка для пайки – хорошо, если нет, сойдет и газовая плита. Зачищаем поверхности, наносим флюс тонким слоем, собираем все вместе и нагреваем. Когда на намазанных флюсом частях появятся мелкие капельки олова – подносим проволочку припоя к стыку и олово под действием капиллярных сил само туда втянется. Остужаем и вуаля. Только надо помнить, медь обладает исключительной теплопроводностью, работать только инструментом, иначе сильный ожог гарантирован. Медь нельзя, как уголек, перебросить из руки в руку, даже кратковременное касание – ожог.



Прикручиваем получившуюся конструкцию к стону и определяем длину трубок до стенок кастрюли. Фильтр должен стоять в распор.

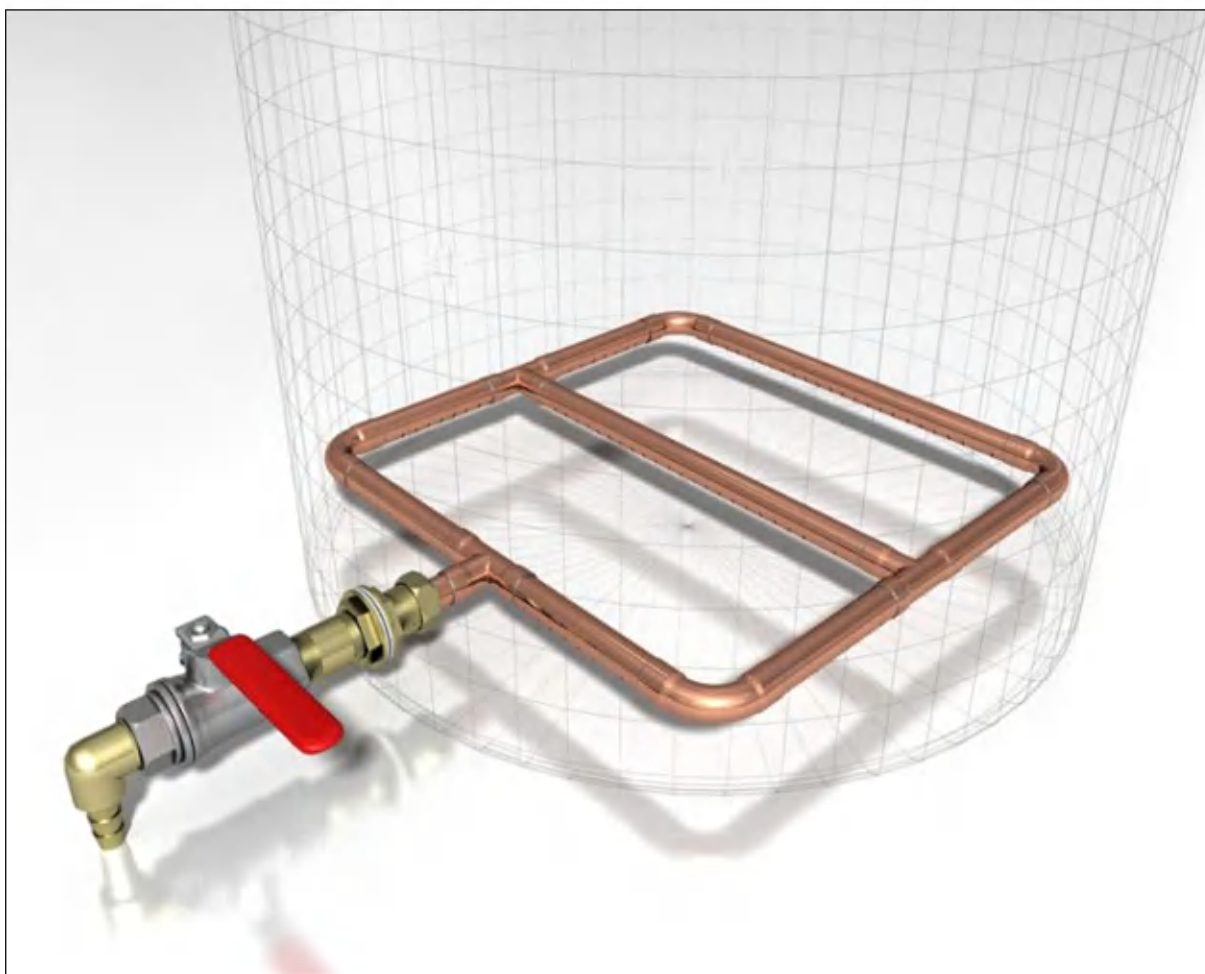


Так, постепенно собираем вот такую конструкцию:



В трубках ножовкой делаем пропилы на треть диаметра и где-то миллиметр шириной. В двух местах трубки не спаиваем, оставляем разборными, чтобы можно было промыть фильтр.

Все вместе:



Последнее, для чего понадобится некоторое мастерство – это охладитель, или, как его называют, чиллер. Опять идем на рынок и покупаем метров 10-12 отожженной медной трубки диаметром 10-12 мм и несколько метров (зависит от того, как далеко будет пивоварение от точки подключения к холодной воде) любого шланга, плюс пару хомутиков. Отожженная трубка легко гнется руками. Вот и гнем, наматывая на что-то, подходящее по диаметру. Потом, аккуратно, большим радиусом, чтоб не заломить, выводим конец наверх. Для жесткости можно припаять витки к вертикальным трубкам, я же просто примотал медной проволокой.



Теперь перейдем к тому, что самому сделать проблематично.



1. Ареометр АС-3. Эта штука нужна для измерения плотности сусла. Без него можно, но лучше с ним. Многие используют для этого же рефрактометры, но я сам им не пользовался, ничего говорить не буду.

2. Емкость для брожения. Сейчас многие интернет-магазины предлагают вот такие 32-литровые бочки сразу с гидрозатвором (4) и краником (5). Еще и со шкалой и наклеенным жидкокристаллическим термометром. Можно так купить, можно по отдельности. Но, если в пивоваренных магазинах этот бак стоит дороже, то в конторах, торгующих пластиковой тарой, он же стоит раза в два дешевле. Дело вкуса и лени.

3. Мельница для солода. Конкретно вот эта называется Comfort-500, сделана в совхозе имени 47-летия Мао, выглядит страшно, обработка металла на уровне каменного века, но функцию свою выполняет. Такая же, но сделанная в Бельгии стоит уже в несколько раз дороже. Продвинутые двух-трехвальцовые мельнички стоят уже от 5 до 9 тысяч. Никакие кофемолки, мясорубки и блендеры не подойдут. Чуть позже объясню, почему. Подойдет скалка, но это будет не помол, а наказание божие и семь казней египетских.

4. Гидрозатвор.

5. Краник.

6. Точный цифровой термометр с выносным щупом. Точность хотя бы в пределах градуса. Вещь абсолютно необходимая. Можно было купить хороший китайский термометр на авито.

7. Весы. Тоже надо более-менее точные. Если в пределах грамма – то идеально. На картинке Energy-403, взвешивают до 5 кг, есть функция тары. Точность – грамм. Ну, так написано.

Последнее, что нам понадобится – метра полтора два СИЛИКОНОВОГО шланга под штуцер на кастрюле. Рисовать я его не стал, шланг и шлаг, прозрачный такой. Он нужен для слива горячего сусла. ПВХ не пойдет, он при нагревании воняет и выделяет из себя всякую гадость. Нужен именно медицинский силиконовый шланг, пригодный для стерилизации. Где его взять – зависит только от вашей фантазии.

Собственно все. Микро-пивоварня для дома, для семьи, готова. Есть еще всякие мелкие штуки, облегчающие процесс, но поначалу можно обойтись.

Теперь, перейдем собственно к варке пива. Только сразу хочу уточнить, что кроме оборудования и ингредиентов, понадобится еще и море терпения. Сам процесс варки занимает часов 6-8, брожение от 7 до 14 дней, выдержка от пары недель до года. То есть, даже в самом простом случае свое первое пиво вы попробуете не раньше, чем через месяц после варки. Но, поверьте, оно того стоит.

И еще важный момент. Помещение, в котором происходит вся эта бесовщина, должно быть чистым. Никакой плесени по углам, никаких кисломолочных продуктов рядом. Никаких животных. Сусло – это сверхпитательная среда для грибков и бактерий. Поэтому, чем чище в помещении, тем меньше шансов заражения пива. Про дезинфекцию оборудования потом ниже напишу.

Будем варить Чорного Носорога. Этот рецепт, находясь явно в состоянии просветления, придумал товарищ с одного клуба домашних пивоваров с ником Носорог. Пиво темное. Поэтому чОрный.

Нам понадобится, из расчета на 28 литров готового пива (мы ограничены 32-литровой бродильней):

- Солод мюнхенский, Munich, с цветностью EBC 25 (в магазинах будет "Munich-25") – 5.77 кг.
- Солод меланоидиновый, Melano, EBC 80 – 0.87 кг.
- Солод карамельный, Cara, EBC 50 (можно Cara-150, будет темнее и насыщеннее) – 0.35 кг.
- Хмель традиционный, он же Traditional – 20 грамм.

- Хмель жатецкий или Saaz – 40 грамм.
- Дрожжи Fermentis Safale S-04 – один пакетик о 11 граммах.

Перво-наперво, солод надо помолоть. Достаем нашу зерноаую мельницу и вперед. Крутить можно руками, можно присобачить шуруповерт. Шесть кило солода потребуют полчаса времени с перекурами.



Хитрость помола солода в том, что надо получить не муку, а раздробленные на несколько частей зерна и при этом неповрежденные оболочки. Вот поэтому никакие кофемолки не подходят. Эти оболочки, оседая на дно заторника, образуют фильтрующий слой, через который сусло собственно и фильтруется. И вытекает через нашу фильтр-систему из медных трубок. Пропилы достаточно мелкие, чтоб шелуха проскочила сквозь них, но достаточно крупные, чтоб фильтрация занимала разумное время. Без этой шелухи дробина быстро забьет прорези, и фильтроваться сусло будет до наступления демократии в Северной Корее. Вот так выглядит смолотый солод:



В этом рецепте используется однопаузное затираание при 72 градусах. Выше я говорил, как температура влияет на затор. Вот и это пиво должно получится «полнотелым» с небольшим количеством алкоголя. Ставим в бак фильтр, берем в четыре раза больше воды (24 литра) относительно количества солода и нагреваем до 78 градусов, при засыпке солода температура упадет до нужных нам 72. Кстати, градус туда, градус сюда – не смертельно. Но при больше чем 75, активность ферментов резко падает. Перегреть нельзя!



Нагрели – засыпаем солод, перемешиваем. Меряем температуру. Должно быть 72 градуса.



Закрываем крышку и заматываем бак в одеяло/телогрейку как можно плотнее.

Ждем полтора часа. Терпение... Терпение...

Пока солод затирается, подготовим дрожжи. Дрожжи сухие – их надо регидрировать.

Берем банку, колбу или что-то подобное, стерилизуем в кипятке и наливаем в нее где-то 250 мл кипяченой воды. Температура воды – 20-24 градуса. Засыпаем туда дрожжи из пакетика и затыкаем горлышко ваткой. В состав сухих дрожжей добавлены питательные вещества им на первое время, поэтому можно обойтись просто водой. Они и там начнут уже бродить через полчаса.

Прошло полтора часа. Теперь надо провести так называемую «йодную пробу». Берем ложкой чуток сусла и капаем туда йод. Если цвет не изменился – значит крахмала в заторе больше нет, все расщеплено на сахара. И это есть хорошо. Если посинеет – это совсем не то. Можно еще попробовать подержать сусло под одеялом, но скорее всего это уже не поможет. Хотя я еще не видел, чтобы качественный импортный солод давал после затирания посинение на йодной пробе.

Теперь время для мистического процесса под умным названием меш-аут (mash-out). Ставим бак на плиту и постоянно помешивая – ибо пригорит, доводим температуру затора до 78 градусов. Выключаем нагрев и выдерживаем так опять под одеялом 15 минут. Это нужно для прекращения деятельности ферментов. Расщепление крахмала останавливается.

За эти 15 минут готовим воду для промывания. Это такая специальная вода, от обычной отличающаяся только тем, что нагрета до 80 градусов. Когда мы будем сливать первичное сусло, очень много сахаров останется в дробине. Негоже выбрасывать хорошую вещь, поэтому стараемся их оттуда вымыть.

ора фильтровать затор. Надеваем на штуцер силиконовый шланг, притаскиваем пластиковую нашу бродильню и открываем кран.



Для чего нужен шланг. Штука в том, что горячее сусло активно окисляется при контакте с воздухом. А это дает посторонний привкус в пиве. Чтобы минимизировать контакт с воздухом и нужен шланг.

По началу, сусло пойдет сильно мутное – шелуха еще не осела толком на дно, поэтому первые слитые литры возвращаем обратно. Тут есть тонкость – нам важ-

но, чтоб сформировался фильтрующий слой, но выливая обратно в бак сусло, мы взбаламутим осадок опять. Что б этого не было, кладем сверху большую тарелку, пусть она потонет, но все будет теперь литься на нее и не потревожит дробину.

Сливаем потихоньку. Как только пошло чистое сусло, перестаем его возвращать в заторник и начинаем набирать его в бродильню.



При этом следим, чтобы дробина не обнажилась. Как только она покажется, доливаем промывочную воду. Вот так, постепенно, сливая-доливая нам надо набрать 30-32 литра сусла. Под конец промывочную воду лить перестаем и просто сливаем все что есть. Первая часть марлезонского балета завершена. Выбрасываем дробину, отвинчиваем фильтр, ополаскиваем бак и переливаем в него чистое отфильтрованное сусло. И ставим кипятиться. Нагреваться 30 литров будут долго, можно ускорить, накрыв крышкой. Но учтите, если вы пропустите момент закипания – сусло убежит, а отмывать плиту от пригоревшего сахара – это ад и израиль. Также выслушаете от жены много интересного о себе, о пиве и о мироздании в целом.

Как только закипит, взвешиваем 20 грамм традиционного хмеля и бросаем его туда. Это хмель для горечи. Засекаем 50 минут, пусть кипит. Всего варить нам надо 90 минут или полтора часа. За это время выкипит порядка 3-4 литров, всякое ненужное улетучится с паром, часть сахаров карамелизуется и стены помещения покроются капельками конденсата.

Тщательно моем бродильню, заливаем ее водой и выливаем в нее пузырек 5% аптечного йода. Туда же кидаем гидрозатвор с пробкой и запикиваем крышку бродильни. Это дезинфекция. Йод быстро разлагается, поэтому посторонних запахов и вкусов не оставляет. Вместо йода можно использовать специальные средства для дезинфекции, профильные магазины продают их в гибельных количествах. Оставляем так стоять.

По прошествии 50 минут, взвешиваем 20 грамм жатецкого и вносим в сусло. Это хмель для вкуса.

За 15 минут до конца варки подключаем чиллер к холодной воде и опускаем его в сусло. Это для того, чтобы он успел простерилизоваться кипятком.



За пять минут до конца варки вносим оставшиеся 20 грамм жатецкого. Это хмель для аромата. Суммарно мы получим около 20 IBU (единиц горечи). Это такая несильная, приятная горчинка.

Часть сусла сливаем в мензурку на 100 мл, про которую я забыл написать в оборудовании, и отдельно охлаждаем строго до 20 градусов для измерения плотности. Засовываем туда ареометр, чтобы он плавал, и смотрим значение начальной плотности (НП). В этом рецепте нам надо получить 13.5% НП. Если будет больше – просто надо добавить кипяченой воды. Если меньше – еще кипятить. Хотя меньше – это вряд ли. В общем, на выходе должно быть 28 литров.

По завершению варки, включаем воду в чиллере, выключаем нагрев. Смысл чиллера в том, что сусло надо максимально быстро охладить со 100 до подходящих дрожжам 20-24 градусов. Эта медная спираль справится с этим минут за 15. Если отнести бак в ванную и поставить в холодную воду – это займет минут 40-50. А

чем дольше сусло стоит и контактирует с воздухом, тем больше вероятность заразить его «дикими» дрожжами или бактериями, кои в изобилии летают вокруг.

За эти оставшиеся пять минут бежим к бродильне, выливаем оттуда раствор йода. Кто желает – может прополоскать кипяченой водой, но, в принципе, и так сойдет. Сливаем охлажденное сусло в чистую, продезинфицированную бродильню. С высоты не менее метра.



Смысл этого действия в том, чтобы сусло, падая, насытилось кислородом. Дрожжи, они ж живые твари, им тоже дышать надо. Для пива низкой начальной плотности, вроде этого, данная метода подойдет, а вот высокоплотные пива надо еще дополнительно аэрировать.

Берем дрожжи в колбе, они к этому времени уже дадут обильную пену, и выливаем в сусло.

Закрываем бродильню крышкой, вставляем гидрозатвор (не наливая в него ничего пока) и еще, минут пять, потрясем ее, для пущей аэрации. Опять же, трести 30 кг емкость – хороший моцион. Относим бродильню в темное и прохладное место и только тогда наливаем в гидрозатвор либо водку, либо кипяченую воду. Если сразу налить жидкость, то при первой же попытке поднять бродильню, эту жидкость моментом всосет внутрь.

Все. Теперь ждать 14 дней. А, еще уточнение: Дрожжи S-04 требуют температуру брожения 18-25 градусов. Если меньше – брожение будет вялым. Если больше – в процессе брожения они будут выделять кучу эфиров, что на вкусе и аромате пива скажется непредсказуемо. Поэтому желательно выдержать во время брожения этот интервал.

Вот, стоят бродят (см. ниже). Внизу – предыдущая варка стоит, карбонизируется.



Прошло две недели...

К этому времени, мы съездили в магазин и купили упаковку литровых ПЭТ-бутылок с пробками и пачку глюкозы/декстрозы. Этот сахар лучше усваивается дрожжами, чем привычный нам и не дает бражного привкуса. Теперь настало время разлить «зеленое» или «молодое» пиво по бутылкам.

Для начала, отольем из краника чуток в мензурку и померяем конечную плотность пива (КП). У меня получилось 5%. Что, учитывая температуру, при которой мы затирали (больше несбраживаемых сахаров) вполне нормально. По таблице находим содержание алкоголя – 4.5%. Легкое и «полнотелое» пиво, как и ожидалось.

Для того, чтобы пиво насытилось углекислым газом, надо в каждую бутылку добавит чуток глюкозы, поскольку в сусле уже все съедено. Сожрав этот сахар в закрытой бутылке, дрожжи как раз и насытят пиво газом. Называется это – «естественная карбонизация», в отличие от искусственного насыщения углекислотой под давлением в кегах. Разницы, на самом деле, никакой. В этом рецепте Носорог указал 7 г/литр, поэтому в каждую бутылку добавим по 7 грамм декстрозы или глюкозы.

Открываем бродильню, оцениваем запах. Потом берем нашу силиконовую трубку (продезинфицированную предварительно) или специальный сифон, наполняем кипяченой водой и, зажав один конец пальцем, другой опускаем в пиво. Принцип сифона – бродильня должна стоять выше, чем бутылки.

Кстати, тут, если все же используется трубка – нужна помощь еще одного человека. Все это телодвижение для того, чтоб забирать пиво сверху, не трогая осадок, которого на дне будет сантиметра 2-3.

Ну вот, убираем палец, ждем пока вода выльется куда-нибудь и пойдет пиво, и опускаем трубку на самое дно бутылки. Опять избегаем излишнего контакта с воздухом. Наполняем бутылку. Когда до горлышка останется сантиметра три-четыре, сжимаем бутылку, выдавливая воздух, и закрываем крышку. И так много раз.

Когда все будет разлито, оставляем эти, похожие на камбалу, бутылки тоже в темном и необязательно прохладном месте. Неделя на карбонизацию. За это время дрожжи съедят глюкозу, бутылки надутся и станут каменными. Кстати, это еще и будет естественная консервация. Потреблять там уже нечего, кислорода тоже

нет, контакта с воздухом нет. Пиво в ПЭТ-бутылках может храниться полгода спокойно (дольше не надо, все-таки через поры пластика идет газообмен), а в стекле несколько лет. После карбонизации пиво нужно выдержать еще месяц, но я начал его открывать уже через неделю. Хотя через месяц выдержки оно стало несомненно лучше. Правда к тому времени осталось половина сваренного...



Слева пшеничное, справа «Черный Носорог».

Ну, собственно все. Данный метод не претендует на правильность. Я написал так, как сделал лично я. Вариантов тут множество. Но с этим вот набором кастрюль можно варить все, что душе угодно.



АЛЮМИНИЕВЫЙ ЧАЙНИК

Введение

Литьё в песчаные формы – дешёвый, самый грубый (в плане размерной точности и шероховатости поверхности отливок), но самый массовый (до 75–80 % по массе получаемых в мире отливок) вид литья. Вначале изготавливается литейная модель (ранее – деревянная, в настоящее время часто используются металлические или пластиковые модели, полученные методами быстрого прототипирования), копирующая будущую деталь. Модель, закрепленная на подмодельной плите, засыпается песком или формовочной смесью (обычно песок и связующее), заполняющей пространство между ней и двумя открытыми ящиками (опоками). Отверстия и полости в детали образуются с помощью размещённых в форме литейных песчаных стержней, копирующих форму будущего отверстия. Насыпанная в опоки смесь уплотняется встряхиванием, прессованием или же затвердевает в термическом шкафу (сушильной печи). Образовавшиеся полости заливаются расплавом металла через специальные отверстия – литники. После остывания форму разбивают и извлекают отливку. После чего отделяют литниковую систему (обычно это обрубка), удаляют облой и проводят термообработку.

Для получения отливки данным методом могут применяться различные формовочные материалы, например песчано-глинистая смесь или песок в смеси со смолой и т. д. Для формирования формы используют опоку (металлический короб без дна и крышки). Опока имеет две полуформы, то есть состоит из двух коробов. Плоскость соприкосновения двух полуформ – поверхность разъёма. В полуформу засыпают формовочную смесь и утрамбовывают её. На поверхности разъёма делают отпечаток промодели (промодель соответствует форме отливки). Также выполняют вторую полуформу. Соединяют две полуформы по поверхности разъёма и производят заливку металла.

Техника и технология



Подмодельная плита



Половина опоки.



Опока в сборе.



Просеивание формовочной смеси (похоже, почва в этой местности Китая вполне годится как формовочная смесь).



Набивка формовочной смеси.



Этот этап нужно делать очень качественно, иначе чайник будет с дефектами или форма развалится.



Модель чайника готова.



Сверху на модель одевается литевая форма состоящая из двух половинок и крышки. Размеры формы больше модели на толщины стенок чайника.



Литевая форма в сборе



Алюминий собирается на ближайшей свалке (на самом деле на ней расположено и литейное производство) .



Небольшая печь для выплавки алюминия. Работает на угле (древесных углях), которые предварительно внутри разжигаются .



Вот он «крылатый металл».



Заливка алюминия в форму.



Снятие формы. Формовочная смесь высыпится из чайника.



Крышка чайника изготавливается аналогично.



Для нее своя литейная форма.



Отлитая крышка чайника – осталось ее немного подработать.



Готовая продукция.



ГОЛАЯ ОБЕЗЬЯНА

Десмонд Моррис
(окончание)

ИЗУЧЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

У всех млекопитающих сильно развита исследовательская жилка. Некоторым из них любопытство свойственно в большей степени, чем остальным животным. Это в основном зависит от того, насколько они специализировались в процессе эволюции. Если все их усилия были направлены на усовершенствование одного конкрет-

ного способ выживания, то им незачем особенно беспокоиться о сложностях окружающего их мира. До тех пор пока у муравьяда есть муравьи, а у коалы – эвкалиптовые листья, они вполне довольны и жизнь прекрасна. Зато неспециалисты – приспособленцы животного мира – не могут позволить себе расслабиться ни на минуту. Они никогда не знают, где получают свою очередную порцию пищи, и поэтому вынуждены досконально знать местность, изучать любые возможности, всегда быть начеку в ожидании удачи. Они должны исследовать окружающую среду, исследовать не переставая. Должны изучать ее и периодически перепроверять свои знания. Должны постоянно поддерживать свое любопытство на высоком уровне.

Дело тут не только в пище. Те же требования предъявляют и задачи самозащиты. Дикобразы, ежи и скунсы могут сколько угодно демонстрировать агрессивность, не обращая внимания на своих врагов. Однако безоружные млекопитающие должны всегда быть настороже. Должны уметь узнавать признаки опасности и знать пути отхода. Чтобы уцелеть, они всегда должны знать точное расстояние до своего жилья.

Если посмотреть на дело с этой точки зрения, то может показаться, что отсутствие специализации весьма неэффективно. Да и зачем нужны млекопитающие приспособленцы, живущие одним днем? Ответ будет таков. В жизни «специалистов» есть свои сложности. Все прекрасно, пока работает метод жизнеобеспечения «специалиста». Но если произойдет резкая перемена в окружающей среде, то «специалист» окажется у разбитого корыта. Если он превзошел себя, чтобы перещеголять своих конкурентов, то животному, кроме того, придется радикально перестроиться в генетическом плане, а это быстро не сделать, если наступит трудная минута. Исчезнут эвкалиптовые леса – погибнет и коала. Стоит какому-нибудь хищнику со стальными челюстями научиться дробить иглы дикобраза – и это животное станет легкой добычей. Для «неспециалиста» любая вылазка может оказаться сопряженной с трудностями, зато он сумеет быстро приспособиться к любым изменениям среды. Отберите у мангуста крыс и мышей – и он тотчас переключится на птичьи яйца и улиток. Лишите обезьяну фруктов и орехов – и она перейдет на корешки и побеги.

Из всех «неспециалистов» обезьяны, пожалуй, лучшие приспособленцы. Как сообщества, они специализируются в «неспециализации». Что же касается голой обезьяны, то из всех приматов она самый большой приспособленец. Это еще один аспект неотенической революции. Все молодые обезьяны любопытны, но по мере взросления их любознательность ослабевает. У нас же детское любопытство с годами лишь усиливается. Мы никогда не устаем исследовать. Полученные знания нас никогда не удовлетворяют. Каждый вопрос, на который мы находим ответ, приводит к возникновению очередного вопроса. Это стало для нас самым надежным способом выжить.

Стремление к новизне получило название неофилия (любовь к новшествам) в противовес неophobia (боязни нового). Все незнакомое таит в себе опасность. К нему надо подходить с осторожностью. Может, его следует избегать? Но если избегать всего нового, то как мы узнаем, что оно собой представляет? Страсть к неизведанному должна подталкивать нас вперед и подогревать в нас интерес к нему до тех пор, пока неизвестное не станет известным и не надоест. В процессе познания мы приобретаем ценный опыт, который можно положить в закрома памяти, чтобы использовать его, в случае надобности, позднее. Ребенок делает это постоянно. Его тяга к новизне настолько велика, что родители вынуждены ее ограничивать. Однако, хотя они могут направить любопытство в нужное русло, подавить его им не удастся никогда. По мере того как дети взрослеют, их исследовательские наклонности подчас принимают тревожащие размеры, и тогда, бывает, взрослые говорят, что «молодежь ведет себя как дикие животные». В действительности все наоборот. Если бы взрослые потрудились взглянуть на то, как

в действительности ведут себя дикие животные, то обнаружили бы, что сами и являются дикими животными. Именно они пытаются ограничить стремление молодежи к исследованию нового и поддаются на приманку уютного примитивного консерватизма. К счастью для рода человеческого, всегда находится достаточное количество взрослых, которые сохраняют молодую изобретательность и пытливость и способствуют дальнейшему развитию и прогрессу.

Когда мы смотрим на играющих молодых шимпанзе, нас сразу поражает сходство поведения их и наших детей. И тех и других восхищают новые «игрушки». Они охотно набрасываются на них, поднимают их ввысь, роняют, ломают, разбирают на части. И те и другие придумывают немудрёные игры. Их интерес к окружающему миру столь же велик, как и у нас; и в первые годы жизни шимпанзе нисколько не отстают от нас, даже опережают, поскольку мускулатура у них развивается быстрее. Однако спустя некоторое время они начинают уступать нам. Их мозг недостаточно развит, чтобы использовать хороший задел. Они не в состоянии сосредоточиваться на чем-либо, развитие их умственных способностей отстает от роста тела. Прежде всего они не способны подробно сообщить родителям о своих открытиях.

Лучший способ понять это различие – обратиться к характерному примеру. Очевидно, речь пойдет о рисовании или вычерчивании фигур. В качестве модели поведения такая деятельность в течение многих тысячелетий остается чрезвычайно важной для нашего вида, доказательством чего являются доисторические останки, обнаруженные в Альтамире и Ласко.



Рисунок первобытного человека (пещера Альтамира) .

Имея такую возможность и подходящие материалы, молодые шимпанзе, как и мы, увлеченно проверяют свои визуальные возможности, нанося метки на чистом листе бумаги. Возникновение такого интереса имеет определенное отношение к принципу исследования, сопровождающегося вознаграждением, которое состоит в том, чтобы получить непропорционально большой результат, приложив сравнительно незначительные усилия. Это можно наблюдать в самых разных игровых ситуациях. Мы можем разбиться в лепешку, взявшись за какое-то дело, однако наибольшее удовле-

творение приносят нам такие действия, отдача от которых превосходит всякие ожидания. Назовем этот принцип «принципом халявы». Как шимпанзе, так и дети любят колотить по различным предметам, отдавая предпочтение тем из них, которые производят больше шума при незначительных усилиях. Наибольший интерес вызывают мячи, взлетающие очень высоко, стоит их едва тронуть; воздушные шары, которые отскакивают в дальний угол комнаты при малейшем прикосновении; песок, который легко лепится; игрушки на колесиках, которые катятся далеко, стоит их легонько толкнуть.

Впервые получив карандаш и бумагу, ребенок оказывается в несколько затруднительном положении. Лучшее, что он может сделать, это постучать по бумаге карандашом. И тут его ожидает приятный сюрприз. Постукивание не только производит шум, но и дает результаты. Кончик карандаша оставляет след на бумаге. Получается линия.

Наблюдать, как делает свое первое открытие начинающий художник – будь то шимпанзе или ребенок – увлекательное зрелище. Широко раскрытыми глазами он изучает линию, заинтригованный неожиданным и наглядным результатом своей работы. Понаблюдав, он повторяет эксперимент. Разумеется, у него получается то же самое во второй раз, и в третий, и в четвертый. Вскоре исчеркан весь лист. Со временем сеансы рисования становятся более увлекательными. Вместо одиночных линий, проведенных одна за другой, появляется лист, испещренный каракулями. Если есть выбор, то предпочтение отдается цветным карандашам, мелкам, краскам, потому что в результате линии получаются ярче, чем карандашные, и занимают больше места на бумаге.

Интерес к таким занятиям впервые появляется как у ребенка, так и у шимпанзе приблизительно в полтора года. Но только на третьем году жизни ребенок начинает смело и уверенно вычерчивать многочисленные линии. В три года малыш с нормальным развитием переходит на новый этап как художник: он начинает упрощать свои замысловатые каракули. Из захватывающего хаоса он начинает извлекать основные формы. Экспериментирует с крестиками, затем с кружочками, квадратами и треугольниками. Проводит извилистые линии по всему листу, пока они у него не соединятся. Получаются очертания какой-то геометрической фигуры.

В последующие месяцы эти простые формы сочетаются между собой, в результате чего возникают примитивные абстрактные рисунки. Это важный этап, предшествующий самому первому живописному изображению. Прорыв этот происходит во второй половине третьего или в начале четвертого года жизни ребенка. С шимпанзе такого не происходит никогда. Молодому шимпанзе удастся изобразить линии, расположенные веером, крестики, кружки; он может даже нарисовать законченный круг, но дальше этого дело у него не пойдет. Это особенно досадно, потому что «законченный круг» представляет собой ступень, предшествующую самому раннему рисунку ребенка со средними дарованиями. Внутри круга помещаются несколько линий или пятен, и – о чудо! – на младенца-художника с листа смотрит лицо. На ребенка снисходит озарение. Этап экспериментирования с абстрактными фигурами или придумывания узоров остался позади. Впереди новая задача – усовершенствование рисунка. Появляются новые лица, качеством получше – с глазами, со ртом в нужном месте. Добавляются детали: волосы, уши, нос, руки и ноги. Рождаются другие образы: цветы, дома, животные, корабли, автомобили. До таких высот, на наш взгляд, молодому шимпанзе никогда не подняться. После того как достигнута вершина творчества обезьяны – нарисован круг и отмечена его внутренняя часть, – продолжает расти само животное, но не его мастерство. Возможно, когда-нибудь и появится шимпанзе-гений, только едва ли такое случится.

У ребенка фаза воспроизведения еще впереди, однако, хотя именно она является главной областью открытий в графике, по-прежнему дает себя знать стремление к абстрактной живописи. Происходит это, главным образом, в возрасте от пяти до восьми лет. В этот период получают особенно удачные работы, по-

сколько они основаны на солидном опыте. Художественные образы все еще очень примитивны и удачно сочетаются с созданными уверенной рукой композициями фигур и узоров.



Детский рисунок в 5 лет.

Интригует процесс, во время которого круг с точками внутри превращается в полноценный портрет. Открытие, что он видит лицо, не сразу приводит к усовершенствованию. Разумеется, именно это является главной целью творчества, но достигается она лишь со временем (фактически, на это уходит свыше десятка лет). Для начала нужно подправить основные детали портрета: кружочками изобразить глаза, жирной горизонтальной линией – рот, двумя точками или кружком обозначить нос. От наружного круга во все стороны топорщатся волосы. Теперь можно сделать паузу. Ведь лицо – это самая главная и привлекательная деталь мамы. По крайней мере с визуальной точки зрения. Правда, спустя некоторое время делается еще один шаг вперед. Совсем просто, удлинив некоторые волоски, можно приделать к этому лицу-фигуре руки и ноги. На тех и на других нарисовать пальцы. На этом этапе главные очертания фигуры все еще основаны на круге, появившемся до того, как мы научились создавать образы. Это старый друг, с которым не сразу расстанешься. Превратившись в лицо, круг этот стал одновременно и туловищем. Похоже, в данный момент ребенка не смущает, что на его рисунке руки приделаны к голове. Однако не может же этот круг существовать вечно. Подобно биологической клетке, он должен делиться и создавать другой круг. Или же две линии, обозначающие ноги, должны соединяться где-то чуть выше ступней. Туловище можно изобразить одним из этих двух способов. В любом случае руки остаются как бы не при деле и торчат из головы в обе стороны. Там они будут оставаться еще долгое время, прежде чем опустятся вниз и займут более правильное положение, вырастая из верхней части туловища.

Увлекательное зрелище – наблюдать, как делаются эти медленные, один за другим, шаги, как наш исследователь неустанно движется вперед. Постепенно вырастают все новые формы и их сочетания, всевозможные образы, используются более сложные цвета и различные текстуры. Со временем появляется правдивое изображение, и точные копии картин окружающего мира можно запечатлеть и перенести на бумагу. Но на этом этапе первоначальный исследовательский характер деятельности подавляется настоятельными требованиями передачи художественной информации. Прежние картины и рисунки как молодого шимпанзе, так и ребенка не

имели ничего общего с актом общения. Это был акт открытия, изобретения, проверки возможностей различных художественных приемов. Это была «живопись-действие», а не сигнализация. Она не требовала никакого вознаграждения, она сама была наградой, игрой ради игры. Однако, подобно многим аспектам детской игры, эта живопись вскоре сливается с другими взрослыми занятиями. В дело вмешивается социальная информация, и первоначальный элемент изобретательного начала утрачивается. Исчезает удовольствие от того, чтобы «прогуляться карандашом по бумаге». Большинство взрослых допускают его появление вновь лишь тогда, когда машинально чертят что-то во время разного рода заседаний. (Это не значит, что изобретательство стало им чуждо. Просто эта область графики сместилась в сторону более сложных, технологических сфер.)

К счастью для живописи и графики, как искусства творческого поиска, в настоящее время разработаны гораздо более эффективные технические методы воспроизводства картин окружающей нас среды. «Информационная живопись» стала вчерашним днем благодаря фотографии и аналогичным искусствам. Таким образом были разорваны тяжкие оковы ответственности, так долго связывавшие и увечившие взрослое искусство. Отныне живопись может продолжать свой поиск, но на этот раз в своей зрелой, «взрослой» форме. Едва ли стоит об этом говорить, но именно этим она сейчас и занимается. Я остановился на этом конкретном примере исследовательского поведения, потому что в нем очень четко прослеживается разница между нами и нашими ближайшими сородичами – шимпанзе. Аналогичные сравнения можно провести и в других сферах. Об одной или двух из них стоит вкратце упомянуть. Исследование мира звука свойственно обоим видам. Как мы уже убедились, вокальные изыски по какой-то причине совершенно чужды шимпанзе, однако «ударные инструменты» играют в его жизни важную роль. Молодые шимпанзе часто пытаются выяснить, сколько шума можно произвести, колотя дубиной, топая ногами, хлопая в ладоши. Повзрослев, эти опыты они превращают в продолжительные групповые концерты. Одна за другой обезьяны принимаются топать, визжать, срывать листья, лупить по полым пням и стволам деревьев. Такие коллективные представления могут продолжаться по полчаса, а то и дольше. Какова их цель, точно не известно, однако в результате такие «концерты» взвинчивают членов сообщества. Среди представителей нашего вида игра на барабанах также является наиболее распространенной формой самовыражения посредством музыки. С нами это происходит рано, когда наши дети принимаются проверять ударные свойства окружающих предметов – точь-в-точь, как шимпанзе. Но если шимпанзе умеют лишь элементарно отбивать такт, то мы усложняем барабанный бой замысловатыми ритмами, добавляя дробь и повышая тональность звуков. Кроме того, мы производим шум, дуя в пустотелые предметы, царапая и пощипывая куски металла. Вопли и гуденья шимпанзе у нас превращаются в витиеватое пение. Развитие сложных музыкальных форм у более примитивных социальных групп, по-видимому, играло ту же роль, что и сеансы барабанного боя и гуденья у шимпанзе, а именно – всеобщее возбуждение. В отличие от живописи, этот вид деятельности не предназначался для широкомасштабной передачи подробной информации. Оповещение посредством установленных сигналов с помощью барабанного боя было исключением из этого правила, однако сплошь и рядом музыка развивалась как средство создания определенного настроения в обществе и как синхронизатор действий толпы. Однако содержащийся в ней элемент изобретательства и поиска все более усиливался, и освобожденная от всяких «изобразительных» обязанностей музыка стала важной ареной эстетического экспериментирования. (Благодаря своим прежним информационным функциям живопись лишь теперь сравнялась с ней.)

Танцы, по существу, проделали тот же путь, что музыка и пение. Во время сеансов игры на барабанах шимпанзе совершают множество танцевальных движений: раскачиваются из стороны в сторону, двигаются то вперед, то назад, как бы исполняя джигу. Такие же движения, под настроение, совершаем и мы во время му-

зыкальных концертов. Подобная музыка совершенствовалась и превращалась в сложные для эстетического восприятия произведения.

С танцами тесно ассоциируются повсеместные занятия гимнастикой. Ритмические физические упражнения присутствуют в играх как молодых шимпанзе, так и детей. Гимнастические упражнения вскоре становятся стилизованными (аэробика), но сохраняют элемент разнообразия даже в тех структурированных формах, которые они принимают. Однако у шимпанзе игры не развиваются, а просто сходят на нет. Напротив, мы изучаем возможности физических занятий до конца и, став взрослыми, превращаем их во множество сложных упражнений и различные виды спорта. Они играют важную синхронизирующую роль, но являются главным образом средством сохранения и развития физических возможностей.

Письмо – формализованная разновидность искусства и средство вербализованной звуковой информации – возникло, разумеется, как основной для нас способ передачи и регистрации сведений. Оно также широко используется как инструмент эстетических исследований. Превращение нашего первобытного ворчания и попискивания в сложную, с использованием символов речь позволило нам сидеть себе и «играть» мыслями, приходящими нам в голову, а также сочетаниями слов (главным образом, поучительными), и затем, поставив перед собой определенные задачи, использовать эти сочетания как своего рода эстетические экспериментальные игрушки.

Итак, во всех этих областях – в живописи, скульптуре, рисовании, музыке, пении, танцах, гимнастике, играх, спорте, письме, речи – мы можем сколько душе угодно, всю свою долгую жизнь развивать самые сложные и специализированные формы исследований и экспериментирования. Посредством сложных методов обучения, в качестве исполнителей и наблюдателей, мы можем оттачивать свою восприимчивость к гигантскому исследовательскому потенциалу, который заключен в упомянутых занятиях.

Оставим в стороне побочные задачи таких видов деятельности (зарабатывание денег, приобретение общественного статуса и т. д.), с биологической точки зрения они оказываются продолжением – уже во взрослой жизни – детских игровых штампов или наложением «правил игры» на взрослые информационно-коммуникационные системы. Эти правила можно сформулировать следующим образом:

- 1) исследовать незнакомое, пока оно не станет знакомым;
- 2) накладывать ритмические повторы на знакомое;
- 3) всевозможными способами варьировать эти повторы;
- 4) выбирать наиболее удовлетворительные из этих вариантов и развивать их в ущерб другим;
- 5) сочетать и комбинировать эти варианты;
- 6) делать все это самоцелью.

Эти принципы в полной мере применимы ко всей шкале ценностей, идет ли речь о ребенке, который возится в песке, или о композиторе, сочиняющем симфонию.

Особенно важно последнее правило. Исследовательское поведение играет известную роль в основных способах борьбы за выживание, таких как питание, силовое самоутверждение, спаривание и так далее. Но здесь оно ограничено ранними потребительскими этапами деятельности индивида и приспособлено к его специфическим запросам. Для многих видов животных такое поведение этим и ограничивается. Ни о каком исследовании ради исследования речи не идет. Однако среди высших млекопитающих, в особенности среди людей, тяга к исследованиям превратилась в настоящую потребность. Ее задача в том, чтобы обеспечить нам, по возможности, самое тонкое и всестороннее понимание окружающего нас мира и наших возможностей относительно него. Понимание это усиливается не в специальном контексте выживания, а в общих категориях. Следовательно, то, что мы таким образом приобретаем, может быть применимо повсюду, в любое время, при

любых обстоятельствах.

Я опустил тему успехов науки и промышленности, потому что она связана, главным образом, с развитием специфических методов, используемых для достижения главных целей, направленных на выживание вида, таких как борьба за существование (вооружение), обеспечение питанием (сельское хозяйство), создание домашнего очага (архитектура) и забота о здоровье (медицина). Впрочем, интересно отметить, что со временем, по мере все большего взаимопроникновения технических достижений, тяга к чистым исследованиям проникла и в область науки. В научном поиске – само слово «поиск» происходит от глагола «искать» – по существу, используется тот же игровой принцип, о котором уже упоминалось. Производя «поиск в чистом виде», ученый использует свое воображение, как и художник. Он говорит о красоте эксперимента, а не о его пользе. Исследования интересуют его как таковые, как процесс, равно как и художника – творчество. Если результаты его трудов оказываются полезными с точки зрения конкретной проблемы выживания, тем лучше, но это лишь на втором плане.

В любой исследовательской работе, будь то художественная или научная деятельность, всегда происходит борьба неофильского начала с неофобским. Первое подталкивает нас к проведению новых опытов, заставляет жаждать новизны. Второе тянет нас назад, заставляет укрываться в привычном. Мы разрываемся на части между стремлением испытать восхитительные новые ощущения – с одной стороны, и предаться привычным ощущениям – с другой. Если мы утратим неофилию, начнется застой. Если утратим неофобию, то сломя голову помчимся навстречу беде. Такое противоречивое поведение не только объясняет наблюдаемые изменения в стиле причесок и одежде, мебели и автомобилей. Оно является сутью нашего культурного прогресса. Мы исследуем и оказываемся на старых позициях, изучаем и стабилизируемся. Шаг за шагом мы расширяем осознание и понимание самих себя и сложного окружающего мира, в котором живем.

Прежде чем покончить с этой темой, укажем на один последний аспект исследовательской деятельности, который нельзя оставить без внимания. Он касается критической фазы социальной игры в детский период. В младенчестве непосредственным объектом социальной игры ребенка являются, главным образом, его родители. Однако по мере его подрастания упор смещается от родителей к его сверстникам. Ребенок становится участником детской «игровой группы». Это критический шаг в его развитии. Будучи частью исследовательской работы ребенка, этот этап приобретает важное значение в его дальнейшей жизни как личности. Разумеется, все виды исследований в этом нежном возрасте имеют далеко идущие последствия: ребенок, который не изучает возможности музыки или живописи, столкнется с трудностями, осваивая эти виды деятельности, когда станет взрослым. Однако личные игровые контакты важнее всех прочих. Скажем, взрослый, начавший заниматься музыкой впервые в жизни, не имея такого опыта в детстве, может столкнуться с проблемами. Однако положение его не безнадежно. Зато ребенок, лишенный социального контакта как представитель игровой группы, став взрослым, всегда будет встречать затруднения при социальных взаимодействиях. Опыты с обезьянами показали, что изоляция в детстве не только обуславливает социальную замкнутость во взрослой жизни, но и приводит к появлению индивида, враждебно относящегося к вопросам пола и родительским обязанностям. Обезьяны, воспитанные в изоляции от остальных детенышей, не могли участвовать в групповых играх после того, как получили такую возможность в подростковом возрасте. Хотя изолированные особи были физически здоровы и достигли нужного роста, живя в изоляции, они не смогли постоять за себя в драке. Скорчившись, они неподвижно сидели, забившись в угол игровой комнаты, как правило, прижимая руки к туловищу или закрывая ими глаза. Повзрослев, такие индивиды, несмотря на то, что были вполне здоровы, не проявляли никакого интереса к своим сексуальным партнерам. После принудительного спаривания самки производили нормальное

потомство, но затем стали относиться к своим детенышам так, словно это были огромные паразиты, ползающие у них по телу. Они нападали на своих чад, прогоняли их, а затем или убивали, или не обращали на них никакого внимания.

Аналогичные эксперименты с молодыми шимпанзе показали, что с помощью продолжительной реабилитации и особого ухода можно в известной степени ликвидировать этот поведенческий ущерб, последствия которого нельзя недооценивать. Если же говорить о нашем виде, то излишне опекаемые дети всегда будут испытывать свою ущербность, став взрослыми. (Это особенно важно знать, когда в семье единственный ребенок и отсутствие братьев и сестер с самого начала ставит его в невыгодное положение.) Если они не подвергаются уравнивающему воздействию детских игровых групп с их стычками и ссорами, то они до конца жизни останутся робкими и замкнутыми; создание пары для них станет трудным, а то и вовсе невозможным, родители же из них, если им удастся стать таковыми, получатся никудышные.

Отсюда ясно, что процесс воспитания включает две отдельные фазы: одну – раннюю, ориентированную внутрь, и вторую – позднюю, ориентированную наружу. Обе они жизненно важны. Мы можем многое узнать о них, изучая поведение обезьян. На первом этапе жизни мать любит детеныша, вознаграждает и охраняет его. Он чувствует себя защищенным. На следующем этапе поощряется его самостоятельность, он должен участвовать в социальных контактах со своими сверстниками. Мать сокращает проявления своей любви и ограничивает защиту детеныша теми моментами, когда возникает паника или когда колонии угрожает серьезная внешняя опасность. Мать может даже наказать подросшее чадо, если оно будет цепляться за нее, когда нет никаких причин для опасения. Тогда детеныш начинает сознавать свою независимость и воспринимать это как нечто неизбежное.

Точно такой должна быть и ситуация с человеческими детенышами. Если одна из этих фаз будет нарушена по вине родителей, то ребенок всю дальнейшую жизнь будет попадать в беду. Если он был лишен начальной фазы – фазы безопасности, но оказался достаточно активен в фазе независимости, он сумеет довольно легко установить новые социальные контакты, но не сумеет их сохранить или придать им глубину. Если же ребенок чувствовал свою защищенность в раннем детстве, а затем его чересчур опекали, то, когда он станет взрослым, ему будет крайне трудно установить новые контакты и он будет отчаянно цепляться за прежние.

Если внимательнее взглянуть на наиболее типичные случаи ухода от общества, можно обнаружить признаки поведения, направленного против всяческих исканий, в самой экстремальной и характерной форме. По-настоящему замкнутые индивиды могут стать социально пассивны, но зато физически они активны. Их преследуют стереотипы повторного действия. Час за часом они раскачиваются взад и вперед или из стороны в сторону, кивают или качают головой, вращаются вокруг оси или подергиваются всем телом, обхватывают себя руками, затем разжимают объятия. Могут сосать палец, тыкать себя в бок или щипать, то и дело корчить гримасы, ритмически постукивать какими-нибудь мелкими предметами или катать их. У всех иногда появляется «тик» такого рода, но у данных индивидов это становится главной и продолжительной формой физических упражнений. Они находят окружающий мир настолько угрожающим, а социальные контакты настолько пугающими и невозможными, что ищут утешения и опоры в собственном поведении, делая его чересчур знакомым. Ритмическое повторение какого-либо действия делает мир все более знакомым и «безопасным». Вместо того чтобы выполнить множество самых разных действий, нелюдим держится за те, которые ему больше всего знакомы. Старая поговорка: «Кто не рискует, тот не выигрывает» у него превратилась в другую: «Кто не рискует, тот ничего не теряет».

Я уже отмечал успокаивающее действия ритма сердцебиения. Это применимо и к данному случаю. Создается впечатление, что многие из упомянутых действий происходят с частотой сердцебиения. Даже те, которые не совпадают с его ритмом,

действуют успокоительно вследствие их привычности, обусловленной частыми повторами. Замечаю, что у социально отсталых индивидов их стереотипы поведения усугубляются, когда их помещают в незнакомую комнату. Такое явление согласуется с гипотезой, выдвинутой нами. Новизна обстановки усиливает неофобские страхи, и, чтобы исправить положение, требуются дополнительные усилия.

Чем чаще повторяется стереотип, тем больше он походит на искусственно воспроизведенный звук биения материнского сердца. Он становится настолько близким, что действие его отныне необратимо. Даже если причина, вызывающая неофобию, устраняется (что сделать достаточно трудно), нелюди могут продолжать дергаться.

Как я уже говорил, такие «тики» время от времени могут появляться и у социально приспособленных индивидов. Обычно это происходит в стрессовых ситуациях, и такие действия успокаивают их. Всем нам известны признаки волнения. Ответственный служащий, ожидающий важного телефонного звонка, постукивает или барабанит по столу; женщина, ожидающая приема у врача, соединяет и разъединяет пальцы, в которых держит сумочку; смутившийся ребенок раскачивается из стороны в сторону; будущий отец ходит взад и вперед; студент на экзамене грызет карандаш; встревоженный офицер поглаживает усы. В небольших дозах такие действия полезны. Они помогают нам справляться с предстоящей «излишней дозой новизны». Однако, если ими пользоваться слишком часто, возникает опасность, что они станут необратимыми и навязчивыми и будут возникать даже без всякой необходимости.

Стереотипы возникают также в условиях крайней скуки. Это можно наблюдать как у животных в зоопарке, так и у представителей нашего вида. Такие действия могут достигать ужасающих пропорций. Дело в том, что пойманные животные могли бы иметь социальные контакты, будь у них такая возможность, но они физически лишены ее. По существу, возникает такая же ситуация, как и в добровольном уходе в себя. Ограниченное пространство клетки лишает контактов и приводит животных к социальной изоляции. Прутья клетки зверинца представляют собой вещественный эквивалент психологических барьеров, с которыми сталкивается социально замкнутый индивид. Такая преграда является мощным средством подавления исследовательского инстинкта, и животное, попавшее в зверинец, лишенное возможности исследовать окружающий мир, начинает самовыражаться единственным доступным ему способом, вырабатывая ритмичные стереотипы. Нам всем знакомо зрелище животного, раскачивающегося взад и вперед по клетке, но это лишь один из вариантов поведения пленника. Подчас может происходить имитация мастурбации: животное даже не прикасается к своему пенису. Индивид (обычно мелкая обезьяна) только двигает рукой взад и вперед, не дотрагиваясь до члена. Некоторые обезьяны-самки то и дело сосут свои груди. Молодые животные сосут лапы. Шимпанзе могут засовывать солому себе в уши (вовсе не больные). Слоны, бывает, часами кивают головой. Некоторые звери то и дело кусают себя или рвут на себе шерсть. Может дойти и до нанесения серьезных увечий. Некоторые реакции такого рода возникают в стрессовых ситуациях, но зачастую животные совершают такие действия просто от скуки. Когда нет разнообразия в окружающей среде, стремление к поиску сходит на нет.

Наблюдая за изолированным животным, совершающим одно из таких стереотипных действий, нельзя установить наверняка, что именно является причиной его ненормального поведения. Ею может быть скука, а возможно, и стресс. Если это стресс, то он может быть вызван только что возникшей ситуацией, а может оказаться и постоянным состоянием, обусловленным ненормальным воспитанием. Ответ можно получить, проведя ряд простых опытов. Если в клетке оказывается какой-нибудь незнакомый предмет, стереотипное поведение прекращается, а животное начинает проявлять интерес к данному предмету, то очевидно, что оно было вызвано скукой. Если же стереотипные действия учащаются, то они – результат

стресса. В случае, если они не прекращаются и после того, как в клетку поместили других особей того же вида, создав таким образом нормальную социальную среду, то у индивида со стереотипным поведением почти наверняка было детство, проведенное в изоляции.

Все эти зоологические особенности можно наблюдать и у представителей нашей расы (возможно, потому мы и спроектировали зверинцы такими похожими на наши города). Они должны служить нам уроком и напоминать о настоятельной необходимости установления равновесия между нашими неагрессивными и агрессивными наклонностями. Если же мы этого не сделаем, то не сможем функционировать надлежащим образом. Наша нервная система сделает все, что в ее силах, однако результаты окажутся жалким подобием нашего подлинного потенциала.

САМОУТВЕРЖДЕНИЕ

Если мы хотим понять природу нашей агрессивности, то должны рассматривать ее с точки зрения нашего животного происхождения. Как вид, мы в настоящее время так озабочены расширением массового производства вооружений, что склонны утрачивать свою объективность, когда обсуждаем этот вопрос. Как известно, самые уравновешенные интеллигенты зачастую становятся до нетерпимости агрессивны, когда заходит речь о настоятельной необходимости покончить с агрессивностью. Это неудивительно. Мы, мягко выражаясь, попали в неприятное положение и, весьма вероятно, когда-нибудь сами уничтожим себя. Единственное утешение заключается в том, что мы интересно прожили свой век. Век оказался не таким уж и долгим, если говорить о нашем виде, зато удивительно насыщенным событиями. Однако прежде чем рассматривать наши странные способы усовершенствования средств нападения и защиты, мы должны изучить природу насилия в мире животных, не имеющих ни копий, ни пушек, ни бомб.

Животные дерутся между собой по двум весьма веским причинам: или с целью утвердить свое главенство в социальной иерархии, или же защитить право на владение каким-либо участком территории. Некоторые виды животных сугубо иерархичны и не имеют определенной территории. Другие сугубо территориальны и не имеют проблем с иерархией. У третьих существует иерархия на их территориях, и они вынуждены бороться с обеими формами агрессивности. Мы принадлежим к последней группе и являемся как субъектами, так и объектами этой борьбы. Как приматы, мы уже испытали бремя иерархической системы. Это основной принцип жизни приматов. Группа животных постоянно перемещается, слишком редко задерживаясь на одном месте надолго, чтобы им понадобилось закреплять за собой определенную территорию. Между отдельными группами могут возникать конфликты, но они бывают недостаточно организованными, кратковременными и играют сравнительно незначительную роль в жизни обычной обезьяны. Зато иерархия в стае (очередность клевка, поскольку эта проблема впервые обсуждалась в отношении кур) имеет важное значение в ее каждодневной, даже ежеминутной, жизни. У большинства мелких и крупных обезьян существует твердо установившаяся социальная иерархия. Причем во главе группы стоит вождь-самец, а остальные подчинены ему согласно разным степеням субординации. Когда он становится слишком стар или слаб, чтобы поддерживать свое главенство, его свергает более молодой и сильный самец, который затем облачается в мантию властелина колонии. (В некоторых случаях узурпатор в буквальном смысле украшает себя мантией, отращивая гриву волос, ниспадающих ему на плечи.) Поскольку группа всегда держится вместе, роль тирана требует постоянного вмешательства в ее дела. Однако при всей своей занятости он неизменно остается самым откормленным, ухоженным и сексуальным самцом в колонии. Не все виды приматов прибегают к жестокости, утверждая свое первенство в социальной иерархии. Почти всегда появляется тиран, но иногда это благожелательный и довольно терпимый тиран, как это произошло с могу-

чей гориллой. Он делится самками с самцами меньшего калибра, щедр при распределении пищи и утверждает свою власть лишь в том случае, когда речь заходит о чем-нибудь таком, чем делиться нельзя, когда замечает признаки назревающего мятежа или когда начинаются распри между более слабыми самцами.

После того как голая обезьяна стала участником совместной охоты с постоянной базой, первоначальную систему, совершенно очевидно, следовало изменить. Как и сексуальное поведение, свойственную приматам систему пришлось реформировать в соответствии с принятой на себя ролью плотоядного животного. Сообществу пришлось стать территориально-зависимым. Ему потребовалось защищать район, прилегающий к его постоянной базе. Благодаря коллективному характеру охоты это нужно было осуществить в групповом, а не в индивидуальном порядке. Внутри группы понадобилось значительно видоизменить систему тиранической иерархии обычной колонии приматов, чтобы обеспечить во время охоты полное сотрудничество более слабых представителей колонии. Но такую иерархию нельзя было ликвидировать полностью. Понадобилась более либеральная форма иерархии с сильными членами сообщества и вожаком во главе, чтобы можно было принимать жесткие решения, даже если этот вожак был вынужден учитывать мнения своих подчиненных гораздо чаще, чем это сделали бы его волосатые предки, обитавшие в лесных чащах.

Помимо групповой защиты территории и иерархической организации, продолжительная зависимость молодежи от родителей, вынуждающая нас создавать парные семейные ячейки, требовала еще одной формы самоутверждения. Будучи главой семьи, каждый самец должен был защищать свою собственную индивидуальную базу, расположенную внутри общей базы колонии.

Поэтому у нас существуют три вида агрессивности, а не обычные один или два. Как мы знаем по собственному опыту, несмотря на сложные отношения внутри нашего общества, они до сих пор проявляются очень ярко.

Как же проявляет себя агрессивность? Каковы поведенческие модели? Каким образом мы страшаем друг друга? Снова приходится сравнивать себя с другими животными. Когда в млекопитающем просыпается агрессия, в его организме происходит ряд коренных физиологических изменений. С помощью автономной нервной системы весь механизм должен быть настроен на действие. Эта система состоит из двух противоположных и взаимно уравнивающих подсистем – симпатической и парасимпатической. Первая обеспечивает подготовку организма к энергичным действиям. Вторая имеет своей задачей сохранение и восстановление ресурсов тела. Первая как бы заявляет: «Ты готов к битве, принимайся за дело». Вторая же говорит: «Спокойно, расслабься и береги силы». В обычных условиях организм прислушивается к обоим этим голосам, и между ними сохраняется равновесие. Однако в случае крайне агрессивного настроения он повинует только симпатической системе. Когда она приходит в действие, в кровь впрыскивается адреналин и вся система кровообращения претерпевает значительные изменения. Усиливается сердцебиение, от кожных покровов и внутренних органов кровь поступает в мышцы и мозг. Повышается кровяное давление. Резко увеличивается производство красных кровяных телец. Уменьшается время свертываемости крови. Кроме того, прекращается процесс переваривания и усвоения пищи. Ограничивается слюноотделение. Замедляется работа желудка, движение желудочных соков и перистальтика кишечника. Содержимое прямой кишки и мочевого пузыря опорожняется труднее, чем в нормальных условиях. Углеводы подаются из печени в кровь, обогащая ее сахаром. Значительно усиливается вентиляция легких. Дыхание учащается и становится более глубоким. Включаются механизмы, регулирующие температуру тела. Шерсть встает дыбом, и начинается обильное потоотделение.

Все эти изменения помогают животному подготовиться к битве. словно по волшебству, тотчас пропадает усталость и появляется масса энергии, необходимой для предстоящей физической борьбы за выживание. Мощными потоками кровь пода-

ется туда, где она нужнее всего: в мозг – для скорейшего обдумывания решений, и в мускулы – для энергичных действий. Увеличение содержания сахара в крови усиливает мышечную активность. Ускорение процесса свертываемости крови означает, что в том случае, если при столкновении будет пролита кровь, то она коагулирует быстрее и ее потеря уменьшится. Повышенная отдача селезенкой кровяных телец в сочетании с увеличенным объемом помогает органам дыхания ускорить поступление кислорода в организм и вывод из него углекислого газа. Встав дыбом, шерсть обнажает кожу, что, как и потоотделение, способствует охлаждению тела. Поэтому уменьшается опасность его перегрева вследствие буркой деятельности животного.

После того как все жизненно важные системы приведены в действие, оно готово броситься в бой. Но тут происходит загвоздка. Ожесточенное сражение может привести к желанной победе, но при этом серьезные раны может получить и победитель. Противник неизменно вызывает не только агрессивность, но и страх. Агрессивность подстрекает животное к столкновению, страх удерживает от него. Возникает конфликтная ситуация. Как правило, животное, настроенное на драку, сразу в нее не лезет. Оно начинает с угроз. Противоречивые чувства удерживают его, решившего сразиться, но еще не готового к тому, чтобы напасть. Если же, находясь в таком состоянии, оно сумеет напустить страху на супостата и тот отступит, это будет наилучшим выходом из положения. Победу можно одержать и без пролития крови. Данный вид в состоянии решать споры между своими представителями без причинения ими излишнего ущерба друг другу и явно извлекает из этого пользу.

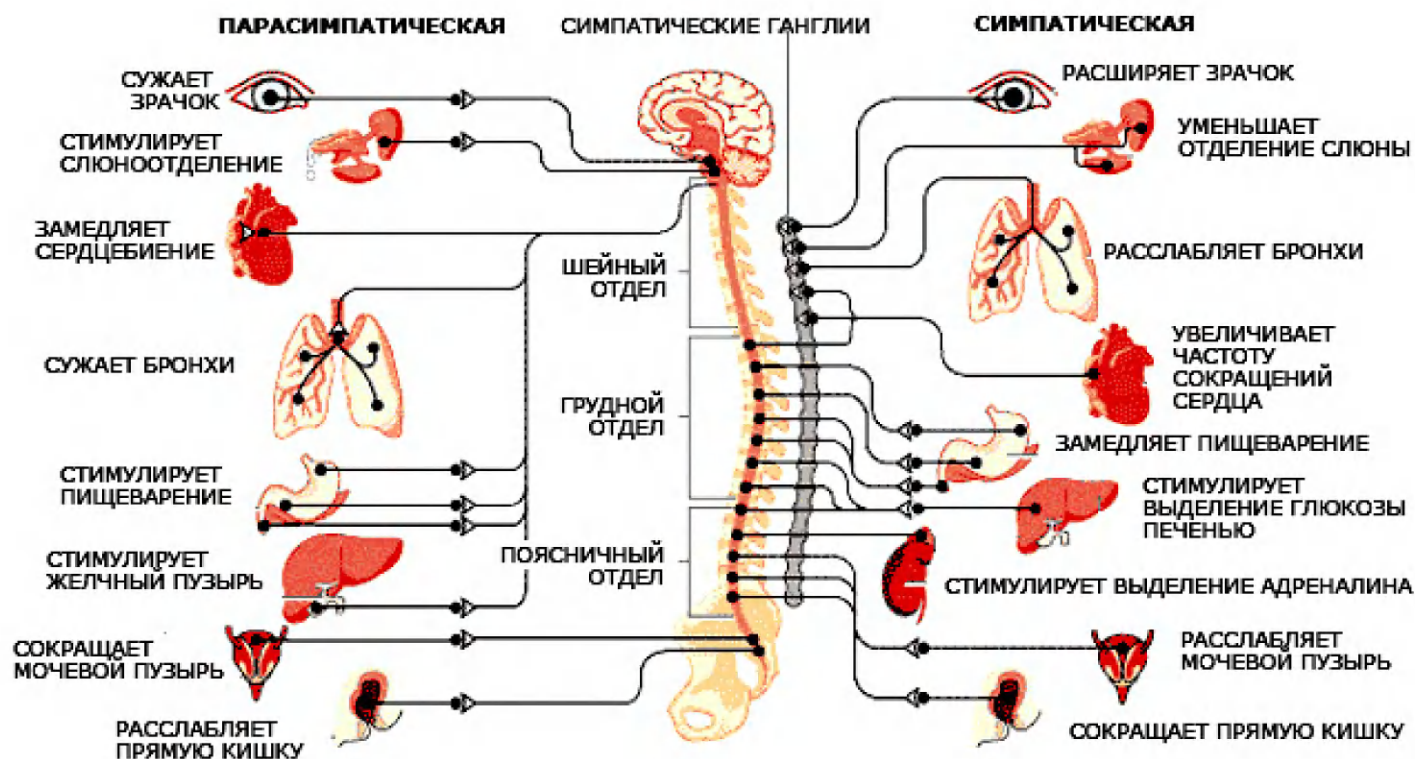
Среди представителей высших животных наблюдается явная тенденция в этом направлении, когда предпочитается ритуальная схватка. Физическое противостояние сплошь и рядом вытесняется угрозами и угрожающими действиями. Конечно же, время от времени кровавые столкновения все-таки происходят. Но это случается лишь при крайней необходимости, после того как с помощью агрессивных сигналов и ответных угроз не удалось уладить спор. Серьезный характер внешних признаков физиологических изменений, которые я описал выше, указывает противнику, сколь энергично агрессивное животное готовится к стычке.

С поведенческой точки зрения этот механизм срабатывает великолепно, но с физиологической точки зрения он создает известного рода проблему. Все системы организма настроены на полную отдачу энергии. Однако ожидаемой разрядки напряжения не происходит.

Как же справляется с такой ситуацией автономная нервная система? Она отправила всех своих бойцов на передовую готовыми к бою, но, как оказалось, они одним лишь своим появлением выиграли битву. Что же теперь происходит?

Если бы столкновение произошло в результате мощного включения симпатической нервной системы, то вся энергия организма, заряженного ею, была бы использована полностью. После того как энергия была израсходована, включилась бы парасимпатическая система, которая постепенно вернула бы организм в спокойное состояние. Но в состоянии напряженности, когда агрессивность борется со страхом, все оказывается в подвешенном состоянии. В результате парасимпатическая система отчаянно борется, и автономный маятник начинает бешено раскачиваться взад и вперед. По мере того как проходят моменты угрозы и вторичной угрозы, мы видим, что вспышки деятельности парасимпатической системы чередуются с симптомами работы симпатической системы. Сухость во рту может смениться обильным слюноотделением. Напряженное состояние кишечника может прерваться, и произойдет внезапная дефекация. Моча, надежно удерживаемая в мочевом пузыре, может хлынуть из него потоком. Кровь, отхлынувшая от кожных покровов, может потечь вспять, и невероятная бледность сменится румянцем. На смену глубокому и частому дыханию, неожиданно прерванному, приходит хватание воздуха ртом и судорожные вздохи. Таковы отчаянные попытки парасимпатической системы бороть-

ся с активной деятельностью симпатической системы. В нормальных условиях не могло быть и речи о том, чтобы интенсивные реакции одного вида происходили бы одновременно с такими же реакциями противоположного направления. Однако в экстремальных условиях агрессивности и угрозы все мгновенно выбивается из графика. (Это может объяснить, почему под влиянием сильного шока люди падают в обморок. В таких случаях кровь, прилившая к мозгу, может отхлынуть от него столь внезапно, что это тотчас приводит к потере сознания.)



Вегетативная нервная система человека.

Что касается системы, реагирующей на угрозу, то ее наличие – это благо. Она представляет собой еще более богатый источник сигналов. В процессе эволюции эти сигналы, свидетельствующие о тех или иных настроениях, усиливались и усложнялись различными способами. Для многих видов млекопитающих дефекация и мочеиспускание стали важными способами мечения территории. Наиболее знакомый нам пример – когда домашние псы задирают ногу у столба на своем участке. Особенно стараются соперничающие псы при взаимных столкновениях. (Улицы наших городов чрезвычайно стимулируют такого рода деятельность, поскольку представляют собой территории, на которые претендуют множество соперников, поэтому каждая собака вынуждена метить своим запахом эти участки, пытаясь отстоять собственные права.) Некоторые виды животных разработали особый способ выделения экскрементов. Гиппопотам имеет специально приплюснутый хвост, которым он быстро размахивает в обе стороны в процессе дефекации. В результате фекалии разбрызгиваются веером, покрывая большую площадь. У многих животных имеются особые анальные железы, которые придают специфический запах их испражнениям.

Нарушения кровообращения, приводящие к чрезмерной блеклости или сильной красноте кожного покрова, были устранены с появлением, в качестве сигналов, обнаженных участков кожи на морде одних животных и на сиделище других. Широко разинутый рот и хрип, появляющийся в результате возникновения проблем с органами дыхания, превратились в рык, рев и многие другие звуки, выражающие агрессивность. Была выдвинута гипотеза, что эти звуки легли в основу целой сис-

темы общения посредством вокализованных сигналов. Еще один вид сигналов, обусловленных энергичным использованием дыхательных путей, – это демонстрация своей величины за счет надувания полостей. Многие животные угрожающе надуваются, для чего они могут иметь специальные надувные мешки и карманы. (Это особенно характерно для птиц, у которых имеется зоб, представляющий собой важный элемент органов дыхания.)

Агрессивное поднятие волосяного покрова привело к возникновению специальных участков, таких как холки, капюшоны, гривы и челки. Эти и другие места с волосяным покровом стали бросаться в глаза. Волосы удлинились или стали жесткими. Их окраска зачастую коренным образом изменяется, в результате чего возникает участок, значительно отличающийся по цвету от остального покрова. Когда животное в состоянии агрессии, шерсть встает дыбом, выделенные участки становятся больше и ярче, и оно сразу выглядит крупнее и опаснее.

Еще одним источником сигналов стало выделение пота животными, находящимися в состоянии агрессии. У многих из них в процессе эволюции возникли специализированные железы. Некоторые потовые железы увеличились до значительных размеров и стали выполнять функции желез секреции. У многих видов животных их можно обнаружить на морде, лапах, хвосте и других частях тела.

Все эти усовершенствования обогатили систему общения животных и сделали их сигнальный язык более гибким и многозначным. Они способствуют лучшей «читаемости» в более понятных категориях поведения агрессивно настроенного животного.

Но это лишь половина истории. До сих пор мы рассматривали только сигналы автономной системы. Кроме них, существует целый ряд других, обусловленных движениями напряженных мускулов и угрожающих поз. Автономная нервная система лишь настроила организм на энергичную работу мышц. Как же они отреагировали? Напряглись в ожидании нападения, но нападения не произошло. В такой ситуации осуществляется серия движений, выражающих агрессивность намерений, ряд неоднозначных действий, принимаются позы конфликтного порядка. Животное подергивается всем туловищем под воздействием импульсов противоположного значения – не то нападать, не то спастись бегством. Оно то устремляется навстречу противнику, то отступает, извивается всем телом, приседает, вскакивает, то снова подастся вперед, то отпрянет. Едва стремление напасть на противника начинает преобладать, как желание бежать прочь отменяет первую команду. Любое движение вспять тотчас пресекается, сменяясь наступательным порывом. В процессе эволюции такое возбужденное состояние закрепилось в особых позах, выражающих угрозу и агрессивность. Движения, обозначающие намерения животного, стали стилизованными; неоднозначные жесты превратились в ритмичное подрагивание и встряхивание. Был разработан и усовершенствован целый арсенал агрессивных сигналов.

В результате у многих животных мы можем наблюдать сложные боевые ритуалы и «танцы». Соперники кружат напротив друг друга словно на ходулях, тела их напряжены и жестки. Они могут наклонять голову, кивать, встряхиваться, вздрагивать, ритмично покачиваясь из стороны в сторону, или совершать короткие, стилизованные перебежки. Они роют лапами землю, выгибают спину дугой или опускают голову вниз. Все эти движения имеют важное информационное значение и эффективно сочетаются с сигналами автономной нервной системы, позволяющими получать представление о том, насколько стремление напасть уравнивается стремлением отступить.

Но это еще не все. Существует еще один важный источник специальных сигналов, обусловленных такой поведенческой категорией, как «отвлекающие действия». Один из необычных эффектов внутреннего конфликта состоит в том, что подчас животное начинает вести себя странно и нелогично. Создается впечатление, что животное в возбужденном состоянии, неспособное осуществить ни одно

из тех действий, которые оно отчаянно пытается совершить, находит выход своей энергии совсем в другой, совершенно не связанной с предыдущей области. Его желание спастись бегством блокирует стремление напасть на противника и наоборот, поэтому животное выражает свои эмоции иным образом. Мы можем наблюдать, как стоящие в угрожающих позах соперники неожиданно делают вид, что готовы приступить к еде, а затем внезапно вновь становятся в боевую стойку. Животные также могут чесаться, чиститься, перемежая эти занятия с типично агрессивными действиями. Некоторые животные в качестве отвлекающего маневра делают вид, что строят гнездовья, подбирая пучочки строительного материала, оказавшегося рядом, и укладывая их на место мнимого гнездовья. Другие словно бы мгновенно «засыпают», пряча голову как бы для сна, зевают или потягиваются.

Вокруг этих отвлекающих действий было много споров. Утверждалось, будто бы объективно неоправданно называть их неуместными. Дескать, если животное ест, значит, оно голодно; если чешется, то у него зуд. Подчеркивается, будто бы невозможно доказать, что принявшее угрожающую позу животное не голодно, когда делает вид, что ест, или что не испытывает зуд, когда чешется. Но это критика кабинетных ученых, которая представляется явной глупостью каждому, кто в действительности наблюдал и изучал столкновения агрессивно настроенных соперников, принадлежавших к различным видам животных. Напряжение и драматичность этих моментов таковы, что смешно предположить, что противники прервут свою «дуэль» даже на мгновение ради того, чтобы действительно поест, почесаться или поспать.

Несмотря на утверждения ученых о причинном характере механизмов, обуславливающих отвлекающие действия, ясно одно: в функциональных категориях они обеспечивают еще один источник полезных сигналов, связанных с агрессивным поведением животных. Многие из них утрируют такого рода действия, нарочито демонстрируя свою боевитость.

Следовательно, все эти действия – сигналы автономной нервной системы, движения, имитирующие агрессивность, двусмысленные позы и отвлекающие маневры – стали чем-то вроде ритуала. В результате животные располагают полным арсеналом угроз. В большинстве случаев их будет достаточно для того, чтобы решить спор между соперниками, не доводя дело до столкновения. Однако, если такая система не срабатывает, например, в условиях большой скученности, то происходит драка, и демонстрация силы сменяется ее применением. Тогда в ход идут зубы – чтобы кусать, наносить рваные или проникающие раны; голова и рога – чтобы наносить удары и колоть; туловище – чтобы таранить, толкать и теснить; ноги – чтобы когтить, пинать и бить; лапы – чтобы хватать и давить. Иногда в ход идет хвост – чтобы молотить им и хлестать. Но даже в таких случаях соперники редко убивают друг друга. Животные, выработавшие особые приемы убийства своих жертв, нечасто используют их, сражаясь с себе подобными. (Иногда допускаются серьезные ошибки, когда находят связь между поведением хищника, атакующего жертву, и поведением хищника, нападающего на соперника. Оба вида поведения сильно отличаются как побудительными причинами, так и образом действия.) Как только противник в достаточной мере подавлен, он перестает быть угрозой, и на него не обращают внимания. К чему понапрасну расходовать энергию? Поэтому ему разрешают убраться восвояси. Прежде чем рассматривать эти агрессивные действия применительно к нашему виду, следует изучить еще один аспект поведения животных. Оно связано с поведением побежденного. После того как его положение стало безвыходным, ему следует как можно скорее ретироваться. Но это не всегда осуществимо. Путь к отступлению может оказаться отрезанным. Если же проигравший – представитель сплоченной социальной группы, ему, возможно, придется не удаляться от победителя. В любом случае он должен как-то показать более сильному животному, что уже не представляет собой угрозы и не намерен продолжать стычку. Если же он покинет поле боя после того, как будет

сильно изранен или выбьется из сил, это станет вполне очевидно, и одержавший верх зверь уйдет прочь и оставит его в покое. Но если проигравший сигнализирует о том, что признает свое поражение прежде, чем его положение вконец ухудшится, то сможет избежать серьезных повреждений. Это делается с помощью демонстрации своей покорности. Особые позы и приемы умиротворяют нападающего и быстро ослабляют его агрессивность, приводя дело к мирной развязке. Делается это несколькими способами. По сути, они или выключают сигналы, вызывающие агрессивность соперника, или включают другие, определенно исключающие агрессивность. Первые служат для того, чтобы попросту успокоить более сильное животное, вторые активно помогают ему изменить настроение на мирное. Самая примитивная форма проявления подчиненности – это явная пассивность. Поскольку агрессивность связана с энергичными движениями, неподвижность автоматически означает ее отсутствие. Зачастую такая пассивность сочетается с позами работы и покорности.

Агрессивность подразумевает видимое увеличение туловища до предела, а припадание к земле – жест, имеющий противоположное значение и поэтому умиротворяющий. Если отвернуться от нападающего, то это также помогает. Используются и другие приемы. Если животное того или иного вида выражает агрессивность намерений, припадая к земле, то поднятая голова может оказать успокаивающее действие на противника. Если животное перед нападением ошетиливается, то приглаженная шерсть, напротив, демонстрирует покорность. В некоторых случаях побежденный признает свое поражение, подставляя нападающему уязвимое место. К примеру, шимпанзе протягивает ему руку, рискуя быть опасно укушенным. Поскольку обезьяна, имеющая агрессивные намерения, этого никогда бы не сделала, такой жест умиротворит доминирующее животное.

Вторая группа умиротворяющих сигналов служит для переориентирования намерений победителя. Подчинившееся животное подает сигналы, подавляющие воинственный пыл. Делается это тремя способами. Наиболее распространенным является поза молодого животного, выпрашивающего пищу. Более слабый индивид лжнет к земле и просит еду у более сильного. К такому приему особенно часто прибегают самки, подвергающиеся нападению со стороны самцов. Зачастую он оказывается настолько эффективным, что самец отгрызает часть пищи, которую и проглатывает самка, завершая таким образом ритуал. Теперь у самца появляется сугубо отеческое, покровительственное отношение к ней, и оба животных успокаиваются. Такой принцип кормления с целью ухаживания особенно распространен у птиц, когда на ранних стадиях создания пары самец часто ведет себя довольно агрессивно. Другой способ отвлечь противника от агрессивных намерений заключается в том, что более слабое животное принимает сексуальную позу. Независимо от пола, оно может неожиданно подставить противнику свой зад. Такого рода сигнал возбуждает в нападающем сексуальное желание, гасящее в нем агрессивность. В таких случаях доминирующий самец или самка залезает на побежденного самца или самку и совершает мнимое совокупление.

Третий способ умиротворения состоит в том, чтобы вызвать у победителя желание почиститься и быть почищенным. В мире животных много времени уделяется социальному или взаимному уходу за внешностью, с которым связаны яркие воспоминания о мирных временах в жизни сообщества. Более слабое животное или само сигнализирует победителю о своем желании поухаживать за его внешностью, или же просит у того разрешения заняться собственным внешним видом. К такой уловке очень часто прибегают мелкие обезьяны, для чего ими выработан особый сигнал: частое почмокивание. Это как бы модифицированный вариант обычной процедуры ухода за внешностью. Когда одна обезьяна приводит в порядок другую, она то и дело засовывает себе в рот отслоившиеся кусочки кожи и другой сор, причмокивая при этом губами. Утрируя и ускоряя такие движения, животное оповещает о своей готовности осуществить такую процедуру и нередко умудряется пода-

вить таким образом агрессивность нападающего индивида и уговорить его разрешить поухаживать за ним. Некоторое время спустя доминирующее животное настолько успокаивается, чувствуя ласковые прикосновения «цирюльника», что слабому удается ускользнуть.

При помощи такого рода церемоний и приемов животные улаживают свои конфликты. Выражение «зубы, когти – все в крови» вначале подразумевало жестокую охоту хищников, убивавших свои жертвы, но затем стало обозначать любые столкновения между животными. Нет ничего более далекого от истины, чем такое мнение. Если тот или иной вид животного хочет выжить, он просто не может позволить себе, чтобы его сородичи убивали друг друга. Внутривидовая агрессивность должна быть ограничена, и чем более мощными и опасными орудиями убийства оснащен данный вид, тем более жестким должен быть запрет на их применение в спорах между соперниками. Таков «закон джунглей», касающийся территориальных и иерархических претензий. Те виды животных, которые не следовали этому закону, давным-давно вымерли.

Каково же наше поведение в подобных ситуациях? Каков наш арсенал особых угрожающих и умиротворяющих сигналов? Каковы наши способы борьбы за самосохранение и как мы их контролируем?

Агрессивность пробуждает в нас такие же физиологические процессы, вызывает напряжение мускулатуры и нервное возбуждение, как это описано выше. Подобно другим животным, мы начинаем перемещаться с места на место. В некоторых отношениях мы, в отличие от них, не так оснащены, чтобы превратить ощущение испытываемого неудобства в мощный сигнал. Например, мы не можем устрашить противника, взъерошив свою шерсть. Правда, в состоянии испуга и с нами такое происходит («У меня волосы встали дыбом»), но как сигнал это не срабатывает. Зато другие сигналы у нас получаются лучше. Нагота, из-за которой мы не можем взъерошиться как положено, позволяет нам вырабатывать мощные сигналы. Мы можем «побелеть от ярости», «побагроветь от гнева» или «побледнеть от страха». Особое внимание следует обратить на белый цвет: он свидетельствует о готовности к действию. Если он сочетается с другими признаками, указывающими на приближающееся нападение, то это важный признак опасности. Если он сочетается с действиями, указывающими на испуг, то это сигнал панического страха. Как вы помните, он обусловлен работой симпатической нервной системы, отдающей приказ: «Вперед!», и к нему нельзя относиться легкомысленно. Наоборот, красный цвет не столь опасен; краснота – это результат отчаянных попыток парасимпатической нервной системы показать, что система, отдающая приказ: «Вперед!», уже не всесильна. Злой, с багровым лицом, противник, с которым мы столкнулись, не столь опасен, как тот, у которого лицо побелевшее, с плотно сжатым ртом. Настроение у краснолицего таково, что его гнев под контролем, а белолицый все еще готов к нападению. С обоими шутки плохи, но противник с белым лицом нападет скорее, если его не улестить или самому не застраховать.

Глубокое учащенное дыхание – это опасный симптом, но если оно превратилось в храп и брызганье слюной, то стало представлять меньшую опасность. Такая же связь существует между пересохшими губами противника, готового на вас наброситься, и слюнявым ртом того, кто сдерживает свою агрессивность. Мочеиспускание, дефекация и обморок обычно происходят чуть позже, после того как схлынет мощная ударная волна, сопровождающая моменты чрезвычайного напряжения.

Находясь под влиянием желания напасть, и в то же время удрать, мы делаем характерные движения и принимаем неоднозначные позы. Наиболее знакомый сигнал – поднятие сжатого кулака – это ритуальный жест, имеющий двойкий смысл. Кулак показывают издали, когда нанести им удар противнику невозможно. Значение этого жеста символично, не более. (Сжатая в кулак рука, согнутая в локте и отведенная в сторону, стала знаком вызова со стороны коммунистических режимов.)

Можно погрозить кулаком, но и этот жест носит характер угрозы, а не готов-

ности нанести удар. Мы наносим ритмичные «удары» кулаком, по-прежнему находясь на безопасном расстоянии от противника.

При этом мы можем подаваться всем телом вперед, время от времени удерживая себя от того, чтобы не зайти слишком далеко. Можем изо всех сил громко топтать ногами и бить кулаком по любому находящемуся под рукой предмету. Такого рода действия мы зачастую можем наблюдать и у других животных, называя их переориентированными или перенаправленными действиями. Поскольку объект (противник), вызывающий в нас желание напасть на него, слишком грозен, агрессивные движения переориентируются на другую, не столь опасную цель, например какого-нибудь безобидного зеваку (все мы порой оказывались на его месте) или даже неодушевленный предмет. Если используется последний, то его могут разрушить. Когда жена швыряет на пол вазу, можете быть уверены, что на полу валяется разбитая вдребезги голова ее мужа. Любопытно, что таким приемом пользуются шимпанзе и горилла, которые ломают, рвут, повсюду разбрасывают ветви деревьев и листву. И это производит сильный эффект.

Очень важным дополнением к подобной демонстрации своей агрессивности является угрожающее выражение лица. Наряду с голосовыми сигналами, это наиболее надежный способ демонстрации нашей действительной воинственности. Хотя улыбка, о которой шла речь выше, — черта уникальная для нашего вида, агрессивное выражение лица, как оно ни впечатляет, ничем не отличается от выражения лица любого другого примата. (Мы с первого взгляда можем определить, какое у обезьяны лицо — свирепое или испуганное, но, чтобы установить, дружелюбное ли оно, требуется навык.) Правила весьма просты: чем больше преобладает стремление напасть над желанием сбежать, тем сильнее лицо вытягивается вперед. Если же верх берет последнее, то черты лица как бы оттягиваются назад. Придавая своему лицу угрожающее выражение, мы хмурим брови и плотно сжимаем губы. Когда же мы испытываем страх, брови у нас подняты, лоб наморщен, уголки губ опущены, губы раздвинуты, обнажая зубы. Такое выражение зачастую сопровождается другими жесты, на первый взгляд очень агрессивные. Наморщенный лоб, обнаженные зубы иногда воспринимаются как признаки «свирепости». В действительности же это признаки страха, и выражение лица сообщает, что страх все же присутствует, несмотря на угрожающую стойку индивида. В таком выражении лица все же имеется элемент угрозы, и с этим нельзя не считаться. Если бы лицо противника выражало один лишь неприкрытый страх, то он бы отступил.

Такого рода гримасы свойственны нам наряду с обезьянами. Об этом не следует забывать, если вам придется столкнуться лицом к лицу с взрослым бабуином. Однако существуют и другие жесты, которые выработались в результате культурного развития. К ним относится высунутый язык, надутые щеки, наморщенный нос, преднамеренно искаженные черты лица. Все это значительно увеличивает наш арсенал средств угрозы. Ко всему этому в большинстве культур добавилось множество угрожающих или оскорбительных жестов с использованием других частей тела. Движения, свидетельствующие об агрессивности намерений («безумные прыжки»), превратились во всевозможные крайне стилизованные свирепые и воинственные танцы. Их задача — всеобщее возбуждение и синхронизация сильных агрессивных чувств, а не демонстрация перед противником своих намерений.

Поскольку с появлением смертоносных видов вооружений мы стали потенциально опасными существами, неудивительно, что у нас появился целый набор умиротворяющих средств. Как и у других приматов, у нас выработаны сигналы покорности. Для этого мы припадаем к земле, кричим. Кроме того, у нас имеется целый ряд поз, обозначающих подчиненность. Припадание к земле сменилось унижением и пресмыкательством. В неярко выраженных формах оно превратилось в опускание на колени, поклоны и книксены. Главным сигналом здесь является выражение своей приниженности по отношению к доминирующему индивиду. Угрожая кому-то, мы пытаемся, стараясь казаться как можно выше ростом и мощнее. Поэтому в состоянии

подчиненности все происходит наоборот, и тогда мы стараемся стать как можно ниже ростом.

Интересно также превращение в поклон первоначального свойственного приматам стремления припасть в страхе к земле. Суть жеста в том, чтобы потупить глаза. Пристальный взгляд в большинстве случаев свидетельствует об агрессивных намерениях. Это неотъемлемый элемент наиболее свирепого выражения: лица, сопровождающего все воинственные жесты. (Вот почему так трудна для ее участников детская игра «гляделки» и почему так осуждается взрослыми обыкновенное детское любопытство: «таращить глаза невежливо».) Независимо от того, насколько поклон, в силу социальных условностей, стал сдержанным, он всегда подразумевает стремление опустить лицо. К примеру, даже мужские представители королевского двора, благодаря частой практике, видоизменившей поклон, по-прежнему опускают свои лица. Однако вместо того чтобы поклониться от пояса, теперь они лишь чинно наклоняют голову.

При не столь официальных встречах, чтобы избежать пристального взгляда, попросту отводят глаза в сторону («бегающий взгляд»). Лишь индивид, настроенный по-настоящему агрессивно, станет продолжительное время смотреть на вас в упор. Во время обыкновенного разговора мы обычно прячем глаза, поглядывая на собеседника лишь в конце каждой фразы, чтобы увидеть его реакцию на наши слова. Лектору-профессионалу требуется некоторое время для того, чтобы осмелиться взглянуть на лица своих слушателей, а не смотреть поверх их голов на трибуну, стены или в конец зала. Хотя он и находится в выгодном положении, но слушателей так много и все они уставились на него, с удобством рассевшись в креслах, что он испытывает невольный и поначалу непреодолимый страх перед ними. Бороться с ним он научится лишь после продолжительной практики. Неприятное ощущение, что на тебя смотрят сотни зрителей, вызывает у актера легкую тошноту перед его появлением на сцене. Конечно же, он волнуется, не зная, как он исполнит роль и как его примут, но самым трудным для него испытанием являются взгляды множества людей. (На бессознательном уровне любопытный взгляд снова воспринимается, как взгляд-угроза.) Очки делают выражение лица более агрессивным, поскольку искусственно увеличивают размеры глаз. Спокойные люди предпочитают носить очки в тонкой оправе или вовсе без нее (возможно, не сознавая причину выбора), потому что это позволяет им лучше видеть окружающее, до предела уменьшая впечатление собственной агрессивности. Таким образом они избегают встречной враждебной реакции.

Более радикальный способ избежать чересчур пристального взгляда – закрыть глаза руками или уткнуться лицом в согнутую в локте руку. Опустив веки, вы также избежите назойливого взгляда. Любопытно, что кое-кто, сталкиваясь с незнакомыми людьми, невольно закрывает глаза. Создается впечатление, что человек моргает, но слишком долго держит веки опущенными. Если же люди разговаривают с близкими друзьями в обстановке, располагающей к беседе, то такая реакция исчезает. Пытаются ли они оградить себя от «угрожающего» присутствия незнакомца или же просто стараются избежать назойливого взгляда – не всегда понятно.

Благодаря их мощному запугивающему воздействию, у многих животных появились пятна, напоминающие гневные глаза и служащие средством самозащиты. На крыльях многих бабочек имеются отметины, похожие на пару глаз. Крылья находятся в сложенном состоянии, пока на насекомое не нападет враг. Тогда они раскрываются, и перед лицом противника вспыхивают яркие пятна. Экспериментально доказано, что это производит устрашающий эффект на агрессоров, которые зачастую обращаются в бегство и оставляют насекомое в покое. Такие защитные механизмы имеются у некоторых птиц и даже животных. При изготовлении промышленных товаров используется тот же принцип. Его применяют проектировщики автомобилей: придают фарам определенную форму и усугубляют общее впечатление агрессивности

тем, что передок капота нередко напоминает нахмуренное лицо. Кроме того, между «глазными отметинами» они устанавливают декоративные решетки, напоминающие оскаленные зубы. По мере увеличения количества автомобилей на дорогах, управление ими становится все более воинственным занятием, а все более угрожающий вид машин придает определенную агрессивность и облику водителей. Даже названиям некоторых товаров придается вид грозного лица, к примеру ОХО, ОМО, ОЗО, ОВО. К счастью для их изготовителей, они не отталкивают покупателей. Напротив, они привлекают их внимание, после чего оказывается, что это безобидные картонные упаковочные коробки. Однако впечатление произведено, выбор сделан в пользу именно данного товара, а не какого-то другого. Как я уже отмечал, шимпанзе умиротворяют более сильного противника, протягивая ему руку. Так же, как они, мы используем этот жест, когда просим милостыню или умоляем кого-то. Этот жест широко используется в качестве дружеского рукопожатия. Дружеские жесты зачастую имеют своим прообразом жесты раболовные. Мы убедились в этом, когда шла речь о таких сигналах, как улыбка и смех (кстати, они по-прежнему используются просителями в виде робкой улыбки или нервного хихиканья). Рукопожатие используется в качестве приветствия лицами приблизительно одинакового социального положения, но превращается в поклон с целованием протянутой руки при наличии заметного неравенства между ними. (В условиях все большего «уравнивания» полов и разных классов эта изысканная форма приветствия встречается все реже, но сохраняется в особых сферах, где строго соблюдается иерархия старшинства, как, например, в церковных кругах.) В некоторых случаях рукопожатие превратилось в обхватывание самого себя или ломанье рук. В некоторых культурах это обычное заискивающее приветствие, в других оно используется в особых случаях, когда умоляют о чем-то.

Существует много других поведенческих приемов, обозначающих подчиненность, например выбрасывание полотенца или белого флага, но они нас сейчас не должны интересовать. Но некоторые наиболее простые приемы, переключающие внимание противника, заслуживают упоминания, потому что любопытным образом соотносятся с аналогичным поведением других видов животных. Вы помните, что с целью погасить агрессивное или потенциально агрессивное поведение противника использовались модели поведения «детского» типа или типа сексуального ухаживания. Особенно распространено «детское» поведение среди подбострастных взрослых на стадии флирта. Флиртующая пара зачастую начинает сюсюкать, как дети, не потому, что готовятся к роли родителей, а потому, что такое поведение вызывает у партнера нежное, покровительское чувство и тем самым подавляет более агрессивные чувства (или чувство страха). Вспоминая, как такого рода поведение переросло в ухаживание-кормление у птиц, любопытно отметить, что в период флирта мы сами любим потчевать предмет своего внимания. Никогда в жизни мы не тратим столько усилий, чтобы угощать друг друга лакомыми кусочками или дарить коробки шоколадных конфет.

Что касается переключения внимания противника на вопросы секса, то это происходит всякий раз, когда более слабая особь (мужского или женского пола) принимает «женскую» позу в присутствии доминирующей особи (самца или самки) в контексте агрессии, а не в сугубо сексуальном. Явление это широко распространено, но специфический вариант принятия женской позы, когда в качестве умиротворяющего жеста подставляется крестцовая часть, фактически исчез. Он сохранился в основном в качестве наказания школьников, где ритмические удары розгами заменили ритмические движения таза доминирующего самца. Вряд ли школьные учителя стали бы продолжать такую практику, если бы отдавали себе отчет, что, но сути, они осуществляют с учениками имевшую место у первобытных приматов форму ритуальной копуляции. Они могли бы наказывать школьников и без того, чтобы заставлять их принимать позу покорной самки. (Показательно, что школьниц почти никогда так не порют – сексуальный характер такого наказания был бы

очевиден.) Один ученый, наделенный воображением, предположил, что школьников заставляют снимать штаны и подвергают их наказанию не для того, чтобы усилить боль, а чтобы позволить доминирующему взрослому наблюдать, как краснеют ягодицы, что так живо напоминает о приливе крови у самки примата, доведенной «до кондиции». Как бы там ни было, но ясно, что этот ритуал оказался неудачным в качестве умиротворяющего приема. Чем больше злосчастный школьник подспудно сексуально возбуждает самца, тем более вероятно, что ритуал будет продолжаться, и, поскольку ритмические движения таза символически превратились в ритмические удары тростью, страдания жертвы оказываются напрасными. Прямую агрессию удалось переключить на сексуальную, но этот вид агрессии символически превратился в физическую.

Третий способ избежать наказания играет незначительную, но важную для нас роль. Мы часто гладим и треплем по спине взволнованного человека, и многие лица, занимающие привилегированное положение в обществе, часами наблюдают за своими подчиненными, которые суетятся вокруг, стремясь убажить их. Но к этой теме мы вернемся в другой главе.

Приемы для отвлечения внимания играют известную роль в случае встречи с агрессией и почти в любой стрессовой или напряженной ситуации. Однако мы отличаемся от других животных тем, что не ограничиваемся немногими поведенческими образцами. Мы используем фактически любое тривиальное действие, чтобы дать выход накопившимся эмоциям. Оказавшись в конфликтной ситуации, мы можем переставить предметы интерьера, закурить сигарету, протереть очки, взглянуть на наручные часы, налить себе какой-нибудь напиток или что-нибудь съесть. Конечно, любое из этих действий может иметь функциональное значение, но в качестве отвлекающих приемов они не срабатывают. Предметы интерьера уже стояли на нужном месте, и переставлять их, находясь в растрепанных чувствах, было ни к чему. Сигарету незачем было доставать, поскольку мы только что, нервничая, задушили почти целую. Количество выкуренного в минуты волнения превышает потребность организма в никотине. Очки, которые мы так старательно протираем, чисты и без того. Часы, которые мы энергично заводим, завода не требуют, тем более что, глядя в волнении на циферблат, мы даже не замечаем, какое время они показывают. Когда мы потягиваем напиток, это не значит, что мы испытываем жажду. Если мы глотаем еду, то не потому, что голодны. Все эти действия осуществляются не для того, чтобы получить нормальное удовлетворение, которое они доставляют, а для того, чтобы чем-то заняться и попытаться снять напряжение. Особенно часто такое происходит в начале каких-либо социальных встреч, которые могут таить страхи и агрессивные намерения. Будь-то на званом обеде или второстепенной конференции, как только завершатся взаимно успокаивающие церемонии в виде рукопожатий и улыбок, тотчас предлагаются отвлекающие сигареты, отвлекающие напитки и отвлекающие закуски. Даже в широкомасштабных развлечениях вроде спектаклей и киносеансов поток событий преднамеренно перемежается короткими перерывами, и тогда зрители могут на некоторое время предаться своим излюбленным отвлекающим занятиям.

В моменты особенной напряженности, связанной с агрессивностью, мы, по аналогии с другими приматами, стараемся переключиться на отвлекающие действия — действия более примитивного характера. В подобной ситуации шимпанзе отчаянно скребется — совсем не так, как она это делает, когда у нее зуд. Чешет она, как правило, голову, иногда руки. И сами движения довольно необычны. Мы ведем себя точно так же, принимаясь приглаживать себя, поправлять одежду, чтобы забыть о волнении. Мы скребем голову, кусаем ногти, проводим по лицу руками, словно моясь, пощипываем бороду или усы, поправляем прическу, потираем нос, ковыряем в нем, чихаем или сморкаемся, дергаем себя за мочки ушей, чистим уши, поглаживаем подбородок, облизываем губы или потираем руки. Если внимательно изучить моменты, связанные с конфликтными ситуациями, то можно заме-

тить, что все такого рода действия напоминают некий ритуал, причем определенного порядка при этом не соблюдается. Один индивид может чистить голову совсем иначе, чем другой, но у каждого из них вырабатывается характерная манера. Поскольку никакой чистки в действительности не требуется, не имеет значения, что какой-то детали одежды уделяется большее внимание, чем другим. При любой социальной встрече, в которой участвует небольшое количество людей, определить, кто является подчиненным, очень легко по тому, как часто он делает вид, что приводит себя в порядок. По-настоящему доминирующий индивид никаких излишних движений не делает. Если же на первый взгляд доминирующий член какой-либо группы много суетится, это значит, что его официально главенствующему положению как-то угрожают другие присутствующие.

При обсуждении всех этих видов агрессивного и покорного поведения подразумевалось, что индивиды, о которых шла речь, «говорили правду», а не преднамеренно изменяли свои поступки для достижения определенных целей. Мы чаще «лжем» словами, чем поведением, но даже в таком случае не следует исключать подобное явление. Чрезвычайно трудно солгать посредством поведенческих приемов, которые мы до сих пор обсуждали. Но все-таки это возможно. Как я уже отмечал, пытаюсь обмануть внешним видом своих маленьких детей, родители наносят им гораздо больший вред, чем кажется. Когда же речь идет о взрослых, придающих гораздо больше значения словесной шелухе, в которую заключена информация при взаимных социальных контактах, обман удаётся чаще. На беду «поведенческого лжеца», он лжет, как правило, лишь с помощью отдельных элементов сигнальной системы. Другие же элементы, о существовании которых он не ведаёт, выдают его с потрохами. Наиболее успешные «поведенческие лжецы» — это те, кто, вместо того чтобы сознательно сосредоточиться на модификации характерных сигналов, мысленно погружается в то настроение, которое хочет передать окружающим, и не заботится о мелочах, которые получаются у них сами собой. Этот способ с большим успехом используют такие профессиональные лгуны, как актеры и актрисы. Вся их творческая жизнь — это преднамеренная ложь, причем такая деятельность может подчас нанести большой вред их личной жизни. Политикам и дипломатам также приходится много лгать в поведенческом плане, но, в отличие от актеров и актрис, у них нет «социальной лицензии на ложь», поэтому возникающее у них в результате чувство вины нередко мешает им выполнять свои служебные обязанности. Кроме того, в отличие от актеров, они не получают необходимого образования.

Но даже без специальной подготовки, лишь приложив небольшое усилие и досконально изучив сведения, изложенные в настоящей публикации, можно добиться желаемых результатов. Раз или два я преднамеренно использовал этот прием при столкновении с полицейскими. Рассуждал я следующим образом. Если существует ярко выраженная биологическая тенденция успокаиваться при виде жестов покорности, то таким обстоятельством можно манипулировать сколько угодно, лишь бы применять соответствующие сигналы. Большинство водителей, задержанных полицейскими за мелкие нарушения правил дорожного движения, тотчас начинают убеждать их в полной своей невинности или как-то оправдывать собственное поведение. При этом они яростно защищают свою (мобильную) территорию и в глазах полицейских посягают на их прерогативы. Это наихудшая линия поведения. Полицейские вынуждены переходить в контрнаступление. Если же вы примете позу полного подчинения, то офицеру полиции будет трудно устоять перед ощущением собственной значимости. Полное признание вашей вины, основанной на вашей непроходимой глупости и полнейшей никчемности, тотчас делают полицейского хозяином положения и мешает ему наброситься на вас. Надобно выразить благодарность и восхищение тем, как ловко он вас прищучил. Но одних слов недостаточно. Необходимы соответствующие позы и жесты. Надо всем своим обликом и выражением лица четко изобразить страх и покорность. Самое главное, нужно живехонько выйти

из машины и поспешить к полицейскому. Нельзя допустить, чтобы он сам направился к вам, так как иначе вы помешаете страже закона выполнять свои обязанности и станете для него угрозой. Кроме того, сидя в автомобиле, вы остаетесь на своей территории. Удалившись же от машины, вы автоматически ослабляете свой территориальный статус. К тому же сидячее положение подчеркивает ваше преимущество перед полицейским. Поза водителя – необычный элемент нашего поведения. Никто не вправе сидеть, если «король» стоит. Когда «король» встает, встают все. Это особое исключение из общего правила, касающегося агрессивной вертикальности, согласно которому покорность увеличивается с уменьшением вашей высоты. Поэтому, выходя из автомобиля, вы отказываетесь от своих территориальных прав и дающей вам преимущество сидячей позиции, и ставите себя в подчиненное положение. Это шаг на пути к дальнейшим раболопным действиям. Однако, когда вы подниметесь, не вздумайте выпячивать грудь колесом. Надо чуть сторбиться и поникнуть головой. Тон голоса так же важен, как и выбор слов. Весьма полезно придать своему лицу озабоченное выражение и глядеть в сторону. Для полноты впечатления неплохо сделать вид, что вы специально приводите себя в порядок.

К сожалению, всякий водитель настроен на то, чтобы храбро защищать свою территорию. Скрыть же свое агрессивное настроение очень трудно. Для этого нужна или продолжительная практика, или владение набором бессловесных сигналов. Если же вам недостает авторитета в будничной жизни, то такое представление, даже умело разыгранное, может оказаться для вас слишком неприятным. Лучше отделаться штрафом.

Хотя данная глава посвящена поведенческим приемам, используемым при столкновениях, до сих пор мы рассматривали лишь способы избежать противостояния. Когда же ситуация ухудшается настолько, что физические действия неизбежны, голая обезьяна, если она не вооружена, ведет себя таким образом, который значительно отличается от поведения других приматов. Для них главным оружием являются зубы, для нас – руки. Если приматы хватают неприятеля и кусают, то мы его давим или же наносим ему удары сжатыми кулаками. Зубы пускают в ход только младенцы или маленькие дети. Их мускулы еще не настолько развиты, чтобы можно было пустить в ход руки.

В настоящее время мы можем наблюдать за борьбой без оружия в чрезвычайно стилизованных вариантах, таких как классическая борьба, дзюдо и бокс. В первоначальной форме она встречается редко. Но едва вспыхивает настоящая драка, в ход идут различные орудия. В самой примитивной форме они могут представлять собой метательные снаряды или же как бы продолжения наших рук для нанесения ими тяжелых ударов. Оказавшись в особых обстоятельствах, до такого смогли додуматься даже шимпанзе. Находясь в полуневоле, они ломали сук дерева и с силой обрушивали его на чучело леопарда или через ров с водой швыряли в зевак комья земли. Однако не доказано, что шимпанзе прибегают к таким средствам, живя на свободе, тем более во время споров с соперниками. Тем не менее, поведение этих приматов дает нам известное представление о том, как мы, по-видимому, начали использовать оружие для защиты от других животных и для охоты. Применение оружия в междоусобицах почти наверняка стояло на втором месте, но после того как оружие появилось, оно использовалось в экстренных случаях независимо от конкретных условий.

Самым примитивным оружием был твердый, прочный, но необработанный кусок дерева или камень. С помощью незначительных усовершенствований формы подобных предметов такие немудреные действия, как швыряние камней или нанесение ударов, дополнялись метанием копий, нанесением рубленых, резаных и колотых ран.

Следующим важным поведенческим шагом в методах нападения стало увеличение расстояния между атакующим и его противником. Именно этот шаг чуть нас не погубил. Копье можно метать издали, но дистанция его полета ограничена. Стре-

лы летят дальше, но не всегда попадают в цель. Пушки значительно увеличивают радиус действия, но бомбы можно сбрасывать, доставляя их по воздуху на еще большее расстояние. Что же касается ракет класса «земля-земля», то с их помощью атакующий может нанести удар по более отдаленным целям. В результате соперников не побеждают, а уничтожают – всех без разбора. Как я уже объяснял, подлинная цель межвидовой агрессивности на биологическом уровне – подавление, а не ликвидация противника. До окончательной стадии – уничтожения жизни на земле – дело не доходит: соперник или спасается бегством, или же сдается. В обоих случаях столкновение соперников прекращается: спор улажен. Если же нападение осуществляется с такого расстояния, что сигналы о признании своего поражения не смогут быть прочитаны победителем, то начинается жестокая агрессия. Она может завершиться лишь непосредственной встречей с униженным и поверженным противником или его бегством. Ввиду удаленности противников в условиях современной войны ни того, ни другого не наблюдается, что приводит к массовым убийствам в масштабах, которые не известны ни одному другому живому существу.

Развязыванию такой бойни способствует выработанная нами готовность приходить на помощь своим. Когда эта важная привычка использовалась при охоте, она была очень кстати, но теперь обернулась против нас самих. Возникшее в результате стремление к взаимной поддержке превратилось в могучую силу, участвующую во внутривидовых конфликтах. Верность охотника сменилась верностью боевого соратника. Так родилась война. Разве не забавно, что эволюция глубоко укоренившегося в нас стремления помочь своему ближнему стала главной причиной всех ужасов войны? Именно это стремление подталкивало нас к созданию несущих смерть банд, толп, орд и армий. Без него они были бы лишены связующей силы, и агрессивность снова приобрела бы «персонифицированный» характер.

Согласно одной гипотезе, в результате эволюции мы стали охотниками, убивавшими жертв, и автоматически приобрели способность уничтожать противников. Но, как я уже объяснял, факты противоречат такому предположению. Животному нужно поражение, а не смерть соперника; агрессивность имеет своей целью преобладание, а не уничтожение; по существу, мы вроде бы не отличаемся в этом отношении от других животных. Для этого нет причин. Однако произошло следующее. Благодаря злополучному сочетанию удаленности атакующего и групповой солидарности индивиды, участвующие в сражении, перестали четко видеть первоначальную цель. Теперь они чаще нападают для того, чтобы прийти на помощь товарищам, а не одержать верх над врагами. Так что присущая им восприимчивость к непосредственному умиротворению имеет мало или совсем не имеет шансов найти выход. Такое явление еще может нанести нам большой вред и привести к быстрому уничтожению человеческой расы.

Вполне естественно, такая дилемма стала причиной того, что многие нынче чешут затылок. Излюбленной темой для них стало всеобщее разоружение; однако, чтобы от него был прок, необходимо довести его до невозможных пределов. Все будущие сражения должны происходить в виде рукопашного боя, где можно было бы снова пустить в ход сигналы, умиротворяющие противника. Второе решение – это депатриотизация представителей различных социальных групп, но это шло бы вразрез с главной биологической особенностью нашего вида. Союзы, направленные против одних, могут быть с такой же быстротой переориентированы. Естественную тенденцию создавать обособленные социальные группы никогда не искоренить без радикальных изменений на генетическом уровне, в результате которых наша комплексная социальная структура автоматически распалась бы.

Третье решение заключается в том, чтобы разработать и реализовать безвредную, символическую замену войне; но если такая замена окажется действительно безвредной, то она лишь ненадолго приблизит нас к решению подлинной проблемы. Следует иметь в виду, что эта проблема, на биологическом уровне, относится к

групповой обороне территории, а в связи с наблюдающимся перенаселением планеты является еще и проблемой групповой территориальной экспансии. Никакие, даже самые жаркие футбольные матчи ее не разрешат.

Четвертое решение состоит в усовершенствовании интеллектуального контроля над агрессивностью. Дескать, раз уж интеллект посадил нас в такую лужу, он же должен и вытащить нас оттуда. К сожалению, когда речь идет о таких важных проблемах, как территориальная оборона, наши главные мозговые центры слишком часто прислушиваются к центрам рангом ниже. Интеллектуальный контроль может помочь нам лишь в таких пределах, не более того. Кроме того, он ненадежен; достаточно одного неразумного, под влиянием эмоций, поступка, и все, что сделано полезного, пойдет насмарку.

Единственное здоровое биологическое решение дилеммы – это резкое уменьшение роста народонаселения или спешное переселение его на другие планеты, с одновременным использованием, по возможности, и четырех вышеупомянутых способов. Мы уже знаем, что если количество жителей нашей планеты будет увеличиваться с той же ужасающей быстротой, то ничем не сдерживаемая агрессивность усилится. Это однозначно доказано с помощью лабораторных опытов. Заметное перенаселение приведет к социальным стрессам и напряженности, которые разрушат организацию наших сообществ задолго до того, как мы умрем от голода. Перенаселенность будет препятствовать любым улучшениям в деле интеллектуального контроля и коренным образом увеличит вероятность эмоционального взрыва. Подобный ход событий можно предотвратить лишь заметным сокращением темпов рождаемости. К сожалению, этому мешают две серьезные причины. Как я уже объяснял, семейная ячейка, которая по-прежнему является основной, ячейкой нашего общества, предназначена для воспитания потомства. В нынешнем виде она представляет собой довольно сложный механизм, цель которого – производство, защита и выращивание потомства. Если эту его функцию значительно урезать или временно прекратить, то пострадает система образования брачных союзов, а это приведет к своего рода социальному хаосу. Если же предпринять попытку регулировать работу детородного конвейера, разрешая одним парам беспрепятственно размножаться и запрещая это другим, то будет, нарушен существующий в обществе основной принцип сотрудничества.

Обратимся к простой арифметике. Если все взрослые особи создадут брачные пары и станут плодиться, то для того, чтобы народонаселение сохраняло свою численность на постоянном уровне, каждая из них вправе произвести на свет двоих детей. Тогда каждый индивид, по сути, будет готовить себе смену. Учитывая тот факт, что незначительная часть населения не участвует в создании семьи и деторождении и что всегда существует вероятность преждевременной смерти от несчастных случаев или иных причин, количество членов в семье может быть немного увеличено. Но и это лишь незначительно увеличит нагрузку на механизм образования брачных пар. Уменьшение нагрузки на супружеские пары как на детопроизводителей должно быть компенсировано их большими усилиями в других направлениях, чтобы сохранить прочность брачных уз. Но, в конечном счете, это гораздо меньшая опасность, чем ее альтернатива – удушающая перенаселенность.

Напрашивается мысль о том, что лучшим способом достичь мира во всем мире является повсеместное распространение контрацептивов или применение абортов. Аборт – мера жестокая и может вызвать серьезные эмоциональные нарушения. Кроме того, после слияния гамет (мужских и женских клеток) образуется зигота (оплодотворенное яйцо), которая становится новым представителем человеческого сообщества. Его уничтожение – это, по существу, акт агрессии, который является тем самым поведенческим образцом, с которым мы пытаемся бороться. Контрацепция явно предпочтительнее, и любые религиозные или иные «морализаторские» организации, которые выступают против нее, должны иметь в виду, что они фактически занимаются опасным подстрекательством к развязыванию войн.

Раз уж речь зашла о религии, то, возможно, стоит пристальнее взглянуть на эту необычную модель поведения животного, прежде чем изучать другие аспекты агрессивности представителей нашего вида. Тема эта непростая, но мы, как зоологи, должны сделать все возможное, чтобы наблюдать то, что фактически происходит, а не слушать то, что якобы происходит. Если мы так и поступим, то будем вынуждены прийти к выводу, что в поведенческом смысле религиозная деятельность состоит в том, что большие группы людей собираются вместе для однократных и продолжительных изъявлений своей покорности некоему доминирующему индивиду. Доминирующий индивид, о котором идет речь, в различных культурах принимает те или иные обличья, но всегда является воплощением огромного могущества. Иногда он изображается животным иного вида или его идеализированным вариантом. Иногда его рисуют как мудрого пожилого представителя нашего собственного вида. Иногда он становится чем-то более абстрактным, и его называют просто «существом» или как-нибудь иначе. Подобострастное отношение к нему может выражаться в том, что люди закрывают глаза, склоняют головы, в умоляющем жесте соединяют пальцы рук, опускаются на колени, целуют землю или даже падают ниц, зачастую сопровождая все эти действия возгласами или песнопениями. Если эти выражения подобострастия осуществлены успешно, то доминирующий индивид оказывается умиротворен. Поскольку его власть чрезвычайно велика, умиротворяющие церемонии должны осуществляться через регулярные и частые промежутки времени, чтобы это верховное существо не разгневалось снова. Верховное существо обычно, но не всегда, называют Богом.

Поскольку ни один из таких богов не существует в осязаемой форме, не вполне ясно, зачем их придумали. Чтобы ответить на этот вопрос, мы должны вернуться к своим первобытным предкам. Прежде чем превратиться в действующих сообщников охотников, мы, должно быть, жили социальными группами, наподобие тех, что мы сегодня наблюдаем у обезьян. Как правило, в каждой группе владычествует один самец. Он босс, властелин, и каждый член группы должен ублажать его, иначе придется пенять на себя. Он также весьма активно защищает группу от внешних опасностей и улаживает ссоры между своими подчиненными. Вся жизнь любого из представителей группы вращается вокруг доминирующего животного. Его всемогущая роль наделяет его статусом богоподобного существа. Если мы посмотрим на наших непосредственных предков, нам станет ясно, что с ростом духа сотрудничества, который был так важен для успешной групповой охоты, влияние доминирующего индивида следовало ограничить, чтобы он смог обеспечить себе активную, а не пассивную преданность со стороны других представителей группы. У них должно было быть желание помочь ему, а не просто страх перед ним. Он должен был в большей степени стать «одним из стаи». Прежний обезьяний тиран должен был сойти со сцены, вместо него появился более терпимый, чаще сотрудничающий со своими сородичами лидер голых обезьян. Шаг этот был важен для нового типа организации нарождающейся «взаимопомощи», но в результате появилась одна проблема. Поскольку безграничное преобладание первого члена группы было заменено квалифицированным преобладанием, он больше не мог рассчитывать на беспрекословное подчинение ему. Эта перемена была существенна для новой социальной системы, но оставила в ней брешь. С первобытных времен в нас жила потребность в некоей всемогущей фигуре, которая могла удерживать группу под контролем, и это вакантное место было заполнено с изобретением бога. Влияние выдуманного бога могло теперь выступать как некая сила, дополняющая ставшее ограниченным влияние вожака группы.

Может показаться на первый взгляд удивительным, что роль религии оказалась столь успешной, но ее чрезвычайное могущество является попросту мерилom силы нашей основной биологической тенденции, унаследованной непосредственно от наших предков – обезьян, заключавшейся в подчинении всемогущему, владеющему всеми члену сообщества. Благодаря этому религия оказалась чрезвычайно ценным

явлением, способствующим социальной сплоченности. Сомнительно, чтобы наша раса смогла бы добиться таких результатов без нее при данном уникальном сочетании обстоятельств нашей эволюции. Это привело к ряду побочных явлений, как, например, вера в «загробную жизнь», в которой мы наконец-то встретимся с божествами. По изложенным ранее причинам они не могли присоединиться к нам в земной жизни, но такое положение дел можно исправить в «потустороннем мире». Для того чтобы облегчить это, были разработаны странные приемы, связанные с избавлением от нашего тела после смерти. Если мы хотим присоединиться к нашим владыкам, то должны надлежащим образом подготовиться к встрече этого события, а перед тем следует осуществить замысловатые погрёбальные церемонии.

Религия также стала причиной множества излишних страданий и бед в тех случаях, когда ее каноны исполняли чересчур ретиво и когда профессиональные «ассистенты» верховных существ не могли устоять перед соблазном позаимствовать у них частицу их могущества для собственных нужд. Однако, несмотря на противоречивую историю, религия – это особенность нашей социальной жизни, без которой нам не обойтись. Когда она становится неприемлемой, ее незаметно, а подчас яростно отвергают. Но вскоре она возникает опять, в новом виде, возможно, тщательно замаскированная, но содержащая все те же основные элементы. Мы просто обязаны «верить во что-то». Лишь общая вера объединяет нас и держит под контролем. Исходя из этих соображений, можно утверждать, что сойдет любое верование, если оно достаточно могущественно. Однако это не вполне верно. Оно должно впечатлять, и еще – нужно видеть, что оно впечатляет. Наша общественная природа требует выполнения сложных групповых ритуалов и участия в них. Устранение «помпезности и обстоятельности» оставит ужасную культурную брешь, и вероучения не смогут действовать надлежащим образом на глубоком эмоциональном уровне, столь существенном для них. Кроме того, некоторые учения более изнурительны и оглуляющи, чем другие, и могут завести человеческое сообщество в жесткие поведенческие рамки, которые помешают его качественному развитию. Мы представляем собой преимущественно разумный и исследующий вид животных, и те вероучения, которые опираются на этот факт, будут наиболее благотворны для нас. Вера в пользу приобретения знаний и научное понимание мира, в котором мы живем, вера в пользу создания вызывающих в нас эстетическое чувство предметов и наслаждения ими, в пользу расширения и углубления нашего повседневного опыта – вот что повсеместно становится «религией» нашего времени. Познание и понимание являются для нас своего рода божествами, поэтому невежество и глупость их сердят. Школы и университеты являются нашими религиозными учебными центрами; библиотеки, музеи, художественные галереи, театры, концертные залы и стадионы являются для нас местами общего культа. Приходя домой, мы поклоняемся своим божествам, читая книги, газеты, журналы, слушая радио и смотря телепередачи. В известном смысле мы верим и в загробную жизнь, поскольку частью удовлетворения, получаемого от творческой работы, является чувство, что благодаря ей мы будем жить и после смерти. Подобно всем религиям, наша «религия» сопряжена с опасностями, но если нам нужно иметь таковую, а, как мне кажется, мы ее имеем, то, похоже, она наиболее подходит к уникальным биологическим качествам нашей расы. Принятие этой «религии» все более увеличивающимся большинством населения мира может служить для нас компенсацией и ободряющим источником оптимизма на фоне пессимизма, выраженного прежде в отношении нашего будущего как вида.

Прежде чем начать эти рассуждения на темы религии, мы исследовали природу лишь одного аспекта возникновения агрессивности нашей расы, а именно – групповой обороны территории. Но, как я уже объяснил в начале данной главы, голая обезьяна является животным, которому свойственны три четкие социальные формы агрессивности, и теперь мы должны рассмотреть еще две. Это территориальная оборона семейной ячейки внутри более крупной групповой ячейки, а также сохра-

нение своего индивидуального положения на иерархической лестнице.

Пространственная оборона домашнего очага семейной ячейки остается вместе с нами благодаря значительным успехам архитектуры. Даже самые крупные здания, спроектированные как жилье, старательно разделены на отдельные узлы – по одному на семью. Архитектурного «разделения труда» нет, если такое и было, то очень редко. Даже появление зданий для совместного принятия пищи или напитков – ресторанов и баров – не привело к отсутствию столовых в жилых квартирах. Несмотря на все остальные успехи, вид наших малых и больших городов по-прежнему определяется нашей древней потребностью расчленять свои группы на мелкие, отдельные семейные территории. В тех случаях, когда здания не разделены на квартиры, охраняемая территория старательно обносится оградами, стенами или живыми изгородями, обособливая ее от соседей, причем демаркационные линии строго соблюдаются и границы уважаются, как и у остальных территориальных животных.

Один из важных признаков семейной территории заключается в том, что она должна быть узнаваемой среди других. Ее обособленность придает ей уникальный характер, но этого недостаточно. Своей формой и внешним видом она должна четко отличаться и стать «персонифицированной» особенностью живущей на ней семьи. Факт этот кажется в достаточной мере очевидным, но его часто недооценивали или игнорировали – или в результате экономических трудностей, или же плохого знакомства архитекторов с проблемами биологии. Во всех крупных и малых городах мира строят бесконечные ряды зданий, похожих друг на друга как две капли воды. Когда же речь идет о кварталах жилых домов, ситуация и того хуже. Невозможно подсчитать психологический вред, нанесенный чувству территориальности семей, вынужденных благодаря произволу архитекторов, планировщиков и строителей жить в таких условиях. К счастью, семейства, о которых идет речь, могут наложить отпечаток территориальности на свои жилища и другим образом. Можно покрасить в разные цвета сами здания. Там, где посажены сады, можно разбить их по собственному вкусу в соответствии с канонами садовой архитектуры. Дома или квартиры можно украсить внутри и заполнить до отказа различными декоративными изделиями, безделушками и личными предметами. В таких случаях объясняют, что это делается с целью сделать квартиру уютной. Фактически действия эти аналогичны поступкам другого территориального животного, оставляющего «метки» вокруг своего логова. Если вы привинчиваете к двери табличку со своим именем или вешаете на стену картину, то, переводя ваши действия на собачий или волчий язык, вы попросту задираете ногу и оставляете там свою метку. Неутомимая страсть к коллекционированию особых категорий предметов наблюдается у некоторых индивидов, которые по какой-либо причине испытывают ненормально сильную потребность обозначить таким образом свою домашнюю территорию.

Имея это в виду, забавно видеть большое множество автомобилей, украшенных сувенирами и другими символами их личной принадлежности, или наблюдать за каким-нибудь чиновником, только что въехавшим в новый кабинет. Он тотчас же ставит на стол свой любимый письменный прибор, пресс-папье и, возможно, фотографию жены. Автомобиль и кабинет чиновника являются подтерриториями, филиалами его логова. Какое это облегчение – задрать свою ногу на эти помещения и сделать их более привычными, «собственными» территориями!

Нам остается рассмотреть вопрос агрессивности в связи с социальной иерархией. Защищено должно быть не только место, где индивид часто бывает, но и сам индивид. Его социальный статус должен быть сохранен и по возможности улучшен, но это должно быть сделано осторожно, иначе он подвергнет опасности свои кооперативные контакты. Тут-то и начинает играть свою роль искусная система агрессивных и умиротворяющих сигналов, описанная выше. Групповое сотрудничество требует (и это требование удовлетворяется) высокой степени соответствия, как

в одежде, так и в поведении отдельных членов группы. Но и в рамках этого со-ответствия существует множество оттенков, обозначающих иерархическое положе-ние. Вследствие такого рода противоречивых требований конкуренция достигает невероятно тонких оттенков. Как именно завязан узел на галстукe, насколько выпущен из нагрудного кармана угол носового платка, едва заметные изменения в интонации и другие, на первый взгляд пустяковые, детали приобретают важное социальное значение при определении социального положения индивида. Опытный член сообщества может мгновенно определить их смысл. Он сразу растеряется, если вдруг окажется среди представителей социальной иерархии какого-нибудь племени на Новой Гвинее, но в условиях собственной культуры он вынужден быть экспертом. Сами по себе эти незначительные различия в одежде и поведении не имеют никакого смысла, но в связи с хитроумными маневрами, имеющими целью до-биться положения в обществе и сохранить его, они чрезвычайно важны.

Разумеется, мы не были созданы для того, чтобы жить огромными конгломерата-ми, насчитывающими тысячи индивидов. Наше поведение рассчитано на работу в рамках небольших племенных групп, где-то немного меньше сотни особей. В таких ситуациях каждый член племени будет лично известен всем остальным, как это происходит в настоящее время с обезьянами. При таком типе социальной органи-зации достаточно просто выбраться и закрепить иерархию значимости, которая будет постепенно изменяться по мере того, как ее представители будут старить-ся и умирать. В условиях большого города при значительной численности насе-ления положение чревато стрессами. Ежедневно житель города вынужден неожиданно сталкиваться с бесчисленным количеством незнакомых людей – неслыханная ситуа-ция для любого другого вида приматов. Вступить со всеми в личные иерархиче-ские отношения невозможно, хотя именно такова должна быть естественная тен-денция. Вместо этого им, лишенным возможности главенствовать и подчиняться, позволяют мчаться мимо. Для усугубления такого отсутствия социальных контак-тов вырабатываются поведенческие модели, ориентированные на пресечение сопри-косновения. Об этом уже шла речь при обсуждении сексуального поведения в тех случаях, когда представитель одного пола случайно прикасается к представителю другого. Но здесь речь идет не просто о том, чтобы избежать сексуального по-ведения. Мы имеем дело с целым рядом проблем, связанных с посвящением в сис-тему социальных взаимоотношений. Стараясь не таращить глаза друг на друга, жестикулируя, сигнализируя каким-либо образом или соприкасаясь физически, мы умудряемся выжить в социальных условиях, которые иначе оказались бы для нас чрезмерно сильными стимуляторами. Нарушив правило «ни к кому не прикасаться», мы тотчас же просим прощения с целью показать, что сделали это непредумышлен-но.

Поведение, направленное на избежание контактов, позволяет нам удерживать число наших знакомых в пределах, необходимых нашему виду. Мы делаем это с по-разительной последовательностью и единообразием. Если желаете подтверждения, ознакомьтесь с адресными или телефонными книгами сотни горожан, принадлежащих к самым разным типам, и сосчитайте количество личных знакомых, занесенных ту-да. Вы убедитесь, что почти все они знают приблизительно одинаковое количест-во людей, и что это количество приближается к числу представителей небольшой племенной группы. Иными словами, даже при своих социальных контактах мы под-чиняемся основным биологическим правилам наших древних предков.

Разумеется, существуют исключения из этого правила – к ним относятся лица, которым в силу профессиональных обязанностей приходится устанавливать большое количество личных контактов; люди с поведенческими дефектами, что делает их неестественно робкими или одинокими, или лица с психологическими проблемами, не позволяющими им получать ожидаемое социальное удовлетворение у своих дру-зей. Они пытаются компенсировать этот недостаток, отчаянно стараясь найти возможности общаться в самых разных контекстах. Но такие типы составляют лишь

незначительную часть населения малых и больших городов. Остальные вполне счастливы и занимаются своим делом, не обращая внимания на кипящий вокруг них человеческий поток, в действительности представляющий собой невероятно сложное множество взаимосвязанных и перекрывающих друг друга племенных групп. Как мало, совсем мало изменилась голая обезьяна с ранних дней своего первобытного существования!

ПИТАНИЕ

Поведение голой обезьяны во время еды на первый взгляд кажется одним из наиболее изменчивых, непредсказуемых и восприимчивых к культурным традициям явлений, но даже здесь действует ряд основных биологических принципов. Мы уже внимательно изучали, каким образом присущие этому животному поведенческие модели, усвоенные им у предков, срывавших фрукты, должны были превратиться в модели поведения при групповой охоте. Мы видели, что это привело ко множеству коренных перемен в его способе питаться. Поиски пищи поневоле стали более затруднительными и тщательно организованными. Потребность убивать добычу стала отчасти независимой от потребности утолять голод. Пища относилась в постоянное логово и там поедалась. Приходилось тратить больше времени на ее готовку. Трапезы стали более обильными и более редкими. В рационе значительно увеличился мясной компонент. Длительное хранение и распределение пищи стали повсеместной практикой. Самцы должны были обеспечивать едой свои семейные ячейки. Понадобилось упорядочить и видоизменить отправление естественных потребностей.

Все эти изменения происходили в течение весьма продолжительного периода времени. Характерно, что, несмотря на крупные успехи в области техники, достигнутые в последнее время, мы до сих пор придерживаемся прежних принципов. Может показаться, что это не более чем простые культурные приемы, которые подвержены капризам моды. Судя по нашему нынешнему поведению, они должны были, хотя бы в известной степени, стать биологическими характеристиками, глубоко укоренившимися в нас.

Как мы уже отмечали, усовершенствованная технология получения пищевых продуктов, используемая в сельскохозяйственном производстве, лишила большинство мужских представителей нашего общества возможности заниматься охотой. Вместо этого они ходят «на работу». Работа заменила охоту, но сохранила многие главные особенности. К ним относится регулярная поездка из логова на «место охоты». Работа, как правило, мужское занятие и дает мужчинам возможность встречаться друг с другом и действовать сообща. С нею связаны риск и планирование операций. Мнимый охотник заявляет, что он «завалил зверя в Сити». В своих поступках он становится жестким. Про такого говорят, что он умеет «принести в когтях».

Когда псевдоохотник отдыхает, он отправляется в сугубо мужской клуб, где женщинам строго-настрого запрещено появляться. Молодые самцы организуют банды из сверстников, зачастую хищнические по натуре. Во всех этих организациях, начиная с ученых обществ, социальных клубов, братств, профессиональных союзов и тайных обществ и кончая подростковыми бандами, прослеживается сильное чувство мужской солидарности. Возникают мощные организации. Члены группировок, входящих в них, носят значки, форму и другие опознавательные символы. Непременно устраиваются церемонии посвящения вновь принятых членов. Не следует смешивать однополюсый характер этих группировок с гомосексуальностью. В них нет ничего, связанного с сексом.

В таких сообществах, по существу, воплощается мужское братство первобытных охотничьих групп. Важная роль, которую они играют в жизни взрослых мужчин, указывает на живучесть первобытных устремлений. Иначе деятельность, которой

они занимаются, могла бы осуществляться и без тщательной сегрегации полов, и без ритуалов, и большинство действий такого рода могли бы выполняться и в рамках семейной ячейки. Женщины часто возмущаются, когда их мужчины уходят из дома и устраивают «мальчишники», воспринимая их уход как своего рода измену семье. И совершенно напрасно. Перед нами современный вариант свойственной нашей расе с первобытных времен тенденции сбиваться в охотничьи стаи. Явление это столь же характерно для голый обезьяны, как и возникновение в первобытные времена пары самец-самка, которая, по существу, является ее следствием. Групповая мужская солидарность будет существовать, по крайней мере до тех пор, пока в нашей натуре не произойдет какого-нибудь важного изменения на генетическом уровне.

Хотя в настоящее время работа в значительной степени заменила охоту, она не до конца покончила с наиболее примитивными формами выражения этого первобытного стремления. Даже в тех случаях, когда нет экономической потребности участвовать в охоте, такое занятие по-прежнему популярно. Охота на крупного зверя, на оленей, лис, псовая, соколиная охота, охота на дичь, рыбная ловля и детская игра в охотников – все это современные проявления древнего инстинкта.

Была выдвинута гипотеза, что подлинная причина тяги к охоте скорее связана с желанием победить соперников, чем с преследованием жертвы; несчастное же существо, которое загнали, олицетворяет для нас самого ненавистного члена нашего общества, которого мы желали бы видеть в подобной ситуации. В этом предположении есть доля истины, по крайней мере, в случае отдельных индивидов; но если такое поведение рассматривать в целом, то становится ясно, что объяснение лишь частично. Суть «спортивной охоты» в том, чтобы предоставить добыче справедливый шанс спастись бегством. (Если же добыча – всего лишь замена ненавистного соперника, то к чему давать ему какой-то шанс?) Весь процесс спортивной охоты подразумевает преднамеренную неэффективность охотников, они дают жертве «фору». Они вполне могли бы использовать автомат или еще более смертоносное оружие, но в таком случае это не было бы игрой – игрой в охоту. Спортсменов захватывает вызов, трудности, связанные с преследованием добычи, и разные уловки – именно то, что приносит им удовлетворение.

Одна из существенных особенностей охоты в том, что это масштабная азартная игра, поэтому неудивительно, что нас так привлекают многие стилизованные формы, которые она принимает. Как первобытная, так и спортивная охота – занятия преимущественно мужские и требуют строгого соблюдения социальных законов и ритуалов. Исследование классовой структуры нашего общества показывает, что спортивную охоту и азартные игры чаще предпочитают представители высших и низших, а не средних его слоев. На это есть веские причины, если отнестись к этим занятиям как к выражению природной тяги к охоте. Я отмечал ранее, что работа стала главной заменой первобытной охоты, но как таковая она принесла наибольшую материальную выгоду именно среднему классу. Для типичного представителя низшего класса характер работы, которую ему приходится выполнять, не полностью удовлетворяет его жажду охоты. Она слишком монотонна, слишком предсказуема.

В ней отсутствуют элементы опасности, игры и риска, имеющие столь важное значение для самца-охотника. По этой причине мужчины, принадлежащие к низшим слоям общества, наряду с неработающими представителями высшего класса, в большей мере испытывают потребность удовлетворять свой охотничий азарт, чем лица, принадлежащие к среднему классу, характер работы которых в большей степени подходит к ее роли как заменителя охоты.

Переходя от охоты к следующему аспекту поведения при добыче пищи, мы подходим к моменту убийства жертвы. Этот акт может быть в какой-то мере

заменен работой, спортивной охотой и азартной игрой. При спортивной охоте убийство жертвы происходит по-настоящему, но в контекстах работы и азартной игры оно преобразуется в моменты символического триумфа, в которых отсутствует элемент жестокости. Поэтому стремление охотника поразить добычу претерпевает значительные изменения в условиях современной жизни. Это стремление то и дело возникает вновь с поразительной частотой во время юношеских забав (не всегда безобидных); но среди взрослых оно подавляется с помощью мощных механизмов сдерживания.

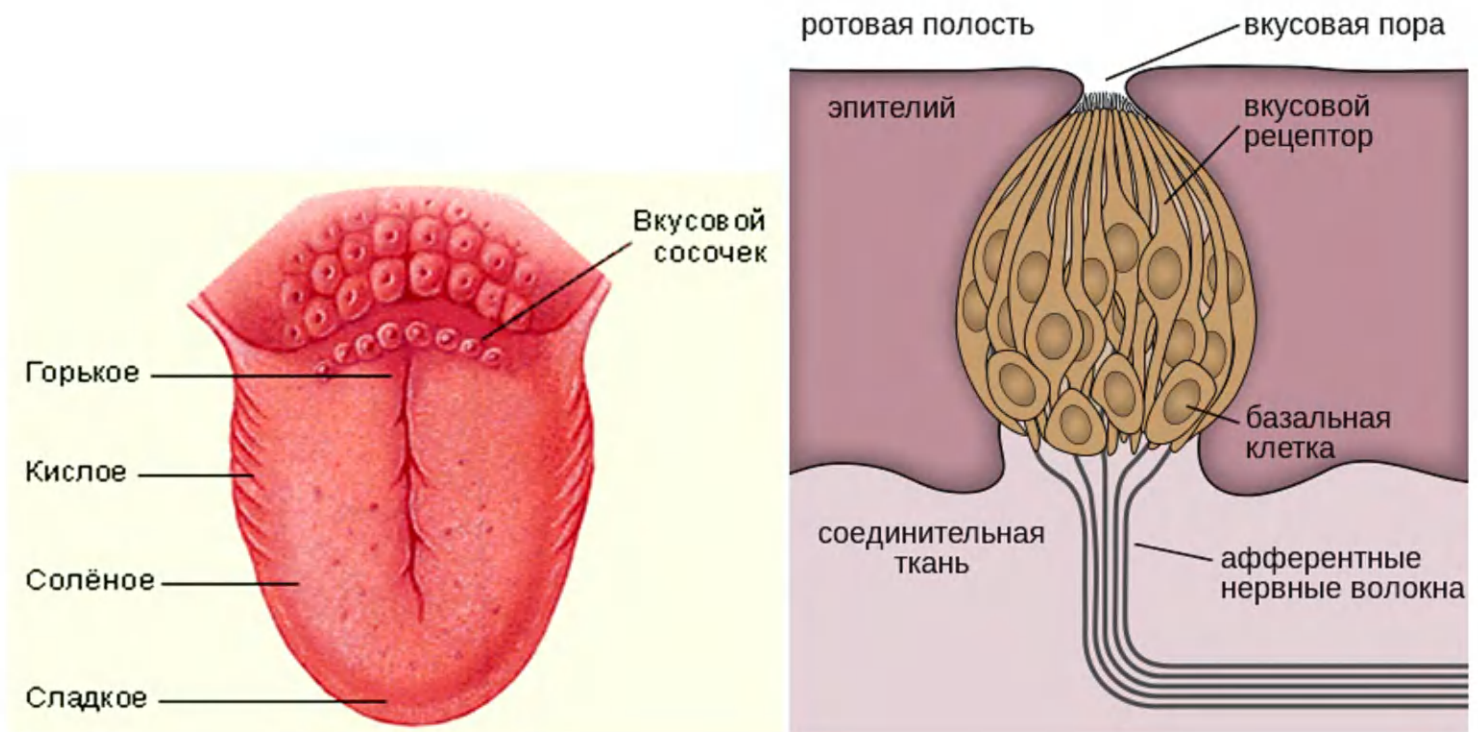
Допускаются два исключения. К первому из них относится уже упоминавшаяся нами спортивная охота, ко второму – бой быков. Хотя ежедневно на бойню попадает огромное количество домашнего скота, обыватели обычно не видят этой операции. С боем быков дело обстоит наоборот: собираются толпы народа, чтобы посмотреть, как у них на глазах убивают животных.

Поскольку это находится в рамках кровавых видов спорта, такая практика продолжает существовать, хотя и не без протестов против ее продолжения. Вне таких сфер все виды жесткого обращения с животными запрещены и наказуемы. Но так было не всегда. Несколько лет назад в Великобритании и многих других странах животных мучили и убивали для развлечения публики. За это время успели понять, что участие в жестоких зрелищах притупляет чувствительность людей ко всем видам кровопролития. Поэтому такого рода «забавы» представляют собой потенциальный источник опасности для нашего сложного и перенаселенного общества, где территориальные и иерархические ограничения могут достичь почти нетерпимых пределов, подчас находя выход в непомерной агрессивности и жестокости.

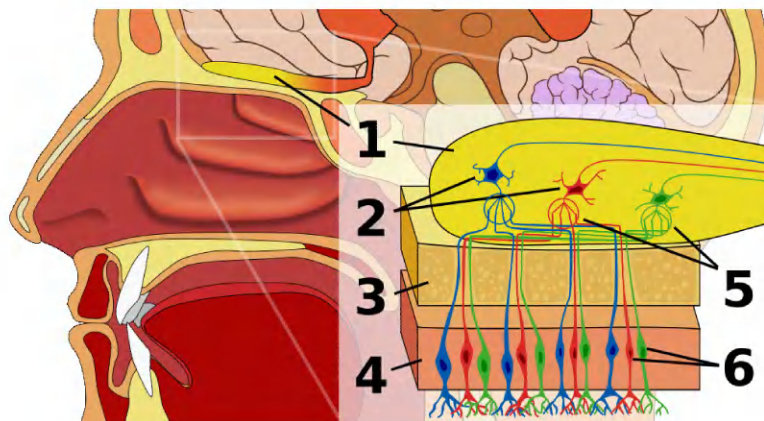
До сих пор мы рассматривали ранние стадии процесса питания и их итоги. После охоты и убийства добычи мы приступаем к самой трапезе. Будь мы типичными приматами, мы жевали бы понемногу день-деньской. Но мы не типичные приматы. Эволюция, сделавшая нас плотоядными, видоизменила всю систему. Типичное плотоядное съедает за один присест помногу, но делает это нечасто. Мы, совершенно очевидно, следуем этому примеру. Эта тенденция сохранилась много времени спустя после того, как исчезли причины, заставлявшие охотника следовать такому режиму. В настоящее время мы смогли бы без труда вернуться к своим первобытным привычкам, свойственным приматам, если бы почувствовали склонность к этому. Однако мы продолжаем придерживаться установившегося расписания приема пищи, словно по-прежнему активно заняты охотничьим промыслом. Из многих миллионов живущих в мире голых обезьян мало кто (если такие есть) питается по методу своих предков-приматов. Даже в условиях изобилия мы редко едим чаще чем три, самое большее четыре раза в день. У многих вошло в обычай есть плотно раз или два. Могут заявить, что делается это по культурно установившейся традиции, для удобства, но свидетельств в пользу такой гипотезы недостаточно. В условиях развитой системы снабжения продовольствием, которую мы имеем, вполне возможно разработать эффективную систему питания, при которой пища будет приниматься малыми порциями в течение всего дня. Внедрение такой системы может быть проведено достаточно успешно, после того как к ней привыкнут, что устранило бы перебор других видов деятельности, связанных с необходимостью готовить «главную трапезу». Однако благодаря нашему прошлому опыту хищников, такого рода система не удовлетворит укоренившиеся в нас биологические потребности.

Целесообразно также изучить вопрос, зачем мы подогреваем пищу и едим ее горячей. Существуют объяснения трех видов. Одно состоит в том, что это помогает сохранить температуру тела «добычи». Мы не пожираем парное мясо, но тем не менее едим его, по существу, при такой же температуре, что и другие плотоядные. Пища у них горяча, потому что не успела остыть, у нас – потому что мы ее подогрели. Второе объяснение состоит в следующем: зубы у нас

настолько слабы, что мы вынуждены варить мясо, чтобы сделать его мягким. Однако это не объясняет того, почему мы должны есть его горячим, и для чего подогревать другие виды пищи, которые не надо делать мягкими. Третье объяснение заключается в следующем: увеличив температуру пищи, мы улучшаем ее вкус. Добавив ряд приправ, мы совершенствуем этот процесс. Такая практика возвращает нас не к заимствованным у плотоядных, а к более древним, распространенным у наших предков-приматов обычаям. Пища у типичных приматов гораздо богаче вкусовыми оттенками, чем у плотоядных. Намаявшись с добыванием пропитания (надо было выследить, убить и обработать добычу), хищник ведет себя без затей и тотчас принимается за трапезу. Ест жадно, глотая пищу большими кусками. Напротив, обезьяны очень хорошо разбираются во вкусовых качествах своих яств. Они ими наслаждаются и от одного переходят к другому. Возможно, когда мы разогреваем пищу и добавляем в нее специи, в нас говорит восходящая к временам приматов привередливость. Возможно также, что это один из способов подавлять наши плотоядные наклонности.



Вкусовые рецепторы.



Система обоняния человека. 1: Обонятельная луковица 2: Миндалины 3: Кость 4: Носовой эпителий 5: Клубочки 6: Обонятельные рецепторы.

Раз уж зашла речь о вкусе, то следует устранить недоразумение, связанное с тем, каким образом мы воспринимаем эти сигналы. Как мы чувствуем вкус? Поверхность языка у нас неровная, усеяна мелкими бугорками, называемыми папиллами, в которых находятся вкусовые рецепторы. У каждого из нас приблизительно 100 000 таких рецепторов, но в старости их восприимчивость ухудшается, а количество сокращается. Этим объясняется привередливость пожилых гурманов. Как ни странно, у нас всего лишь четыре вкусовых ощущения: кислое, соленое, горькое и сладкое. Положив кусочек еды на язык, мы определяем, в каких пропорциях содержатся в ней четыре вкуса. Именно такое сочетание и придает пище ее характерный вкус. Различные участки языка воспринимают вкус по-разному. Кончик его более чувствителен к соленому, боковые участки – к кислому, а тыльная часть – к горькому. Сам язык может определить текстуру и температуру пищи, но и только. Более тонкие и разнообразные «привкусы», к которым мы так чувствительны, воспринимаются органами обоняния, а не вкуса. Запах пищи проникает в носовую полость, где находится обонятельная мембрана. Замечая, что то или иное блюдо имеет восхитительный вкус, мы в действительности подразумеваем, что оно имеет восхитительный вкус и запах. Забавно, что, когда мы сильно простужены и наша восприимчивость ко вкусу резко снижается, мы заявляем, что еда безвкусна. В действительности вкус ее остается прежним. Нас озадачивает отсутствие запаха.

Отметив этот факт, следует указать на наше явное предпочтение сладкому. Такое свойство чуждо истинному плотоядному, но характерно для примата. По мере того как плоды зреют и становятся более пригодными для еды, они обычно становятся слаще. Обезьяны четко реагируют на все, что обладает таким вкусом. Подобно другим приматам, мы не в силах устоять перед «сладеньким». Наша приматская наследственность, вопреки склонности к мясному, дает себя знать в том, что мы любим все, что подслащено. Сладкое мы предпочитаем всему остальному. Недаром у нас имеются магазины «сладостей», но нет магазинов «кислостей». Плотно пообедав, мы обычно завершаем трапезу, от которой получили множество вкусовых ощущений, чем-нибудь сладким. Именно это послевкусие у нас и остается. Более показателен тот факт, что, когда нам хочется «заморить червячка» (и тем самым в известной степени приобщиться к свойственной приматам привычке есть понемногу, но часто), мы почти неизменно выбираем что-нибудь сладкое – конфеты, шоколад, мороженое или подслащенные напитки.

Склонность эта в нас настолько велика, что может натворить бед. Дело в том, что в еде нас привлекают два ее качества: питательная ценность и съедобность. В природных продуктах эти качества неотъемлемы одно от другого, но в синтетических продуктах они могут быть разделены, и это опасно. Не имеющие никакой питательной ценности продукты можно сделать чрезвычайно привлекательными для потребителя, добавив туда большое количество искусственно изготовленного вещества, придающего им сладкий вкус. Если они удовлетворяют нашу слабость, которой мы обязаны своим предкам-приматам, то мы так навалимся на лакомство, что в желудке не останется места для всего другого. В результате будет нарушена сбалансированность нашего рациона. Это особенно важно знать, когда речь идет о растущих детях. В одной из предыдущих глав я указывал на последние исследования, которые показали, что уровень предпочтения сладких запахов, а также ароматов фруктов резко падает с достижением половой зрелости, когда появляется склонность к цветочным, маслянистым и мускусным запахам. Слабостью подростков к сладостям можно злоупотреблять, что зачастую и происходит.

Взрослые сталкиваются с опасностью иного рода. Поскольку пищу для них обычно готовят вкусной – гораздо вкуснее, чем еда из натуральных продуктов, – ее вкусовая привлекательность резко возрастает, что приводит к перееданию. Во

многих случаях это является причиной излишнего веса, сказывающегося на здоровье. Для борьбы с ним придумываются самые немыслимые разгрузочные диеты. «Пациентам» велят есть то-то и то-то или заниматься различными физическими упражнениями. К сожалению, существует лишь одно решение проблемы – поменьше есть. Это не рецепт, а сказка, но, поскольку индивид окружен со всех сторон соблазнами, подобному совету следовать трудно даже непродолжительное время. На нашего «тяжеловеса» сваливается еще одна беда. Я уже говорил об «отвлекающих действиях» – тривиальной, ненужной деятельности, к которой прибегают для снятия напряжения в минуты стресса. Как мы убедились, одним из наиболее распространенных видов отвлекающего действия является «отвлекающая еда». Нервничая, мы глотаем все, что окажется под рукой, или потягиваем какой-нибудь напиток, хотя жажды не испытываем. Это способно успокоить нервы, зато увеличивает наш вес ввиду «тривиального» характера отвлекающей еды. Как правило, чего-либо сладкого. Если подобная практика продолжается в течение длительного времени, это приводит к хорошо известному состоянию «озабоченности своей полнотой», в результате чего у человека появляются округлые очертания неуверенного в себе, чувствующего свою вину индивида. Для такого человека толк от уменьшающих вес процедур будет лишь в том случае, если в его поведении произойдут перемены, которые помогут ему справиться с волнениями. В данной связи стоит упомянуть о роли жевательной резинки. Этот продукт, похоже, был изобретен исключительно как отвлекающее средство. Он позволяет снять напряжение, придает нам ощущение занятости делом, не нанося вреда здоровью перееданием.

Если мы обратимся к тому, что едят нынешние голые обезьяны, то увидим, что их рацион разнообразен. Сплошь и рядом стол у приматов гораздо богаче, чем у плотоядных. Последние специализировались в области питания, первые остались приспособленцами. К примеру, в результате продолжительных полевых исследований живущей на воле популяции макак установлено, что они поедают до 119 видов растений в виде почек, побегов, листьев, фруктов, корней, коры деревьев, не говоря о всевозможных пауках, жуках, бабочках, муравьях и птичьих яйцах. Рацион типичного плотоядного более питателен, но зато и более однообразен. Став хищниками, мы ели самое лучшее, что было в обоих мирах – растительном и животном. В нашем рационе появилось сытное мясо, но мы не отказались от прежней, свойственной приматам всеядности. За последнее время, то есть за последние несколько тысячелетий, методы получения продуктов питания значительно усовершенствовались, но в основном положение не изменилось. Насколько мы можем судить, древнейшие способы ведения сельского хозяйства можно приблизительно охарактеризовать как «смешанное фермерство». Животноводство и растениеводство развивались параллельно. Даже в настоящее время, когда в наших руках вся окружающая среда с ее обитателями и растительностью, мы по-прежнему не забываем ни об одном из них. Что же помешало нам предпочесть какое-нибудь одно направление сельского хозяйства? Ответ, похоже, заключается в следующем. В условиях быстрого роста плотности населения расчет на снабжение его одним лишь мясом может привести к затруднениям, связанным с его количеством. Снабжение же населения только зерновыми культурами приведет к опасному ухудшению качества питания.

Можно предположить, что раз наши предки-приматы обходились без мясного, то на такое должны быть способны и мы. Лишь обстоятельства, связанные с окружающей средой, вынудили нас стать плотоядными, а теперь, превратившись в ее хозяев и имея в своем распоряжении хорошо отлаженное зерновое хозяйство, мы могли бы вернуться к рациону своих древних предков-приматов. По существу, это вегетарианская или, как называют себя представители одного культа, фрукторианская точка зрения, но она нашла удивительно мало сторонников. Потребность в мясе, по-видимому, укрепилась в нас чересчур глубоко. Получив

возможность иметь его у себя на столе, мы не желаем отказаться от такой привычки. Показательно, что вегетарианцы редко объясняют свой выбор тем, что предпочитают растительную пищу всякой другой. Напротив, они приводят самые мудреные доводы в свое оправдание, ссылаясь на неточные данные ученых-медиков и непоследовательность философов.

Вегетарианцы по убеждению обеспечивают себе сбалансированную диету, подобно типичным приматам, используя целую гамму продуктов растительного происхождения. Но для некоторых сообществ преимущественно постный стол стал суровой необходимостью, а не выбором этического меньшинства. С развитием техники выращивания зерновых и упором на нескольких основных видах таких культур, в некоторых обществах процветает культивирование низкосортных видов сельскохозяйственных растений. Благодаря большому количеству выращиваемых зерновых стало возможным значительное увеличение народонаселения, но его зависимость от немногих хлебных культур привела к неполноценному питанию. Такие люди способны размножаться в больших количествах, но их потомство будет плохо развитым физически. Они не живут, а существуют. Подобно тому как излишнее количество вооружений может привести к катастрофе, так и злоупотребление технологией выращивания сельскохозяйственных культур может привести к катастрофе иного характера. Сообщества, лишенные необходимого сбалансированного рациона, возможно, и сумеют выжить, но им придется преодолевать вредные побочные явления, обусловленные нехваткой протеинов, минералов и витаминов, если они хотят двигаться вперед и качественно развиваться. Во всех наиболее здоровых и передовых современных обществах придерживаются сбалансированной мясорастительной диеты, и, несмотря на коренные перемены, которые произошли в области производства продуктов питания, прогрессивная голая обезьяна имеет сегодня в своем рационе, по существу, то же самое, что и ее древние предки-охотники. Отметим еще раз, что ее преобразование носит скорее видимый, чем реальный характер.

ЗАБОТА О ЗДОРОВЬЕ

Телу животного, непосредственно соприкасающемуся с внешней средой, здорово достаётся. Удивительно, как оно выдерживает такую трепку и сохраняется так долго. Это происходит благодаря чудесной системе восстановления тканей и, кроме того, благодаря тому, что животные выработали ряд особых приемов гигиены. Забота о своей наружности кажется нам пустяковым занятием по сравнению с кормежкой, борьбой за существование, бегством от противника и спариванием, но без такой заботы тело не могло бы надлежащим образом функционировать. Для таких существ, как мелкие птицы, уход за оперением – это вопрос жизни и смерти. Если перья у птицы запахаются, она не сумеет достаточно быстро взлететь, чтобы не попасть в лапы хищника, и не сможет сохранять высокую температуру тела с наступлением холодов. Птицы целыми днями купаются, чистят перья, смазывают их, скребутся, причем эта процедура продолжительная и осуществляется в сложной последовательности. Млекопитающие не столь тщательны, но, тем не менее, подолгу чистятся, вылизывают себя, выщипывают шерсть, скребутся и трутся. Как и оперение, шерсть следует содержать в чистоте, чтобы животному было тепло. Если она свалывается и запахается, то увеличится риск заболеть. Необходимо как можно старательнее уничтожать насекомых, паразитирующих на коже. Правила эти относятся и к приматам.

Зачастую можно наблюдать, как обезьяны, живущие на свободе, ухаживают за своей внешностью, систематически чистят шерсть, извлекая из нее частицы омертвевшей кожи и посторонние предметы. Обычно обезьяны засовывают их в рот и проглатывают, во всяком случае, пробуют на вкус. Такого рода занятия могут

продолжаться много минут; создается впечатление, что животное очень увлечено. Периоды ухода за внешностью могут неожиданно сменяться почесыванием тех участков тела, которые являются очагами раздражения. Большинство млекопитающих скребутся только задними лапами, но обезьяны пускают в ход, как передние, так и задние. Передние конечности обезьяны идеально подходят для этого занятия. Ловкие пальцы могут пройти по шерсти и с большой точностью определить место, которое беспокоит животное. По сравнению с когтями и копытами руки примата – идеальное приспособление для чистки. Но даже в этом случае две руки лучше, чем одна. И вот тут возникает проблема. Обезьяна может пустить в ход их обе, когда чистит ноги, бока или грудь, но ей не добраться до спины или самих рук. Кроме того, не имея зеркала, она не видит, что происходит, когда занята своей головой. Можно пустить в ход обе руки, но тогда придется действовать вслепую. Очевидно, что голова, спина и руки будут не так ухожены, как грудь, бока и ноги, если не придумать чего-нибудь особенного.

Решение проблемы – в социальном уходе, развитии взаимной дружеской помощи. Это можно наблюдать у многих видов птиц и млекопитающих, но особенно славятся такой взаимопомощью высшие приматы. У них разработана целая система сигналов, приглашающих оказать или получить такую помощь, и социальные «косметические» сеансы продолжаются долго и осуществляются с тщательностью. Когда обезьяна-«парикмахер» приближается к обезьяне-«клиенту», первая оповещает вторую о своих намерениях характерной гримасой. Она быстро-быстро причмокивает губами, зачастую высовывая язык между каждым причмокиванием. «Клиент» может сигнализировать о своей готовности принять услуги «косметолога», заняв расслабленную позу, возможно, подставляя ему для работы определенную часть тела. Как я уже объяснял в одной из предыдущих глав, причмокивание губами стало особым ритуалом, возникшим из повторяемых движений при чистке шерсти. Учащая эти движения и делая их более четко выраженными и ритмичными, стало возможно превратить их в бесспорный, хорошо заметный сигнал.



В парикмахерской.

Поскольку социальный косметический уход является совместным, умиротворяющим видом деятельности, причмокивание стало сигналом дружелюбия. Если два животных хотят укрепить узы взаимной дружбы, то они могут это сделать, неоднократно

но ухаживая за внешностью друг друга, даже если внешний вид приятеля и не требует этого. По-видимому, нет связи между тем, сколько грязи на шкуре приятеля, и тем количеством труда, которое вложено во взаимный уход. Похоже на то, что социальный уход за внешностью стал видом деятельности, который не зависит от первоначальных стимулов. Хотя такого рода деятельность по-прежнему имеет целью поддержание меха в чистоте, она теперь носит скорее социальный, чем косметический характер. Когда два животных находятся рядом в миролюбивой позе и ухаживают друг за другом, это укрепляет межличностные связи членов группы или колонии.

Из этой системы сигналов дружелюбия возникли два отвлекающих приема – один подобострастного характера, другой – покровительственного. Если более слабое животное боится более сильного, оно может ублажать последнего, причмокивая губами, а затем займется его мехом. Такой жест ослабляет агрессивность доминирующего животного и помогает подчиненному индивиду обрести его покровительство. За оказанные услуги ему позволяют остаться в «высоком присутствии». И наоборот, если доминирующий индивид желает утишить страхи более слабого животного, он может поступить таким же образом. Причмокивая губами, он может подчеркнуть, что совсем не агрессивен. Несмотря на свой внушительный вид, более сильное животное показывает, что не желает никому причинить вреда. Сигнал второго вида встречается реже, чем сигнал заискивания, просто потому, что в социальной жизни приматов востребован меньше. Редко бывает так, чтобы слабое животное имело нечто такое, что более сильное не могло бы при желании у него отобрать. Исключением из правил может быть случай, когда сильная, но бездетная самка захочет подойти к детенышу другой представительницы стада и приласкать его. При виде незнакомки малыш, естественно, пугается и прячется. В таких случаях мы можем наблюдать, как крупная самка пытается успокоить детеныша, причмокивая губами. Если такой жест успокаивает юное существо, то самка может приласкать его, потихоньку поглаживая малыша.

Если обратиться к нашему виду, то можно увидеть проявление этой свойственной приматам привычки и у нас. Но не просто в стремлении «навести марафет», но и в социальном контексте. Разумеется, разница в том, что у нас теперь нет роскошных природных шуб или меха, который нужно почистить. Когда две голые обезьяны встречаются и хотят укрепить свои дружеские отношения, они должны подыскать некое соответствие социальному уходу за внешностью знакомого, распространенному у приматов. Если мы изучим такие ситуации, в которых у других приматов можно было бы наблюдать взаимное наведение марафета, то любопытно провести сравнение. Прежде всего, причмокивание губами заменила улыбка. Ее происхождение как специального детского сигнала уже обсуждалось. Мы видели, что, не имея возможности цепляться за шерсть матери, младенец должен был выработать какой-нибудь способ привлечь к себе внимание родительницы и ублажить ее. У взрослых улыбка стала превосходным заменителем сигнала, предлагающего знакомому заняться его внешностью. Но вот благосклонное внимание завоевано. Что же дальше? Установившийся контакт нужно поддерживать. Причмокивание подкрепляется «косметическими услугами», но что подкрепляет улыбку? Правда, улыбку можно повторить и сохранить ее и после того, как установлен первый контакт. Однако необходимо еще нечто такое, что задержит внимание партнера. Необходимо нечто вроде ухода за его внешностью и последующие действия. Простые наблюдения показывают, что выход найден – это звуки, облаченные в словесную оболочку.

Поведенческий образец разговора первоначально возник из возросшей необходимости во взаимообмене информацией. Начало ему дало обычное, распространенное среди животных явление бессловесной звуковой сигнализации, выражающей состояние того или иного индивида. Из характерного, дарованного млекопитающим природой репертуара, состоящего из ворчания и попискивания, возникла более слож-

ная система заученных звуковых сигналов. Эти фонемы, их комбинации и сочетания комбинаций стали основой так называемой «передачи информации». В отличие от более примитивных бессловесных сигналов, сообщающих о состоянии данного индивида, этот новый способ общения позволил нашим предкам указывать на предметы окружающей среды, а также на факты в прошлом, будущем и настоящем. По сей день передача информации остается наиболее важной для нашего вида формой звукового общения. Однако, возникнув, форма эта не остановилась в своем развитии. Она приобрела дополнительные функции, одна из которых – «обмен настроением». Строго говоря, это было излишне, поскольку бессловесные сигналы, оповещающие о состоянии того или иного индивида, утрачены не были. Мы до сих пор можем (и делаем это) передавать свои эмоции с помощью первобытных, унаследованных от приматов, криков и возгласов. Но словесными сообщениями о своих чувствах мы эти сигналы усиливаем. Болезненный стон тотчас сопровождается восклицанием: «Больно!». За сердитым рыком следует сообщение: «Как я зол!». Иногда бессловесный сигнал не выражается в чистом виде, а заменяется голосовым сигналом. Вместо слова «больно» мы ноем или вскрикиваем. Вместо фразы «как я зол!» слышится рев или рык. В таких случаях интонация так напоминает древний язык сигналов, используемый млекопитающими, что даже собака может понять значение того или иного звука, не говоря уже о нашем сородиче-иностранце. Сами слова, произносимые при этом, фактически излишни. (Попробуйте прорычать: «Хороший песик» или проворковать: «Плохая собака», и вы поймете, что я имею в виду.) В своей примитивной форме «обмен настроением» представляет собой лишь «выплескивание» словесных сигналов в область общения между индивидами, которая уже нами освоена. Ценность его – в тех дополнительных возможностях, которые он дает для более изысканного и точного оповещения о своем состоянии.

Третья форма вербализации – «разговор-изучение». Это беседа ради беседы, эстетическая беседа или, если угодно, «разговор-игра». Подобно другой форме передачи информации – изготовлению изображений, которое стало использоваться в качестве средства эстетического исследования, то же произошло и с разговором. Поэт возникал рядом с художником. Однако в настоящей главе речь идет о четвертой форме вербализации, которую очень удачно называли «косметической беседой». Это малозначащая вежливая болтовня о событиях в социальной жизни типа «что за славная нынче погода!» или «какие книги вы прочли в последнее время?». Цель ее – не обмен важными мыслями или информацией. Она не отражает подлинного настроения говорящего, а также не доставляет эстетического удовольствия. Ее цель – усилить впечатление от приветственной улыбки и поддерживать чувство общности. Это человеческий заменитель социальной «косметической службы» приматов. Предоставляя нам возможность мирно беседовать, подобное поведение позволяет в течение продолжительного времени общаться друг с другом, таким образом устанавливая и укрепляя важные групповые контакты и привязанности.

Любопытно наблюдать за развитием «косметической беседы» во время встречи в обществе. Самую главную роль она играет после завершения приветственного ритуала. Затем медленно затухает, но после того, как общество разбивается на отдельные группы, вспыхивает вновь. Если группа собралась с целью общения, то «косметические разговоры» могут, разумеется, продолжаться до тех пор, пока не будут исчерпаны все темы познавательных бесед, разговоров о настроениях и исследовательского характера. Хорошим примером является вечеринка. В таких случаях хозяин или хозяйка могут даже запретить гостям вести «серьезные» разговоры, то и дело прерывая затянувшиеся беседы и вовлекая гостей в «косметический разговор» с целью обеспечить максимальное общение приглашенных между собой. Таким образом, каждый гость всякий раз снова оказывается в состоянии «первоначального контакта», когда стимул к «косметическим разговорам» будет

наиболее силен. Для успеха такого рода встреч нужно приглашать достаточное количество гостей, чтобы как можно больше лиц смогли перезнакомиться друг с другом, прежде чем вечеринка закончится. Это объясняет тот магический минимум посетителей, который автоматически устанавливается для подобных встреч. Во время званых обедов с ограниченным числом приглашенных возникает несколько иная ситуация. Тут можно наблюдать, как «косметические разговоры» сходят на нет, едва начинается обмен важной информацией. Однако прежде чем гости разойдутся, на некоторое время снова вспыхивает разговор о том о сем. Возобновляется обмен улыбками, и таким образом укрепляются взаимные контакты, которые будет проще возобновить при следующей встрече.

Если перенести наши наблюдения на более официальные деловые встречи, где главная цель – обмен информацией, то мы увидим, что «косметическим разговорам» придается меньшее значение, однако они не исчезают полностью. Здесь, как правило, они затеваются в начале и в конце встречи. Но в отличие от того, что происходит на званом обеде, после нескольких вежливых вступительных фраз такие беседы если и возобновляются, то лишь перед концом встречи, когда становится ясно, что приближается минута расставания.

Вследствие сильного желания приступить к «косметическим разговорам», деловые группы обычно вынуждены как-либо усугублять официальный характер своих встреч, чтобы подавить тягу к праздной болтовне. Именно этим и объясняется процедура создания комитетов для проведения конференций, где официальщина достигает такого уровня, с которым не сравнятся никакие другие встречи.

Хотя «косметические беседы» являются самой важной заменой социальной «косметической деятельности», это не единственный ее вид. Мы, со своей голой кожей, возможно, и не умеем посылать достаточно мощные сигналы. Зато к нашим услугам другие, более притягательные поверхности. Предметы одежды, ковры, мебель с пушистой или ворсистой поверхностью обивки зачастую пробуждают в нас желание лишний раз прикоснуться к ним. Еще более притягательны в этом отношении домашние животные-любимцы: мало кто из голых обезьян устоит перед соблазном погладить по спинке кота или почесать за ухом у собаки. Тот факт, что животное ценит ласку, является лишь частью награды «косметологу» за его усердие. Важнее то, что поверхность тела животного позволяет утолить наше первобытное, восходящее к приматскому прошлому, стремление кого-нибудь приголубить.

Что касается нас самих, то хотя наше тело лишено растительности, зато на голове предостаточно длинных, роскошных волос – чем не поле деятельности для «гладильщиков»? И шевелюра действительно становится объектом внимания – в гораздо большей степени, чем этого требуют соображения гигиены. Объектом внимания профессиональных косметологов – парикмахеров и мастеров по прическам. Никогда не пойму, почему взаимное расчесывание не стало неотъемлемой частью наших встреч, происходящих в узком кругу. К чему было придумывать «косметические разговоры и подменять ими более характерные для приматов взаимные косметические услуги, когда вы сосредоточиваете свое внимание на голове знакомого? По-видимому, ответ в том, что волосы имеют сексуальное значение. В настоящее время мужские и женские прически разительно отличаются друг от друга, тем самым как бы подчеркивая половую принадлежность их владельцев. Ассоциации сексуального характера неизбежно накладывают свой отпечаток на модели сексуального поведения, поэтому, поглаживая и лаская чьи-то волосы, мы как бы подчеркиваем эротический характер своего отношения к объекту нашего внимания, что не согласуется с его значением как простого жеста расположения, допускаемого в обществе. Поскольку не принято ухаживать за чьими-то волосами при встречах общих знакомых, следовало найти выход такому желанию. Поглаживая кошку или обивку дивана, мы можем удовлетворить нашу потребность ласкать, но желание быть обласканным требует особых обстоятельств, при которых его можно было бы

удовлетворить. Такие обстоятельства создает наличие салонов причесок. Здесь клиент может сколько угодно ублажать себя, не опасаясь, что процедура будет ассоциироваться с каким-либо сексуальным подтекстом. Такого рода опасность устранена благодаря существованию особой категории профессиональных парикмахеров, совершенно не связанных с «племенной» группой знакомых между собой лиц. Опасность эта сводится до минимума благодаря тому, что парикмахеры-мужчины обслуживают мужчин, а мастерицы – женщин. Если же даму обслуживает мастер-мужчина, то он обычно придает себе женоподобный вид, несмотря на его подлинную сексуальную ориентацию. Мужчин почти всегда обслуживают мужчины; если же используется массажистка, то она, как правило, имеет мужеподобную внешность.

Уход за волосами выполняет три задачи. При этом не только очищаются волосы и удовлетворяется ваше желание, чтобы кто-нибудь о вас позаботился, но и улучшается внешний вид клиента. Среди голых обезьян принято украшать свое тело в сексуальных, агрессивных или иных целях; вопрос этот рассматривается в других главах. В настоящей главе, посвященной уходу за внешностью, он почти не затрагивается. Мы только отметили, что он, похоже, является следствием косметических операций. Татуировка тела, выбривание и выщипывание волос, маникюр, прокалывание мочек ушей и более примитивные виды членовредительства – все эти действия, на наш взгляд, восходят к элементарному уходу за внешностью. Однако если «косметические разговоры» позаимствованы и явились заменой «косметической деятельности», то здесь произошло обратное, и уход за внешностью стал использоваться в других целях. Действия, первоначально направленные на уход за внешностью с целью ее украшения, превратились в ее уродование.

Такого рода тенденцию можно наблюдать у животных, обитающих в неволе, в зоопарке. Они приглаживают языком шерсть, вылизывают ее с такой силой, что местами выщипывают волосы догола, а то и наносят себе или своим сожителям небольшие раны. Такого рода излишняя забота о внешности – результат стресса или скуки, вызываемых условиями содержания животных. Вполне возможно, что такие же причины заставляют представителей нашей расы уродовать поверхность своего тела, чему способствует лишенная волосного покрова кожа. Однако в данном случае умение приспособливаться позволило нам использовать эту опасную и вредную для здоровья тенденцию как способ украшать себя.

Этот обычный метод ухода за кожей развился в другой, более важный вид деятельности – здравоохранение. Другие животные достигли в этом направлении незначительных результатов. Что же касается голых обезьяны, то увеличение диапазона медицинских услуг, ставших следствием социального поведения, заключающегося во взаимной заботе о внешности, оказал огромное влияние на успешное развитие нашей расы, особенно в последнее время. Зачатки такого поведения мы можем наблюдать у наших ближайших родственников – шимпанзе. Было замечено, что одна обезьяна, помимо того, что ухаживала за внешностью другой, оказывала ей и услуги медицинского характера. Она тщательно осматривала небольшие повреждения кожи или ранки у своего сородича и вылизывала их дочиста. Зажав кожу «пациента» между двумя пальцами, обезьяна аккуратно вынимала из нее занозы. Однажды наблюдали, как самка шимпанзе, которой в левый глаз попала соринка, хныча и явно страдая, подошла к самцу. Тот сел и принялся внимательно разглядывать «пациентку». Затем очень осторожными и точными движениями кончиков пальцев принялся извлекать соринку. Это больше, чем уход за внешностью сородича. Налицо первый симптом поистине взаимной заботы о здоровье. А описанный эпизод – просто вершина такой заботы. Что касается нашей расы, то, при наличии у нее высокого уровня сообразительности и взаимного сотрудничества, пример обслуживания подобного рода должен был положить начало технологии взаимной медицинской помощи. Современный мир медицины достиг такого высокого уровня развития, что стал, в социальных категориях, ярким свидетельством на-

шего поведенческого отношения к уходу за внешностью и здоровьем друг друга. Начав с решения незначительных проблем, медицина взялась за лечение серьезных недугов и значительных телесных повреждений. Ее достижения как биологического феномена уникальны. Она стала рациональной, но мы в известной мере упускаем из виду ее иррациональные элементы. Для того чтобы это понять, важно различать серьезные и тривиальные случаи недомогания. Подобно любому другому животному, голая обезьяна может совершенно случайно сломать ногу или заболеть инфекционной болезнью. Но когда речь идет о тривиальных недугах, выясняется, что они совсем не то, чем кажутся на первый взгляд. К незначительным недугам обычно относятся так, словно это всего лишь слабо выраженные варианты серьезных заболеваний. Однако существуют убедительные доказательства того, что в действительности они скорее обусловлены примитивным желанием, чтобы о тебе позаботились. Медицинские симптомы отражают поведенческую проблему, которая лишь приняла вид физической проблемы, в действительности ею не являясь.

Типичные примеры недомоганий, отражающих приглашение к «косметической деятельности», как можно было бы их назвать, – это кашель, простуда, грипп, прострел, мигрень, желудочное расстройство, сыпь, ангина, разлитие желчи, тонзиллит и ларингит. Состояние больного не внушает опасения, но оно достаточно неприятно, чтобы можно было рассчитывать на повышенное внимание к себе со стороны окружающих. Симптомы недомоганий действуют так же, как сигналы, приглашающие к «косметическому» уходу, и требуют внимания со стороны докторов, медицинских сестер, аптекарей, родственников и друзей. «Пациент» провоцирует их сочувствие и заботу, и зачастую одного этого достаточно, чтобы вылечить болезнь. Прием таблеток и лекарств заменяет древние «косметические» действия и создает впечатление занятости, которое поддерживает отношения между «косметологом» и его пациентом в продолжение всего этого этапа социального взаимодействия. Точный характер препаратов не имеет особого значения, так что на этом уровне нет большой разницы между действиями современных врачей и первобытных знахарей.

Возражение против подобного истолкования незначительных недомоганий наверняка будет основано на доказательствах существования в природе вирусов и бактерий. Ответ на него в том, что в любом городе все мы постоянно подвергаемся воздействию вирусов и бактерий, но очень редко становимся их жертвами. Кроме того, одни индивиды в большей мере подвержены их воздействию, чем другие. Те представители нашего сообщества, которые весьма преуспевают или прекрасно приспособлены в социальном плане, редко страдают от болезней, при которых пациенту хочется, чтобы за ним поухаживали. Те же лица, у которых имеются временные или давнишние трудности социального характера, напротив, очень восприимчивы к ним. Самое любопытное – каким образом эти заболевания соотносятся с конкретными потребностями индивида. Допустим, некая актриса страдает от социальных стрессов. Что происходит в этом случае? Она теряет голос, у нее развивается ларингит, в результате чего она вынуждена прекратить работу и отдохнуть. О ней заботятся, за ней ухаживают. Социальные проблемы устранены (по крайней мере, временно). Если бы у нее на теле появилась сыпь, то можно было бы прикрыть ее одеждой и продолжать работать, хотя социальные проблемы не исчезли бы. Но сравним ее ситуацию с ситуацией борца. Потеря голоса была бы для него неубедительным поводом к приглашению «косметолога», зато сыпь на теле была бы идеальным для этого предлогом. Именно на этот недуг чаще всего жалуются своим докторам труженики ковра. Забавный факт. Одна известная актриса, которая славится тем, что появляется на экране в чем мать родила, находясь в стрессовом положении, болеет не ларингитом. У нее на коже появляется сыпь. Поскольку ей, как и борцам, приходится обнажаться, она выбирает «атлетическое» заболевание, а не то, что свойственно другим актрисам.

Если потребность в утешении ярко выражена, то и заболевание становится бо-

лее тяжелым. Больше всего заботы по отношению к себе мы видим в младенческие годы, когда лежим в своих детских кроватках. Поэтому достаточно тяжелый недуг, способный уложить нас в постель, имеет то преимущество, что как бы возрождает утешительное внимание, которое оказывали нам в детстве. Мы можем подумать, что принимаем сильную дозу лекарства, но в действительности нам нужна сильная доза безопасности, которая и вылечит нас. (Речи о симуляции нет. В симуляции нет необходимости. Симптомы болезни вполне реальны. К поведенческому характеру относится причина заболевания, а не его проявление.)

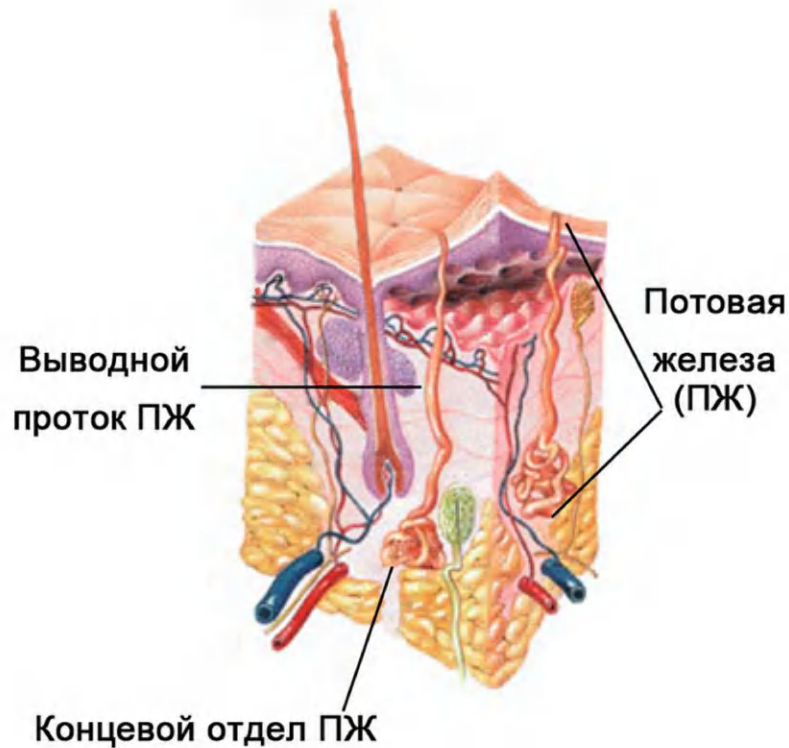
В той или иной степени все мы – неудавшиеся утешители и утешаемые, так что удовлетворение, которое можно получить от ухода за больным, столь же существенно, как и причина болезни. У некоторых индивидов потребность заботы о ближнем настолько велика, что они даже могут активно способствовать возникновению и продлению болезни у того или иного знакомого, лишь бы иметь возможность полнее удовлетворить свое стремление кого-то утешать. Таким образом может возникнуть порочный круг, где отношения между утешителем и утешаемым выходят за рамки разумного. Дело доходит до того, что больной превращается в хроника, требующего постоянного внимания (и получающего его). Если бы «взаимно утешающая пара» такого рода узнала бы правду относительно их поведения, она стала бы яростно ее отрицать. Тем не менее, удивительно, какие чудесные исцеления подчас бывают в тех случаях, когда происходит важный социальный подъем в окружении «утешителя – утешаемого» (медицинской сестры – пациента). Целители иногда используют такую ситуацию с поразительным успехом, но, к сожалению, многие болезни, с которыми они сталкиваются, имеют физические причины и физические последствия. Против них также работает и то обстоятельство, что физические последствия «заболеваний, вызванных потребностью в утешении», носят поведенческий характер и могут легко нанести непоправимый вред организму, если будут достаточно продолжительными или ярко выраженными. Если такое произойдет, то понадобится серьезное рациональное лечение.

До сих пор я делал упор на социальных аспектах «утешительного» – поведения представителей нашей расы. Как мы убедились, в этом направлении достигнуты большие успехи, но это не исключило и не заменило более простые способы самоочищения и самоутешения. Подобно другим приматам, мы по-прежнему чешемся, трем глаза, ковыряемся в своих болячках и зализываем раны. Как и они, обожаем солнечные ванны. Ко всему этому мы добавили ряд специальных, выработанных культурой приемов, наиболее распространенным из которых является умывание водой. Это редкое занятие у других приматов, хотя некоторые виды купаются время от времени. У нас же в большинстве сообществ оно имеет важное значение для гигиены тела.

Несмотря на явную пользу, частое умывание означает большую нагрузку на подкожные железы, вырабатывающие антисептические и защитные масла и соли, что делает человеческий организм в известной степени более уязвимым к заболеваниям. Такой недостаток допускается лишь потому, что, смывая природные масла и соли, мы в то же время удаляем грязь, которая является источником заболеваний.

Помимо заботы о чистоте тела, общая категория образцов «утешительного» поведения включает деятельность по поддержанию требуемой температуры тела. Как и у всех млекопитающих и птиц, у нас выработалась постоянная температура тела, позволяющая нам значительно увеличить физиологическую эффективность организма. Когда мы здоровы, наша внутренняя температура изменяется в пределах 3° по Фаренгейту, независимо от температуры окружающей среды. Эта внутренняя температура колеблется в зависимости от времени суток, достигая максимума в конце дня и минимума – часа в четыре утра. Если окружающая температура становится слишком высокой или слишком низкой, мы тотчас испытываем заметный дискомфорт. Неприятные ощущения, которые у нас возникают, действуют наподобие

системы раннего оповещения, требующей от нас принятия срочных мер для предотвращения опасного переохлаждения или перегрева внутренних органов. Помимо того, что мы осознанно реагируем на перепады температуры, наш организм срабатывает автоматически и сам принимает меры для стабилизации теплового баланса. Если наружная температура становится слишком высокой, происходит расширение сосудов. Это увеличивает поверхность охлаждения и способствует снижению температуры. Кроме того, происходит обильное потоотделение. У каждого из нас имеется около двух миллионов потовых желез. При высокой наружной температуре они способны выделить до литра пота в час. Испарение этой влаги с поверхности тела обеспечивает еще один полезный вид тепловых потерь. В процессе приспособления к более высоким температурам окружающей среды у нас резко усиливается потоотделение. Это жизненно важно, потому что даже в условиях самого жаркого климата наше тело может выдержать увеличение внутренней температуры лишь на 4° по Фаренгейту, независимо от нашей расовой принадлежности.



Вид и расположение потовой железы.

Если наружная температура становится слишком низкой, мы реагируем на это сужением сосудов и дрожью. Сужение сосудов способствует сохранению телом тепла, а при дрожи вырабатывается в три раза больше тепла, чем в состоянии покоя. Если кожа подвергается сильному переохлаждению, то длительное сужение сосудов приведет к обморожению. В области кистей у нас имеется важная противообмораживающая система. Кисти рук первыми реагируют на сильный холод резким уменьшением диаметра кровеносных сосудов; затем, минут через пять, происходит обратный процесс: сосуды расширяются, руки становятся горячими и краснеют. (Всякий, кто играл зимой в снежки, может это подтвердить.) После этого процессы сужения и расширения сосудов продолжают сменять друг друга. Сужение уменьшает тепловые потери, а расширение препятствует обморожению. У лиц, постоянно живущих в холодных климатических условиях, вырабатывается способность к акклиматизации, в том числе несколько повышенный темп обмена веществ.

По мере распространения нашей расы по поверхности земного шара, в биологических механизмах контроля температуры возникли существенные, культурно обусловленные изменения. Использование огня, теплоизоляции домов, появление оде-

жды стали средствами сохранения тепла, а вентиляторы и кондиционеры используются для борьбы с перегревом. Но как бы впечатляющи и значительны ни были эти достижения, они нисколько не изменили температуру наших внутренних органов, неизменную с эпохи приматов. Они лишь послужили средством адаптации нашего тела к внешней температуре.

Прежде чем покончить с проблемой реагирования на температурные изменения, следует отметить еще один момент, связанный с потоотделением. Подробные исследования показали, что реакции потоотделения не настолько просты, как это может показаться на первый взгляд. Большинство областей поверхности тела начинают обильно потеть при сильной жаре, что, несомненно, является первой реакцией системы потовых желез. Однако некоторые участки реагируют на воздействие иного вида, и потоотделение может происходить там независимо от окружающей температуры. К примеру, после употребления сильно приправленных специями блюд потеет лицо. В стрессовом состоянии у нас потеют ладони, подошвы, подмышки, а иногда и голова, но не другие части тела. И тут наблюдаются известные различия. Ладони и подошвы потеют иначе, чем подмышки и лоб. Первые два участка реагируют только на ситуации, связанные с эмоциями, в то время как два последних – как на эмоциональное, так и на температурное воздействие. Отсюда понятно, что кисти и ступни «заимствовали» потоотделение у системы контроля температуры и теперь используют ее в новом функциональном контексте. Увлажнение ладоней и подошв ног в стрессовых ситуациях, похоже, стало характерным признаком сигнала «готов ко всему», который вырабатывается организмом в случае угрозы опасности. Когда мы плюем на ладони, прежде чем взяться за топор, то это, в известном смысле, физиологическая реакция, аналогичная вышеупомянутому процессу.

Потение ладоней может наблюдаться и у целых сообществ и даже народов, если их групповой безопасности что-то угрожает. Во время политического кризиса, когда неожиданно усилилась угроза ядерной войны, от всех видов экспериментов, связанных с потением ладоней, проводившихся в одном научно-исследовательском институте, пришлось отказаться, поскольку основной уровень реакции настолько отличался от нормы, что дальнейшие опыты были бы бессмысленны. Если гадалка изучает наши ладони, то едва ли она сумеет точно предсказать наше будущее; если же это сделает физиолог, то он наверняка определит, чего нам следует страшиться в ближайшие годы.

ЖИВОТНЫЕ

До сих пор мы изучали отношение голой обезьяны к себе и себе подобным, то есть внутривидовое поведение. Остается изучить ее межвидовое поведение, то есть ее действия относительно других животных.

Все высшие животные знают о существовании некоторых других видов, населяющих вместе с ними среду обитания. В зависимости от возникающих между ними отношений, эти виды разделяются на пять категорий: жертвы, симбионты, конкуренты, паразиты и хищники. С точки зрения нашего вида их можно свалить в одну кучу под одной категорией «экономического» подхода к животным, к которому можно прибавить научный, эстетический и символический подходы. Этот широкий диапазон интересов определил наше межвидовое отношение, которое уникально для мира животных. Для того чтобы разобраться в нем и понять его объективно, мы должны рассматривать это отношение шаг за шагом, аспект за аспектом.

В силу ищущей и приспособляющейся природы голой обезьяны перечень ее жертв огромен. В том или ином месте, в то или иное время она убивала и поедала почти всех животных, которых вам вздумается назвать. Изучая доисторические ископаемые останки, мы установили, что около полумиллиона лет назад лишь на одном участке местности она охотилась на бизонов, лошадей, носорогов, оленей,

медведей, овец, мамонтов, верблюдов, страусов, антилоп, буйволов, кабанов и гиен. Составлять наше меню для более поздних времен было бы бессмысленно, однако нужно отметить одну особенность нашего поведения как хищников, а именно – нашу склонность к одомашниванию некоторых видов своих жертв. Хотя мы готовы при случае полакомиться всем, что, на наш взгляд, съедобно, мы все-таки ограничились несколькими основными видами животных.

Разведение животных, включая организованный контроль и селекцию своих жертв, как известно, практикуется в течение как минимум десяти тысяч лет, а возможно, и того дольше. По-видимому, первыми домашними животными были овцы и олени. Затем, с появлением оседлых сельскохозяйственных сообществ, к этому списку добавились свиньи, крупный рогатый скот, в том числе азиатский буйвол и як. Мы располагаем данными, что уже четыре тысячи лет назад разводили определенные породы крупного рогатого скота. В то время как козы, овцы и олени из преследуемой добычи сразу же превратились в пасомую добычу, свиньи и крупный рогатый скот, согласно существующей гипотезе, начали свое знакомство с человеком как грабители злаковых полей. Как только человек стал разводить злаковые культуры, эти животные решили воспользоваться богатыми запасами пищи, но попали в неволю к первым земледельцам.

Единственным мелким млекопитающим-жертвой, одомашнивание которого оказалось продолжительным, был кролик. Наиболее важными видами птиц, подвергшимися одомашниванию тысячи лет назад, были куры, гуси и утки, а позже – в небольших количествах – к ним прибавились фазаны, цесарки, перепела и индейки. Единственными породами рыб, имеющими древнюю историю одомашнивания, являются угорь, карп и золотистый карась. Однако последний вскоре стал декоративным, а не гастрономическим видом рыбы. Разведение этих пород ограничено двумя последними тысячелетиями и сыграло лишь незначительную роль в общей истории нашего организованного хищнического существования.

Ко второй категории в нашем перечне межвидовых отношений относятся симбионты. Симбиоз – это совместное взаимовыгодное существование особей двух видов. В животном мире известно много примеров такого рода, наиболее знаменитым из которых является партнерство между птицами и некоторыми крупными копытными, такими как носорог, жираф и буйвол. Птицы поедают насекомых, паразитирующих на коже животных, помогая последним сохранить здоровье, в то время как животные обеспечивают их пищей.

В тех случаях, когда мы являемся участниками симбиотической пары, она, эта пара, имеет тенденцию весьма заметно склоняться в нашу пользу, несмотря на взаимную выгоду отношений. И все-таки это отдельная категория, отличающаяся от более жестких взаимоотношений между жертвой и хищником, поскольку она исключает смерть одного из партнеров. Мы эксплуатируем животных, но они получают корм и заботу. Это неравноправный симбиоз, поскольку мы контролируем ситуацию, а наши партнеры-животные обычно имеют небольшой выбор в данном вопросе, а то и вовсе никакого.

Наиболее древний симбионт в нашей истории – это, разумеется, собака. Нельзя сказать с уверенностью, когда именно наши предки впервые начали приручать это полезное животное, но, похоже, не менее чем десять тысячелетий назад. История ее приручения увлекательна. Дикие, похожие на волков, предки домашней собаки, должно быть, являлись серьезными конкурентами наших предков-охотников. И те и другие стаями охотились на крупную дичь и поначалу никакого расположения друг к другу не питали. Однако дикие собаки обладали некоторыми качествами, которых не было у наших охотников. Они успешно окружали и гнали добычу в процессе охоты, причем делали это с большой скоростью. Они также обладали более развитым обонянием и слухом. Если их качества удалось бы использовать в обмен на долю убитой добычи, то это была бы удачная сделка. Каким-то образом – как именно, неизвестно – такая сделка состоялась, и возникла межвидовая связь.

Возможно, все началось с того, что в логово племени принесли молодых щенков для откорма на пищу. Но вскоре было установлено, что это бдительные ночные сторожа, и подобное открытие решило их судьбу. Те особи, которых приручили и оставили в живых, позволив им сопровождать мужчин в охотничьих вылазках, вскоре показали свою прыть во время преследования зверя. Выращенные в домашних условиях собаки вскоре стали считать себя членами стаи голых обезьян и начали инстинктивно сотрудничать со своими приемными вожаками. Селективным выращиванием в течение нескольких поколений непослушные были ликвидированы, и появилась новая, улучшенная порода все более сдержанных и послушных домашних собак-охотников.

Была выдвинута гипотеза, что именно такое развитие отношений человека и собаки позволило нашим предкам приступить к одомашниванию копытных. Козы, овцы и олени были в известной мере приручены еще до развития полномасштабного сельского хозяйства, и улучшенная порода собаки рассматривается как важный фактор, сделавший это возможным: собаки помогали людям окружать и стогнать животных в стадо. Исследование повадок нынешних собак-овчарок и диких волков обнаружило много сходства между ними, что явилось убедительным доказательством в пользу высказанной гипотезы.

В более поздний период с помощью интенсивной селекционной работы был получен целый ряд специальных собак-симбионтов. Первобытная многоцелевая охотничья собака помогала человеку на всех этапах операции, но ее более поздние потомки усовершенствовали определенные аспекты богатого набора их качеств. Отдельные собаки с необычно развитыми способностями подвергались инбридингу с целью усилить эти способности. Как мы уже видели, особи, умеющие хорошо маневрировать, стали пастушьими собаками, задача которых состояла главным образом в том, чтобы стогнать одомашненных животных (овчарки). Другие, наделенные особо чувствительным обонянием, стали разводиться как гончие, работающие по следу. Третьи, развивающие большую скорость, стали гончими, работающими по зрению. Четвертые предназначались для обнаружения добычи. Использовалась и развивалась их способность «сделать стойку», то есть замереть, обнаружив добычу (сеттеры и пойнтеры). С целью борьбы с вредителями и грызунами выращивались мелкие породы собак (терьеры). Первобытные сторожевые собаки были генетически усовершенствованы и превратились в собак-охранников (мастифы).

Помимо этих широко распространенных пород с помощью селекции выращивались собаки для выполнения самых необычных задач. Наиболее характерным примером такого рода является бесшерстная собака первобытных индейцев – голая собака с необычайно высокой температурой кожи, которая использовалась для обогрева жилища.

В более поздние времена симбиотическая собака зарабатывала себе на пропитание в качестве ездовой, тащившей сани или тележки, а во время войны – в качестве связиста и искателя мин. Собака использовалась при спасательных работах для поиска под снегом альпинистов; как полицейская собака, отслеживающая и задерживающая преступников; как собака-проводник, поводырь слепых и даже как заменитель космонавтов. Ни одно другое симбиотическое животное не выполняло для нас столько сложных и разнообразных задач. Даже сегодня, при всех наших технических достижениях, собака по-прежнему активно используется в самых разных целях. Сотни пород, которые можно выделить, являются чисто декоративными животными, однако собакам, по-видимому, предстоит выполнить еще немало серьезных задач.

Собака оказалась столь успешным спутником охотника, что предпринималось очень мало попыток приручить для этой цели другие виды животных. Единственным заметным исключением являются гепард и некоторые хищные птицы, в особенности сокол, но ни в том, ни в другом случае успеха в управляемой селекции достигнуто не было. Всякий раз требовалось индивидуальное обучение животного. В

Азии в качестве активного помощника рыболова используется баклан – птица-ныряльщик. Яйца баклана собирают и подкладывают под курицу-наседку. После этого птенцов кормят из рук и заставляют ловить рыбу, привязанную к бечевке. Рыба доставляется птицей к лодке и отрыгивается, поскольку бакланам надевают специальные воротники, не позволяющие им глотать добычу. Но и здесь не принималось никаких попыток усовершенствовать потомство птиц с помощью селекции.

Другой древней формой эксплуатации животных является использование мелких млекопитающих для борьбы с сельскохозяйственными вредителями. Такая их деятельность нашла применение лишь с развитием зерноводства. С появлением крупных зернохранилищ грызуны стали серьезной проблемой. Понадобились услуги животных, уничтожающих таких вредителей. На помощь пришли кошки, хорьки и мангусты. В первых двух случаях удалось полное одомашнивание животных и их селекция.

Пожалуй, наиболее важным видом симбиоза явилось использование некоторых крупных видов млекопитающих в качестве вьючных животных. К ним относятся лошади, онагры (азиатские дикие ослы), ослы (африканские дикие ослы), крупный рогатый скот, включая буйволов и яков; северные олени, верблюды, ламы и слоны, которые активно эксплуатируются. В большинстве случаев их дикие виды «улучшались» путем селекции. Исключением явились онагр и слон. В качестве вьючного животного онагр использовался древними шумерами свыше четырех тысяч лет назад, но стал ненужным с появлением более послушного животного – лошади. Хотя слон до сих пор используется как рабочее животное, он всегда представлял собой слишком большую проблему для животновода и никогда не применялся в качестве объекта селекции.

В следующую категорию одомашненных животных входит целый ряд видов, используемых как источник продовольствия. Таких животных не убивают, поэтому они не могут считаться жертвами. Они используются как бы частично: коров и коз доят, овец и альпак стригут, у кур и уток берут яйца, у пчел – мед, у шелкопряда – шелковую нить.

Помимо этих важных категорий животных – помощников на охоте, уничтожителей грызунов, вьючных животных, поставщиков продуктов питания, – в симбиотические отношения с нашим видом вступили существа, которые выполняли своеобразную роль. Прирученный голубь использовался как почтальон. Удивительная способность этой птицы находить дорогу домой применялась в течение многих тысячелетий. Эта взаимосвязь стала настолько важной во время войн, что был разработан контрсимбиоз: стали обучать соколов перехватывать крылатых связистов. Совсем в другом контексте в течение многих лет селективно выращиваются сиамские боевые рыбы и петухи бойцовых пород. Ученые-медики широко используют в качестве подопытных животных морских свинок и белых крыс.

Вот каковы главные симбионты – животные, которые были вынуждены стать своего рода партнерами нашей изобретательной расы. Их преимущество в том, что они перестали быть нашими врагами. Число таких симбионтов быстро растет, успешно увеличивая количество обитателей нашей планеты. Но успех этот вполне заслуженный. Цена, которую они заплатили, – их эволюционная свобода. Они утратили свою генетическую независимость, и хотя их хорошо кормят и лелеют, животные эти стали объектами наших селекционных капризов.

В третью большую категорию животных, после жертв и симбионтов, входят наши конкуренты. Любой вид животного, который является нашим соперником в борьбе за пищу или пространство или мешает нам жить надлежащим образом, беспощадно уничтожается. Перечислять такие виды не имеет смысла. Фактически любое животное, которое не годится в пищу или бесполезно как симбионт, подвергается нападению и ликвидируется. Процесс этот продолжается в настоящее время во всех частях света. Когда речь идет о второстепенных конкурентах, то борьба с ними

ведется не систематически, зато у серьезных соперников шансов выжить мало. В прошлом наши ближайшие родственники-приматы представляли собой самых опасных соперников, поэтому не случайно, что мы оказались единственными из нашего семейства, кто уцелел. Другими нашими серьезными конкурентами были крупные плотоядные. Они также уничтожались в тех случаях, когда плотность человеческого населения увеличивалась выше определенного уровня. Например, в Европе почти не осталось крупных плотоядных, если не считать огромной кишачей массы голых обезьян.

Что касается четвертой крупной категории – паразитов, – то их перспективы на будущее еще более мрачны. Здесь борьба становится еще ожесточеннее, и если мы можем оплакивать погибшего привлекательного на вид конкурента в борьбе за пищу, то никто и слезинки не прольет из-за сократившегося количества блох. По мере развития медицинской науки опасность, которую представляют собой паразиты, сходит на нет. Но появляется новая угроза для всех других видов животных, так как с исчезновением паразитов и укреплением нашего здоровья население может увеличиться с еще более поразительной быстротой, что подчеркивает необходимость устранения и менее опасных наших конкурентов.

Пятая категория – хищники – также должна исчезнуть. Мы никогда не являлись главным компонентом меню животных, и число представителей нашего рода, насколько нам известно, ни на одном этапе нашей истории никогда значительно не сокращалось из-за хищников. Такие крупные хищники, как большие кошки, дикие собаки, большие крокодилы, акулы и крупные хищные птицы время от времени лакомились человеческим мясом, но дни их явно сочтены. Забавно, что самый опасный для нас убийца (за исключением паразитов), ответственный за наибольшее число человеческих смертей, не может пожрать добытое мясо. Этот смертельный наш враг – ядовитые змеи, как мы убедимся позднее, именно они стали наиболее ненавистными для нас представителями животного мира.

Эти пять категорий межвидовых отношений – жертва, симбионт, конкурент, паразит и хищник – существуют и среди других видов. По существу, мы в этом смысле не уникальны. Наши отношения заходят гораздо дальше, но это те же самые типы отношений. Как я уже отмечал ранее, их можно свалить в одну кучу и обозначить как «экономический подход к животным». Кроме того, мы выработали и такие подходы, как научный, эстетический и символический.

Научный и эстетический подходы представляют собой проявление нашей безудержной тяги к исследованиям. Любопытство заставляет нас изучать все природные явления, и поэтому животный мир, естественно, находится в центре нашего внимания. Для зоолога все животные одинаково интересны (во всяком случае, так должно быть). Для него не существует ни плохих, ни хороших видов. Он изучает все ради них самих. Эстетический подход подразумевает, по сути, также исследование, но в иной системе координат. Здесь изучается огромное количество форм животных, их расцветки, модели поведения, перемещения; они рассматриваются исследователем как прекрасные создания, а не системы для анализа.

Символический подход – совсем иного рода. Тут не идет речи ни об экономике, ни об исследованиях. Животные используются как воплощения понятий. Если тот или иной вид выглядит свирепым, то он становится военным символом. Если животное выглядит неуклюжим и милым, то становится символом детства. На самом ли деле оно свирепо или мило – не имеет особого значения. Его подлинная природа в данном контексте не изучается, поскольку подход не научный. «Милое» животное может быть оснащено целым арсеналом острых как бритва зубов и злобным, агрессивным характером. Но если эти его качества не бросаются в глаза, а милая внешность – бросается, то оно вполне приемлемо как идеальный символ детства. Нам не нужно, чтобы торжествовала справедливость, когда речь идет о символическом животном; важно сделать вид, что она торжествует.

Символическое отношение к животным сначала называлось «антропоидоморфиче-

ским» подходом. К счастью, это уродливое слово было позднее сокращено до «антропоморфического» – слова, которое по-прежнему неуклюже, но в настоящее время широко применяется. Оно неизменно применяется с оттенком презрения; некоторые ученые считают, что вправе относиться к нему пренебрежительно. Они ведь должны сохранить свою объективность любой ценой, если хотят с пользой для дела изучать животный мир. Но это не так просто, как нам кажется.

Помимо осознанных решений использовать формы животных как идолов, как образы и эмблемы, существуют подспудные течения, постоянно влияющие на нас, заставляя рассматривать других тварей как наши карикатурные изображения. Даже самый чопорный ученый может воскликнуть, обращаясь к своей собаке: «Привет, старина!». Хотя ему прекрасно известно, что животное не понимает его слов, он не может устоять перед соблазном. Какова природа этого антропоморфизма и почему так трудно преодолеть его влияние? Почему одни создания заставляют нас восхищенно восклицать «ах!», а другие – плевать? Это нетривиальная задача. Здесь заключена масса межвидовой энергии современной культуры. Мы страстно любим одних животных и столь же страстно ненавидим других, и такое к ним отношение невозможно объяснить, исходя лишь из экономических или познавательных соображений. Очевидно, в нас срабатывает какая-то необъяснимая реакция на характерные сигналы, которые мы от них получаем. Мы внушаем себе, что воспринимаем животное как таковое. Заявляем, что оно очаровательно, неотразимо или отвратительно, но что именно делает его таким в наших глазах?

С целью получить ответ на этот вопрос мы, прежде всего, должны обратиться к фактам. Что именно с позиций нашей культуры представляет собой любовь и ненависть к животному, и как они изменяются в зависимости от нашего возраста и пола? Чтобы прийти к убедительным выводам, понадобились широкомасштабные исследования данной проблемы. С этой целью были опрошены 80 000 британских детей в возрасте от четырех до четырнадцати лет. Во время телевизионной передачи из зоопарка им были заданы элементарные вопросы типа: «Какое животное тебе нравится больше всего?» В результате была проведена среднестатистическая рандомизация, получено 12 000 ответов на каждый вопрос и проведен их анализ.

Как же распределились ответы по каждой категории животных? Данные таковы: 97,15 % назвали самым любимым то или иное млекопитающее. Птицы составили всего 1,6 %, рептилии 1,0 %, рыбы 0,1 %, беспозвоночные 0,1 % и амфибии – 0,05 %. Очевидно, предпочтение, отданное млекопитающим, имеет какое-то объяснение.

(Следует отметить, что ответы на вопрос были представлены в письменном, а не в устном виде, поэтому подчас было трудно идентифицировать то или иное животное по его названию, в особенности когда отвечали дети младшего возраста. Достаточно легко было разобраться в том, кто такие левы, коники, ведимеди, пенигины, патеры, таперы и леопольды. Зато понять, что это за звери – «энукасук», «прыгающий дракон», «потам» или «коко-кола», нам не удалось. От регистрации названий этих очаровательных существ, к большому сожалению, пришлось отказаться.)

Если сократить количество любимых детьми животных до десяти, то они располагаются в следующем порядке:

1. Шимпанзе (13,5 %);
2. Мартышка (13 %);
3. Лошадь (9 %);
4. Галаго (8 %);
5. Панда (7,5 %);
6. Медведь (7 %);
7. Слон (6 %);
8. Лев (5 %);
9. Собака (4 %);



Галаго — род приматов семейства галаговых.

Бросается в глаза, что предпочтение тому или иному животному вовсе не обусловлено экономическими или эстетическими причинами. Перечень десяти наиболее важных с экономической точки зрения видов животных имел бы совсем иной вид. Существа эти не обладают ни красивой внешностью, ни яркой окраской. Наоборот, в числе наиболее предпочтительных животных мы находим существ довольно неуклюжих, неповоротливых, с непритязательной внешностью. Зато в них много черт, делающих их схожими с людьми. Именно эти характеристики и учитываются детьми, когда они делают свой выбор. Происходит это на бессознательном уровне. Каждое из перечисленных животных наделено определенными чертами, напоминающими наши собственные, а на них мы реагируем автоматически, не осознавая, что именно привлекает нас в них. Самые главные антропоморфические черты десяти наиболее популярных животных следующие:

- 1) наличие шерсти, а не перьев или чешуи;
- 2) округлые очертания (шимпанзе, мартышка, галаго, панда, лев);
- 3) плоское лицо (шимпанзе, мартышка, галаго, медведь, панда, лев);
- 4) владение мимикой (шимпанзе, мартышка, лошадь, лев, собака);
- 5) умение манипулировать мелкими предметами (шимпанзе, мартышка, галаго, панда, слон);
- 6) известном смысле или в определенные моменты вертикально ориентированное положение тела (шимпанзе, мартышка, галаго, панда, медведь, жираф).

Чем большим количеством перечисленных характеристик обладает то или иное животное, тем оно предпочтительнее. Те существа, которые не относятся к млекопитающим, не могут рассчитывать на популярность, потому что плохо соответствуют перечисленным характеристикам. Среди птиц наиболее высокий рейтинг у пингвина (0,8 %) и у попугая (0,2 %). Пингвин чаще других птиц находится в вертикальном положении. Попугай сидит на насесте, занимая более вертикальное положение, чем большинство птиц. Есть у него и другие преимущества. Очертания клюва придают его голове более плоскую форму, чем у остальных пернатых. Он и ест необычно, поднимая лапу ко рту, а не наклоняя голову вниз. Кроме того, он может подражать человеческой речи. Ущерб его популярности наносит то обстоя-

тельство, что при ходьбе птица принимает горизонтальное положение и таким образом уступает по баллам шагающему вразвалку пингвину.

Что касается наиболее популярных млекопитающих, то тут следует отметить ряд важных моментов. К примеру, почему из кошачьих в список попал один лишь лев? По-видимому, потому, что только у льва-самца косматая голова. В результате морда его кажется плоской (это видно на детских рисунках, изображающих «царя зверей») и способствует популярности.



Рисунок 8-летней ученицы художественной школы.

Особенно большое значение имеет мимика, в чем мы уже убедились в предыдущих главах, поскольку она – основная форма визуальной информации у представителей нашего вида. Однако сложная мимика бывает лишь у немногих видов животных – это высшие приматы, лошади, собаки и кошки. Не случайно пять наиболее популярных из них относятся именно к этой категории. Изменения мимики указывают на перемены в настроении индивида, а это обеспечивает общение между животным и нами, хотя мы и не всегда умеем определить точное значение того или иного выражения.

Что касается умения манипулировать предметами, то в этом смысле слон и панда уникальны. У панды в результате эволюции образовалась продолговатая кисть, с помощью которой животное может захватывать тонкие стебли бамбука, которыми и питается. Таких конечностей нет ни у одного другого представителя животного мира. Своей кистью плосконогая панда способна удерживать мелкие предметы и подносить их ко рту, находясь в сидячем положении. С антропоморфической точки зрения это обстоятельство добавляет ей баллы. Слон также запросто захватывает мелкие предметы своим хоботом – этим своеобразным придатком – и несет их ко рту.

Вертикальное положение, характерное для нас, сообщает антропоморфический характер любому другому животному, которое в состоянии принять его. Приматы, находящиеся в десятке самых популярных животных, в подобном положении могут иногда вставать и даже двигаться, правда, довольно неуверенно. Жираф, благодаря своему уникальному анатомическому сложению, в известном смысле всегда вертикален. Собака, которая в силу ее социального поведения занимает столь высокое положение, в антропоморфическом плане несколько разочаровывает. Она безнадежно горизонтальна. Не желая терпеть фиаско, мы, с нашей изобретатель-

ностью, нашли выход и тут и научили собаку «служить». В своем стремлении придать человеческие черты бедному животному мы пошли еще дальше. Сами бесхвостые, мы вздумали рубить (купировать) ему хвост.

Сами плосколицые, с помощью селекции мы видоизменили ему морду. В результате у многих пород собак лица стали неестественно плоскими. Наши антропоморфические желания столь настойчивы, что мы готовы удовлетворить их даже ценой ухудшения эффективности собачьих зубов. Но тут мы должны одернуть себя: ведь это же сугубо эгоистическое отношение к своим верным друзьям! Мы смотрим на них не как на животных, а как на отражение самих себя. Если ж зеркало слишком искажает нас, то мы его или деформируем, или выбрасываем вон.

На вопрос, каких животных они любят больше остальных, отвечали дети от четырех до четырнадцати лет. Если рассортировать ответы по возрасту отвечающих, то обнаружатся любопытные закономерности. С увеличением возраста детей наблюдается устойчивый спад в предпочтении определенным животным. В отношении других мы видим стабильный рост.

Неожиданное открытие состоит в том, что налицо заметная связь с одной из характеристик животного, которому отдается предпочтение, а именно – с его размерами. Дети помоложе предпочитают более крупных животных, дети постарше – тех, что поменьше. Для наглядности мы можем сравнить цифры, касающиеся двух самых крупных животных (слона и жирафа) и самых маленьких (галаго и собаку). Слон, средний рейтинг которого составляет 6 %, имеет популярность 15 % у четырехлетних детей, которая постепенно уменьшается до 3 % среди четырнадцатилетних. Аналогичная картина наблюдается и с жирафом: популярность – 10 %, падает до 1 %. Иначе обстоит дело с галаго. Если лишь 4,5 % четырехлетних малышей отдает предпочтение этому животному, то цифра эта, постепенно увеличиваясь, достигает 11 % у четырнадцатилетних подростков. Популярность собаки увеличивается с 0,5 % до 6,5 %. Что касается животных средних размеров, входящих в «призовую десятку», то их популярность, по существу, остается неизменной.

Подводя итоги, мы можем сформулировать два принципа. Первый из них гласит: популярность животного прямо пропорциональна количеству антропоморфических свойств, которыми оно обладает. Второй таков: возраст ребенка находится в обратной пропорции к размерам животного, которого он предпочитает.

Как же можно объяснить второй закон? Поскольку предпочтение основано на некоем символическом уравнении, простейшее объяснение состоит в том, что маленькие дети видят в животных как бы замену родителей. Недостаточно только того, чтобы животное напоминало представителя нашего вида, оно должно соответствовать еще и определенной категории. Когда ребенок совсем мал, родители для него – самые главные заступники. Они занимают основное место в его сознании. Это большие добрые животные – и поэтому большие добрые существа легко ассоциируются с образами родителей. По мере того как ребенок растет, он начинает самоутверждаться, соперничать с родителями. Видит себя как бы хозяином положения, контролирует его, но жирафа или слона контролировать ему трудно. Поэтому излюбленное животное должно уменьшиться в размерах. Преждевременно повзрослевший ребенок как бы сам становится родителем, а животное символизирует его собственного ребенка. Владеть животным становится важным для него. Возникает своеобразный «детский парентализм». Не случайно животное, прежде известное как галаго, стало называться bushbaby (дитя зарослей). (Родителям следует иметь в виду, что тяга к обзаведению животным-любимцем появляется у ребенка лишь тогда, когда он становится старше. Они совершают грубую ошибку, даря животных маленьким детям, которые издеваются над ними или рассматривают их как вредителей.)

Из второго закона, касающегося предпочтения тому или иному животному, есть важное исключение. Оно касается лошади. Отношение к лошади двояко. Анализируя его связь с увеличением возраста детей, мы наблюдаем постепенный рост ее по-

пулярности, за которым следует столь же плавное ее снижение. Пик популярности этого животного совпадает с наступлением половой зрелости у детей. Анализируя отношение к лошади со стороны разных полов, мы видим, что среди девочек она в три раза популярнее, чем среди мальчиков. Ни одно другое животное не может даже отдаленно сравниться по популярности у девочек. Совершенно очевидно, что в таком отношении к этому благородному созданию есть нечто необычное, и это требует особого изучения.

Особенность лошади в настоящем контексте заключается в том, что на нее можно сесть верхом. Ни с одним из остальных десяти видов животных, которым отдается предпочтение, проделать этого нельзя. Если мы присовокупим к этому наблюдению то, что пик популярности лошади совпадает с наступлением периода пубертации и что тяга к ней связана с либидо, мы вынуждены заключить, что в реакции на лошадь просматривается явно выраженный элемент сексуальности. Если провести параллель между позой всадника и позой полового партнера, то кажется странной большая тяга девушек к лошади. Ведь лошадь – сильное, мускулистое, наделенное решительным нравом животное и поэтому больше подходит к роли мужчины. Верховая езда, если рассматривать ее объективно, это продолжительная серия ритмичных движений с широко раздвинутыми ногами при тесном соприкосновении с телом животного. Привлекательность коня для девушки, по-видимому, заключается в сочетании его мужественной природы с позой всадницы и ее ощущениями. (Следует подчеркнуть, что речь идет о детях в целом. Из каждых одиннадцати один ребенок предпочитает лошадь всем остальным животным. Но лишь незначительная часть этого малого количества действительно желает иметь пони или лошадь. Те, у кого они имеются, скоро выясняют, сколько удовольствия доставляет им такое приобретение. Если в результате они становятся пылкими приверженцами конного спорта, то причины этого отнюдь не связаны с обсуждавшимися проблемами.)

Остается объяснить спад популярности лошади с наступлением половой зрелости у опрошенных. Казалось бы, с усилением сексуальности следует ожидать увеличения, а не снижения интереса к этому животному. Ответ мы можем получить, если сравнить кривую любви к лошади с кривой игры в секс у детей. Они удивительно точно совпадают. Может показаться, что с усилением сексуальности и скрытности, окружающей сексуальность подростков, тяга к лошади ослабевает вместе с ослаблением стремления к явно эротической «возне». Показательно, что в этот момент у них спадает и интерес к марьяшкам. У многих мелких обезьян слишком бросаются в глаза их половые органы, а также большие розовые припухлости, несущие явно сексуальный характер. Для малолетнего ребенка это не имеет никакого значения, поэтому остальные антропоморфические особенности этих животных продолжают привлекать его. Но детей старшего возраста чересчур заметные гениталии обезьян смущают, что и обуславливает спад популярности приматов.

Вот как обстоит дело у детей с симпатиями к тем или иным животным. Что касается взрослых, то реакция их бывает различной и сложной, но лежащий в ее основе антропоморфизм остается неизменным. Серьезные натуралисты и зоологи сожалеют по этому поводу, но если полностью осознать, что символическая реакция такого рода ничего не говорит нам о подлинной природе различных животных, о которых шла речь, то они приносят совсем небольшой вред и обеспечивают необходимый выход эмоциям.

Прежде чем рассматривать обратную сторону проблемы – изучение неприязненного отношения, следует ответить на одно критическое замечание. Можно было бы утверждать, что результаты, обсуждавшиеся выше, имеют чисто культурное значение и не представляют никакого интереса для всей нашей расы. Что касается конкретных видов животных, это правда. Для того чтобы отреагировать на панду, необходимо знать, существует ли она вообще. Но суть не в этом. Выбор панды может быть определен в категориях культуры, однако причины этого выбора отра-

жают происходящий при этом более глубокий процесс, в большей степени обусловленный биологическими причинами. Если бы исследования повторились в условиях иной культуры, то иными были бы и животные, которым отдается предпочтение. Однако они выбирались бы в соответствии с нашими основными символическими потребностями. Первый и второй закон привлекательности животных по-прежнему имел бы силу.

Если обратиться к животным, представляющим «предмет ненависти», то можно провести аналогичный анализ. Десять наиболее ненавидимых животных таковы:

1. Змея (27 %);
2. Паук (9,5 %);
3. Крокодил (4,5 %);
4. Лев (4,5 %);
5. Крыса (4 %);
6. Скунс (3 %);
7. Горилла (3 %);
8. Носорог (3 %);
9. Гиппопотам (2,5 %);
10. Тигр (2,5 %).

Трех животных объединяет общее качество: они опасны. Крокодил, лев и тигр – хищники и убийцы. Горилла, носорог и гиппопотам могут запросто стать убийцами, если их спровоцировать. Скунс ведет ожесточенную химическую войну. Крыса – вредитель, распространяющий болезни. Змеи и пауки бывают ядовитыми.

Большинство этих животных лишены антропоморфических черт, характерных для десяти наиболее популярных видов животных. Лев – единственное животное, которое встречается в обоих перечнях. Неоднозначное отношение к этому хищнику объясняется уникальным сочетанием в нем привлекательных антропологических черт и явно выраженной жестокости натуры. Горилла в полной мере наделена человеческими свойствами, но, к несчастью для нее, благодаря строению морды всем кажется, что она постоянно находится в агрессивном состоянии. Это всего лишь результат анатомических особенностей животного, который вовсе не связан с его подлинной (довольно миролюбивой) природой. Однако в сочетании с огромной физической силой такая внешность превращает его в идеальный символ дикой и грубой силы.

Наиболее поразительная особенность десятка наиболее ненавистных животных в том, что на первом месте стоят змея и паук. Обстоятельство это нельзя объяснить только существованием их опасных видов. Тут вовлечены иные факторы. Анализ причин, объясняющих ненависть к этим тварям, показывает, что змей не любят за то, что они «скользкие и грязные», а пауки производят отталкивающее впечатление из-за того, что они «волосатые и ползучие». Получается, что или они имеют некое важное символическое значение, или же мы имеем дело с врожденной реакцией, цель которой избегать встреч с этими существами.

Змею издавна считали фаллическим символом. Являясь ядовитым фаллосом, она олицетворяла нежелательное соитие, что отчасти объясняет непопулярность этого создания. Однако этим объяснение не исчерпывается. Если мы исследуем нелюбовь к змеям у детей от четырех до четырнадцати лет, то выяснится, что пик их непопулярности приходится на довольно ранний возраст, задолго до наступления пубертатного периода. Даже в четырехлетнем возрасте уровень неприязни к змеям высок – около 30 % – затем он чуть увеличивается и достигает максимума в шесть лет. С этой поры он плавно понижается, к четырнадцати годам составляя много меньше 20 %. Разница между реакцией полов незначительная, хотя разница у девочек на каждом уровне немного четче обозначена, чем разница у мальчиков. Похоже, пубертация не оказывает никакого влияния на реакцию у того или иного пола.

На основании этих данных нам трудно воспринимать змею лишь как воплощенный

сексуальный символ. Вероятнее всего, мы имеем дело с присущим нам врожденным неприятием змееобразных существ. Это могло бы объяснить раннее возникновение реакции, а также ее необычно высокий уровень по сравнению с симпатиями и антипатиями ко всем другим животным. Это согласовывалось бы с тем, что нам известно о наших ближайших родственниках – шимпанзе, гориллах и орангутанах. Эти животные испытывают сильный страх перед змеями, и он рано начинает проявляться. Этого не бывает у очень молодых обезьян, зато наблюдается в полной мере, когда им исполняется всего несколько лет, и они начинают совершать не продолжительные вылазки, оказавшись без материнской опеки. Совершенно ясно, что для них реакция отвращения нужна для выживания. То же самое, должно быть, случилось и с нашими первобытными предками. Несмотря на это, выдвигались гипотезы, будто бы реакция на змей не является врожденной, а представляет собой культурное явление – следствие индивидуального обучения. Молодые шимпанзе, выросшие в ненормальных условиях изоляции, якобы не проявили признаков страха, впервые столкнувшись со змеями. Однако эти эксперименты не очень убедительны. В ряде случаев шимпанзе, которые впервые подвергались тестированию, были слишком молоды. Если бы это произошло несколько лет спустя, то, вполне вероятно, реакция была бы иной. Возможно также, что последствия изоляции оказались настолько тяжелыми, что молодые подопытные животные были фактически умственно неполноценными. Подобные эксперименты основываются на ошибочном восприятии характера врожденных реакций, которые не развиваются в условиях неволи независимо от окружающей среды. Их необходимо рассматривать как враждебную восприимчивость. Что касается реакции на змей, то, возможно, необходимо, чтобы детеныш шимпанзе или ребенок столкнулся с рядом объектов, вызывающих страх, в самом раннем детстве и научился негативно воспринимать их. Тогда при встрече со змеей врожденный инстинкт проявился бы в виде более энергичной реакции на этот стимул, чем на другие. Страх перед змеей оказался бы намного сильнее остальных страхов, и такая диспропорциональность и стала бы врожденным фактором. По-другому трудно объяснить ужас, вызываемый видом змеи, а также невероятную ненависть к змеям, которую мы испытываем¹.



Этого наука нашла в Африке.

Реакция детей на пауков возникает несколько иначе. Разные полы относятся к ним явно по-разному. У мальчиков от четырех до четырнадцати лет ненависть к паукам усиливается с возрастом, но незначительно. У девочек интенсивность ре-

¹ Ядовитые змеи и удавы легко настигают обезьян на деревьях ночью, когда те спят. Для нас этот страх врожденный.

акции аналогичная, но с наступлением пубертатного возраста она резко усиливается и к четырнадцати годам вдвое превышает реакцию со стороны мальчиков. По-видимому, здесь мы имеем дело с важным символическим фактором. В категориях эволюции ядовитые пауки для мужского пола столь же опасны, как и для женского. Возможно, у обоих полов существует врожденная реакция на этих тварей, а возможно, и нет, однако это никак не объясняет взрыв ненависти к паукам, который наблюдается у девочек с наступлением пубертатного периода. Единственный ключ к разгадке – это неоднократное высказывание девочек о том, что пауки – противные волосатые существа. Пубертация – это такой период в жизни подростка, когда на теле как мальчика, так и девочки начинает появляться растительность. Детям волосы на теле должны казаться элементом мужественности. Но появление растительности на теле девочки оказывает на нее (бессознательное) неприятное воздействие, в отличие от мальчика. Длинные ноги паука больше похожи на волосинки и более заметны, чем у других насекомых, как, например, у мухи, и в результате он явился бы идеальным символом для такой роли. Таковы симпатии и антипатии, которые мы испытываем, когда встречаем или разглядываем отличных от нас животных. В сочетании с нашими экономическими, научными и эстетическими интересами они участвуют в уникальном и сложном межвидовом сотрудничестве, которое изменяется по мере того, как мы становимся старше. Подводя итоги, можно сказать, что существует семь этапов межвидовых взаимоотношений. Первый этап – это детская стадия, когда мы полностью зависим от своих родителей и сильно реагируем на очень больших животных, относясь к ним как к символам, олицетворяющим родителей. Второй этап – детско-родительская стадия, когда мы начинаем сопереживать своим родителям и сильно реагируем на маленьких животных, которых можем использовать как заместителей детей. Это возраст, когда обзаводятся домашними животными. Третий этап – это объективная предшествующая взрослению стадия, на которой над символами начинают преобладать исследовательские интересы как научного, так и эстетического характера. Это период ловли жуков, работы с микроскопом, коллекционирования бабочек и разведения в аквариуме рыбок. Четвертый этап – юношеская родительская стадия. Это момент, когда самыми важными для нас животными являются представители противоположного пола нашего вида. Пятый этап – взрослая родительская стадия. Здесь символические животные снова входят в нашу жизнь, однако, в качестве любимых игрушек наших детей. Шестая – это постродительская стадия, когда дети от нас уходят и мы можем снова обратиться к животным, которые заменяют нам детей. (Когда речь идет о бездетных взрослых, использование ими животных как заместителей детей может начаться и раньше.) Наконец, мы приближаемся к седьмому этапу. Это – старческая стадия, которая характеризуется повышенным интересом к защите и сохранению животных. На этом этапе наш интерес сосредотачивается на тех видах животных, которым грозит уничтожение. Привлекательны они на вид или имеют отталкивающую внешность, полезны они или бесполезны – все это не имеет большого значения, лишь бы их число было невелико и постоянно сокращалось. Например, становящиеся все более редкими носорог и горилла, которых так не любят дети, становятся на этом этапе центром внимания пожилых людей. Этих животных необходимо «спасать». Символическая формула здесь достаточно очевидна: стареющему индивиду самому грозит исчезновение, поэтому он использует редких животных как символы его собственного неизбежного конца. Его эмоциональная озабоченность тем, чтобы спасти их от исчезновения, отражает желание продлить собственное существование.

Интерес к проблемам, связанным с животными, в последние годы стал, в известной мере, достоянием и более молодых групп населения, очевидно, как результат создания чрезвычайно мощных видов ядерного оружия. Его огромный разрушительный потенциал угрожает людям независимо от возраста, причем существует вероятность немедленного уничтожения, поэтому у всех нас имеется эмоцио-

нальная потребность в существовании животных, которые служили бы своего рода символами редкостности.

Приведенное наблюдение не следует рассматривать как намек на то, что это единственная причина необходимости сохранять диких животных. Существуют вполне убедительные научные и эстетические обоснования поддержки тех видов животных, судьба которых складывается неблагоприятно. Если мы хотим и впредь наслаждаться богатством и разнообразием животного мира и использовать диких животных в качестве объектов научных и эстетических исследований, то должны оказать им поддержку. Если же мы допустим их исчезновение, то обедним окружающую среду самым бездарным образом. Будучи существами, которым свойственна страсть к изучению окружающего мира, мы едва ли можем позволить себе лишиться столь ценного источника материала для наших исследований.

Обсуждая проблемы сохранения животных, нередко ссылаются и на экономические факторы. Отмечают, что разумная охрана и контролируемое использование диких животных могут поддержать население отдельных регионов мира, испытывающее протеиновый голод. Это вполне верно при решении кратковременных задач, но долгосрочный прогноз сулит мрачное будущее. Если народонаселение будет увеличиваться с нынешней пугающей быстротой, то придется выбирать между нами и ими. Независимо от того, насколько животные эти ценны в символическом, научном или эстетическом плане, экономическая ситуация будет против них. Это факт, от которого не уйти. Когда плотность нашего населения достигнет определенного уровня, для других обитателей планеты не останется места. Тот аргумент, что они представляют собой важный источник пищи, к сожалению, при ближайшем рассмотрении не выдерживает критики. Гораздо рациональнее самим есть растительную пищу, чем кормить ею животных, а затем питаться их мясом. По мере того как потребность в жизненном пространстве будет увеличиваться, придется принимать еще более радикальные меры и питаться синтезированными продуктами. Если мы не сумеем колонизировать в массовых масштабах другие планеты и уменьшить нагрузку на нашу, или каким-нибудь образом сократить рост народонаселения, то в не слишком отдаленном будущем нам придется ликвидировать всех остальных обитателей земли. Если для кого-то это звучит мелодраматично, то взгляните на следующие цифры. В конце XVII столетия в мире обитало всего 500 миллионов голых обезьян. Теперь население мира составляет 3 миллиарда¹. Каждые сутки оно увеличивается на 150 тысяч. (Власти, ответственные за межпланетную эмиграцию, сочтут эту цифру чересчур внушительной.) Через 260 лет, если темпы роста населения сохранятся неизменными (что маловероятно), на поверхности земли будет топтаться гигантская толпа голых обезьян – 400 миллиардов. Выходит, что на каждую квадратную милю земной поверхности будет приходиться 11 тысяч индивидов. Иначе говоря, та плотность, которую мы сегодня наблюдаем в самых крупных городах планеты, распространится на все ее уголки. Каковы будут последствия этого для всех видов диких животных, вполне очевидно. Результаты подобного демографического взрыва будут столь же неутешительны и для нас самих.

Не стоит слишком беспокоиться насчет этой кошмарной картины: вероятность ее превращения в действительность незначительна. Как я неоднократно подчеркивал, несмотря на все найденные технические достижения, в биологическом смысле мы по-прежнему представляем собой весьма элементарное явление. При всех наших грандиозных идеях и высоком самомнении, мы скромные существа, повинующиеся законам поведения животных. Задолго до того, как население нашей планеты достигнет уровня, указанного выше, нам придется нарушить столько законов, управляющих нашей биологической природой, что мы перестанем существовать как гос-

¹ Пятьдесят лет назад. В настоящее время составляет более 7,1 миллиардов человек.

подствущий вид. Нам свойственны непонятное благодушие, уверенность в том, что этого никогда не произойдет, что у нас какая-то особенная судьба, что мы выше законов биологии. Но это не так. Многие замечательные виды животных перестали существовать в прошлом, не являемся исключением и мы. Рано или поздно нам придется сойти со сцены и уступить дорогу иным существам. Если мы хотим, чтобы это произошло как можно позже, то должны посмотреть долгим, пристальным взглядом на себя как на биологические объекты и попытаться понять свои недостатки. Потому-то я и написал эту публикацию; потому-то преднамеренно дан нам обидное название «голые обезьяны» вместо того, которым мы обычно обозначаем себя. Это помогает сохранять чувство реальности и вынуждает приглядеться к тому, что происходит под поверхностью нашей жизни. В своем запале я, возможно, несколько переусердствовал. Можно было бы произнести уйму хвалебных слов в наш адрес, рассказать о многих замечательных свершениях. Не сделав этого, я неизбежно нарисовал одностороннюю картину. Мы необычный вид существ, и я не хочу этого отрицать или преуменьшать наши достижения. Но об этом говорилось слишком часто. Когда бросают монету, всегда кажется, что выпадет «орел», но я подумал, что самое время перевернуть ее и взглянуть на «решку», ее обратную сторону. К сожалению, поскольку мы так могущественны и так удачливы по сравнению с другими животными, что находим изучение нашего неприятного прошлого в известной мере обидным для себя. По этой причине я не рассчитываю на благодарность за мой труд. Наш подъем наверх оказался скорым и успешным, напоминающим историю богатых выскочек. Подобно всем нуворишам, мы весьма болезненно относимся к изучению нашего прошлого. Как и они, мы постоянно боимся огласки.

Есть и оптимисты, которые уверены, что раз уж мы достигли такого высокого уровня умственного развития и наделены такой тягой к изобретательству, так умеем приспособляться, что сможем видоизменить образ жизни и сумеем соответствовать любым требованиям, налагаемым на нас быстро растущим статусом нашей расы. Дескать, когда придет время, мы сумеем справиться с проблемой перенаселенности, эмоциональными перегрузками, утратой своей уединенности и независимости наших поступков, сможем переделать свои поведенческие модели и жить наподобие гигантских муравьев; научимся преодолевать свои агрессивные и собственнические чувства, сексуальные побуждения и родительские импульсы; если мы сможем стать обезьянами, выращенными в инкубаторах, то сумеем все это сделать; наш разум сможет подавить все древние биологические инстинкты. Думаю, что все это ерунда. Наша примитивная животная натура не потерпит этого. Конечно, мы приспособленцы. Конечно, мы умеем принаравливать к обстоятельствам. Но и для этого существуют жесткие ограничения. Подчеркивая в этой работе наши биологические особенности, я попытался показать характер этих ограничений. Неукоснительно признавая их, руководствуясь ими, мы получим больше возможностей выжить. Это не наивный призыв «Назад, к природе!». Просто мы должны согласовать возможности, предоставляемые нашими умственными способностями, со своими основными поведенческими требованиями. Мы должны тем или иным образом улучшать качество, а не количество. Если мы это сделаем, то сможем развивать технический прогресс самым неожиданным и удивительным образом, не отказываясь от своей эволюционной наследственности. Иначе лежащие под спудом биологические инстинкты будут усиливаться до тех пор, пока плотину не прорвет и все наше хитроумно обустроенное существование не унесет потоком прочь.



«ЗАВОДНАЯ»

Паоло Бачигалупи

1

— Нет, не надо мне мангостан. — Андерсон тянет руку и показывает пальцем. — Вот, вот это. Ко полламаи ни кхап. С красной шкуркой, с зелеными усиками.

Крестьянка улыбается, выставляя напоказ почерневшие от бетеля зубы, и тычет в сложенную рядом с ней горку фруктов:

— Ан ни чай май кха?

— Да, вот их. Кхап. — Андерсон кивает, вымучивая улыбку. — Как называются?

— Нго-о, — выговаривает она старательно, чтобы иностранец хорошо расслышал, и протягивает один на пробу.

— Не было таких раньше, — недоверчиво замечает Андерсон.

— Кха, — кивает крестьянка.

Он вертит диковину в руках, внимательно разглядывает со всех сторон. Больше

похожа на цветастую актинию или на раздувшуюся рыбу-иглобрюха, чем на фрукт. Торчащие со всех сторон крупные зеленые усики щекочут ладонь. Шкурка отливает коричнево-рыжим — признак пузырчатой ржи. Андерсон принюхивается, но не чувствует ни малейшего запаха гнильцы. Похоже, плод совершенно здоров, хотя выглядит подозрительно.

— Нго, — повторяет крестьянка и, словно угадав мысли покупателя, добавляет: — Совсем новый. Пузырчатой ржи нет.

Андерсон рассеянно кивает. Бангкокский рыночный переулок-сой бурлит от утреннего наплыва покупателей.

В воздухе висит неприятный запах, источаемый горами дурианов. В бочках с водой плещутся змееголовы и красноперые рыбы-пла. Тенты, сотканные из полимеров пальмового масла, провисают под тяжелыми лучами раскаленного тропического солнца. На землю падают тени от нарисованных на них вручную парусников торговых компаний и лика досточтимой Дитя-королевы. Мимо протискивается человек — он держит над головой кур, которых несет на убой; птицы хлопают крыльями, трясут алыми гребешками и отчаянно квохчут. Женщины в ярких юбках-пасин, улыбаясь, торгуются с продавцами — сбивают цены на пиратскую модификацию риса компании «Ю-Текс» и томаты новой версии. Эти продукты Андерсона не интересуют.

— Нго, — снова говорит крестьянка, выводя покупателя из задумчивости.

Длинные зеленые усики щекочут ладонь, дразнят, требуют выяснить, откуда взялся этот фрукт, эта победа тайских генных хакеров — такая же, как томаты, баклажаны и перцы чили, которыми переполнены соседние прилавки. Все здесь так, будто сбылись пророчества грэммитской библии,¹ будто святой Франциск восстал из могилы и приготовился ступить на землю, неся щедрые дары — утраченные человечеством калории.

«И придет он при звуке труб, и станет всюду рай...»

Андерсон крутит в ладони странный плод: ни дурного запаха, какой бывает при цибискозе, ни парши от пузырчатой ржи, ни крохотных узоров, которые оставляют после себя долгоносики с измененными генами. У Андерсона Лэйка своя карта мира: вместо стран на ней цветы, овощи, деревья и фрукты, но нигде среди них нет ни единой подсказки.

Нго. Тайна.

Он показывает крестьянке, что хотел бы попробовать фрукт. Та, проведя смуглым пальцем, легко счищает кожуру, обнажая бледную сердцевину — полупрозрачную, в прожилках, необычайно похожую на маринованные луковки, которые подают с мартини в Де-Мойне в клубах исследователей.

Андерсон берет плод и осторожно принюхивается. Пахнет цветочным сиропом. Нго. Невозможный фрукт. Еще вчера не существовал, еще вчера его было не найти ни на одном лотке во всем Бангкоке, а теперь — вот он, целые горы заняли все пространство вокруг этой чумазой женщины, которая сидит на корточках наполовину в тени тента. На шее торговли блестит позолотой и подмигивает Андерсону амулет: мученик Пхра Себ² — защита от мора, что напускают на растения компании-калорийщики.

Хорошо бы увидеть, как растет этот фрукт, думает Андерсон, на каком висит дереве, в листе какого кустарника прячется. Знать бы чуть больше, и можно

¹ Сильвестр Грэм (1794–1851) — американский священник, который проповедовал вегетарианство и воздержание. Оказал влияние на развитие идей о полезном питании. Библия Грэма — авторский вымысел. — Здесь и далее примеч. пер.

² Себ Накхасатхиен (1949–1990) — защитник природы. Стал известен после проекта по спасению животных из зоны строительства одной из дамб в Таиланде. В знак протеста покончил с жизнью. Позже последователи Накхасатхиена создали фонд его имени. Пхра (тайск.) — святой, священный.

предположить его род и семейство, сделать робкую попытку угадать, что за тайны генного прошлого жаждет разыскать тайское королевство. Но нигде ни малейшей зацепки, и остается лишь попробовать этот скользкий полупрозрачный шарик.

Взрыв насыщенного сладкого вкуса; липкий цветочный сироп мгновенно обволакивает язык. Андерсону кажется: он снова сынишка простого айовского фермера, стоит босиком посреди скошенного кукурузного поля компании «Хайгро», и агроном из «Мидвест компакт» только что угостил его крохотным, первым в жизни леденцом. Ошеломляющий, первый настоящий аромат после целой вечности безвкусной пищи.

На землю льется солнечный свет. Кругом толкотня, базарный шум, но Андерсон не замечает ничего. Закрыв глаза, он перекачивает во рту нго, смакует вкус прошлого, когда эти фрукты росли в изобилии, а цибискоз, японские долгоносики со взломанными генами, пузырчатая ржа и чесоточная плесень еще не опустошили сады и поля.

Солнце давит на плечи раскаленным грузом, мычат буйволы, где-то режут кур, а он блаженствует. Будь Андерсон грэммитом, рухнул бы прямо тут на колени, забился в экстазе и возблагодарил небо за то, что на землю сошел рай.

Он сплевывает на ладонь черную косточку и улыбается. В бесчисленных дневниках исследователей и ботаников минувших времен их авторы в поисках новых видов растений прорубались сквозь неизведанные джунгли, но ничто из найденного ими и близко не стоит с одним единственным нго.

Тем ученым хотелось сделать открытие; ему посчастливилось стать свидетелем воскрешения.

Крестьянка так и сияет, понимая, что фрукты купят.

— Ао ги кило кха? Сколько.

— А не заразные?

Она показывает разложенные прямо на мостовой сертификаты министерства природы, тычет пальцем в даты инспекций.

— Самая последняя версия. Высший класс.

Андерсон разглядывает блестящие печати и думает, что она подкупила белых кителей — вряд ли товар проходил полную проверку на устойчивость к пузырчатой рже восьмого поколения и к цибискозу-111 седьмой и восьмой мутаций. Цинизм подсказывает, что в бумажках нет никакого смысла. Сверкающие на солнце замысловатые печати — скорее талисманы, в этом опасном мире людям с ними спокойнее. Если же опять грянет эпидемия цибискоза, сертификаты не помогут — старые тесты не определяют новую мутацию. Народ станет молиться амулетам Пхра Себа, образу Рамы XIII, делать подношения в храме Священного столпа и кашлять ошметками легких, сколько бы министерских штампов ни украшало продукты.

Он кладет косточку нго в карман.

— Беру кило. Нет. Два. Сонг.

Андерсон протягивает крестьянке сумку из конопляного полотна и даже не думает торговаться. Сколько ни попросит — продешевит. Такие чудеса стоят всех денег мира. Редкий ген, благодаря которому растение не поддается мору или лучше перерабатывает азот, заставит прибыли взлететь до небес. Доказательства всюду, куда ни глянь. Рыночный переулочек забит тайцами, покупают все подряд — от ю-тексовского риса со взломанным генетическим кодом до домашней птицы, у которой мясо красного цвета. Но все это — уже прошлые успехи генхакеров «Агрогена», «Пур Калории» и «Тотал нутриент холдингз», плоды старой науки, произведенные в недрах лабораторий «Мидвест компакт».

Нго — иной. Нго — не из «Мидвеста». Тайское королевство умеет схитрить там, где остальные спасовали бы. Пока Индия, Бирма, Вьетнам и прочие рушатся как фишки домино, голодают и вымаливают у монополистов-калорийщиков новые научные разработки, оно процветает.

Несколько прохожих останавливаются оценить покупку, и хотя Андерсон полага-

ет, что заплатил немного, находят ее слишком дорогой и шагают дальше.

Крестьянка протягивает нго, и он от радости едва не заходится смехом. Ни одного из этих лохматых плодов не должно существовать в природе, с таким же успехом в сумке могли бы лежать живые трилобиты. Если его догадка о том, откуда взялись эти фрукты, верна, значит, произошло возрождение, а такое потрясает не меньше, чем встреча с тираннозавром посреди Тханон Сукхумвит.¹ Но в таком случае так же вернулись из небытия и томаты, картофель, перец, которыми завален рынок. На изобильных лотках стройными рядами лежат пасленовые со всхожими семенами — такого люди не видели уже несколько поколений. Будто нет ничего невозможного в этом тонущем городе: фрукты и овощи возвращаются с того света, давно вымершие цветы обрамляют проспекты, а за всем этим стоит министерство природы, которое творит чудеса с помощью генетического материала, добытого из безвозвратного прошлого.

С сумкой в руках Андерсон протискивается через рыночный переулок на соседний проспект. Движение бурлит — тханон Рамы IX больше похожа на Меконг во время наводнения: толкуются утренние пешеходы, снуют велосипеды и рикши, вышагивают иссиня-черные буйволы, плетутся огромные мегадонты.

Из тени ветхого офисного небоскреба возникает Лао Гу, который на ходу сбивает тлеющий кончик сигареты. Опять пасленовые. Они повсюду. Нигде в мире их не найти, а тут — куда ни посмотри. Лао Гу прячет остатки табака в карман рваной рубахи и бежит вперед к рикше Андерсона.

Старый китаец — настоящее чучело в лохмотьях, но при этом везунчик. Почти весь его народ погиб, а он жив; собратья — беженцы-малайцы — теснятся в душных башнях времен Экспансии, как куры на птицефабрике перед убоем, а у него есть работа. У жилистого Лао Гу достаточно денег, чтобы баловать себя сигаретами марки «Сингха». По сравнению с другими владельцами желтых билетов беженцев он настоящий король.

Лао Гу, усевшись в седло, терпеливо ждет. Андерсон устраивается позади на пассажирском месте и приказывает:

— В офис. Бай кхап. — Потом переходит на китайский: — Зу ба.

Старик давит на педали всем весом, и экипаж с трудом влезает в общий поток. Вокруг тут же начинают возмущенно трезвонить другие велосипедисты — так, словно началась эпидемия цибискоза. Лао Гу не обращает на них внимания и въезжает в самую гущу.

Андерсон тянет руку еще за одним нго, но тут же себя осаживает — следует приберечь. Слишком уж эти фрукты ценны, не стоит набрасываться на них как жадный ребенок. Тайцы извлекли прошлое из могилы, и, получив тому доказательство, надо получить от него настоящее неспешное удовольствие.

Он нетерпеливо постукивает пальцами по сумке и, желая отвлечься от фруктов, закуривает. Наслаждаясь каждой затяжкой, Андерсон вспоминает тот день, когда с изумлением обнаружил, что Тайское королевство процветает, а пасленовые растут здесь повсюду. Еще на память приходит Йейтс: расстроенный, тот сидит напротив, в воздухе между ними клубится дым — знак воскресшего прошлого.

— Пасленовые.

В сумеречном офисе «Спринглайфа» пламя спички выхватило багровое лицо Йейтса. Он прикурил, глубоко затянулся — кончик сигареты вспыхнул, затрещала рисовая бумага — и выпустил струю дыма в потолок, где вентиляторы с механическим приводом гоняли душный, как в сауне, воздух.

— Баклажаны, томаты, перцы чили, картофель, жасмин, nicotiana, — Йейтс слегка взмахнул сигаретой, поднял бровь, — она же табак, — и снова сделал затяжку, скосив глаза на огонек.

¹ Одна из центральных трасс Таиланда, проходящая по побережью и нескольким городам, в том числе по Бангкоку.

Из полумрака выступали рабочие столы и выключенные компьютеры с ножными динамо. По вечерам, после закрытия завода, могло показаться, что пустые столешницы — вовсе не свидетельство полного упадка; что сидевшие за ними люди разошлись по домам отдохнуть перед новым тяжелым днем. Если бы не слой пыли на стульях и компьютерах, то в сумерках среди падавших на мебель полосок лунного света, который пробивался сквозь деревянные ставни, вполне можно было бы представить, что предприятие благоденствует.

Медленно вращались лопасти механических вентиляторов. Ритмично поскрипывали протянутые под потолком ремни из лаосской резины — твердый ручеек кинетической энергии, текущий от центральных пружин завода.

— Сначала у тайцев в лабораториях удача за удачей, — сказал Йейтс, — а тут еще ты появляешься. Я не суеверен, а то решил бы, что они и тебя наколдовали из воздуха, как те помидоры. Хотя понимаю: всякому организму — свой хищник.

— Ты должен был сообщать об их достижениях. У тебя есть обязанности помимо фабрики.

Йейтс поморщился. По его лицу — настоящему справочнику о вреде тропического климата, — как реки по земле, бежали лопнувшие сосудики; они покрывали щеки и расчерчивали пунктиром мясистый нос. Йейтс моргнул и уставил на Андерсона взгляд своих почти бесцветных глаз — мутный, словно пропитанный навозным смрадом городской воздух.

— Стоило догадаться, что ты закроешь мою нишу.

— Ничего личного.

— Да, ерунда — дело всей жизни. — Такой же трескучий смех бывал у больных на ранней стадии цибискоза. Не знай Андерсон, что все сотрудники «Агрогена» привиты от новых штаммов, немедленно убежал бы.

— Я возводил все это годами, — Йейтс махнул рукой в сторону смотровых окон, выходящих в цех, — а ты говоришь «ничего личного». У меня тут спиральные пружины размером с кулак, и в каждой — миллиарды джоулей. Соотношение вес — емкость — в четыре раза выше, чем у любых других на рынке. Это без пяти минут революция, а ты хочешь взять все и выбросить. — Он наклонился к Андерсону. — Люди не знали настолько компактных источников энергии со времен бензина.

— И не узнают, пока не начнешь их выпускать.

— Я уже близко. Надо только разобраться с водорослевыми ваннами, в них вся загвоздка.

Андерсон промолчал. Йейтс решил продолжать.

— Здесь основной принцип — звук. Когда ванны станут давать достаточный объем...

— Ты должен был сразу поставить нас в известность, как только увидел, что здесь начали продавать пасленовые. Тайцы уже пятый сезон преспокойно выращивают картофель, у них явно появился свой банк семян, а от тебя — ни слова.

— Это не по моей части. Мое Дело — накопители энергии, а не сельское хозяйство.

Андерсон фыркнул в ответ.

— И где ты возьмешь калории, чтобы заводить свои чудо-пружины, если случится неурожай? Пузырчатая ржа теперь мутирует каждые три сезона. Генхакеры-восстановители вскрывают нашу сою-про и пшеницу «Тотал Нутриента». Сопротивляемость долгоносикам у последней версии кукурузы «Хайгро» шестьдесят процентов, и вдруг мы узнаем, что у тебя тут вокруг, оказывается, генетический рай. Люди голодают...

— Вот только не надо о спасении жизней, — хохотнул Йейтс. — Я видел, что случилось с банком семян в Финляндии.

— Не мы взорвали их запасники. Кто же знал, что финны — такие фанатики.

— Да любой идиот догадался бы, что так и произойдет — компании-калорийщики репутацию себе заработали что надо.

— Это была не моя операция.

— Наша любимая отговорка, — снова засмеялся Йейтс. — Компания что-нибудь натворит, а мы все разводим руками и делаем вид, будто ни за что не отвечаем. Оставили Бирму без сои-про — мы отошли в сторонку и сказали, что споры об интеллектуальной собственности — не по нашей части. А люди голодают точно так же. — Он затянулся, выпустил клуб дыма. — Сказать по правде, не понимаю, как такие, как ты, могут спокойно спать.

— Просто. Молюсь Ню, святому Франциску и благодарю Бога за то, что мы пока на шаг впереди пузырячатой ржи.

— Ну, так что теперь — закроешь завод?

— Нет, разумеется. Производство пружин пусть себе идет.

— Вот как? — оживился Йейтс.

Андерсон только пожал плечами:

— Хорошее прикрытие.

Тлеющий кончик сигареты обжигает руку, Андерсон выбрасывает окурочек на дорогу, потирает большой и указательный пальцы. Лао Гу крутит педали, прокладывая путь сквозь плотное движение. Мимо плывет Бангкок, город Божественных воплощений.

Монахи в одеждах шафранового цвета бредут по тротуарам, прикрываясь черными зонтами. В монастырскую школу стайками бегут дети — толкаются, теснятся, хохочут, что-то кричат друг дружке. Уличные торговцы широко раскидывают руки, увешанные гирляндами из бархатцев — подношениями храму, — и поднимают повыше над головами блестящие на солнце амулеты преподобных монахов, которые защищают от всего подряд — от бесплодия до чесоточной плесени. На передвижных лотках с едой шипит и дымится горячее масло, пахнет ферментированной рыбой; под ногами покупателей мерцают силуэты чеширов, которые громко мяукают в ожидании объедков.

Высоко над улицей смутно маячат старые башни времен Экспансии, одетые в лианы и плесень; окна давно выбиты, каменные кости дочиста обглоданы, обшивка вспучивается на солнце. Жить в них невозможно — ни лифтов, ни кондиционеров. Сквозь поры в стенах местами валит черный дым от костров на сухом навозе — беженцы из Малайи пекут лепешки-чапати и наспех заваривают кофе, пока не налетели белые кители, не взяли штурмом душный небоскреб и не избили самовольных захватчиков.

Посреди дороги сидят согнувшиеся в глубоком поклоне беженцы с севера, с угольной войны, и протягивают кверху руки — отточенный жест, просьба о помощи. Поток велосипедов, рикш и запряженных в повозки мегадонтов обтекает их, как речная вода — валуны на стремнине. Губы и носы нищих будто головками цветной капусты покрыты густой бахромой шрамов фагана, зубы черны от бетеля. Андерсон бросает к их ногам деньги и, проезжая мимо, чуть кивает в ответ на благодарные вай.¹

Вскоре впереди возникают беленные стены и узкие проезды промышленного района фарангов. Склады и фабрики стоят тесно, в воздухе пахнет солью и гниющей рыбой. Длинные улицы будто сплошь обросли коростой — везде сидят торговцы, прикрываясь от страшного солнечного пекла кусками брезента и одеял. Чуть дальше видны шлюзы и укрепления дамбы короля Рамы XII, которая сдерживает мощь голу-

¹ Универсальный тайский жест (поклон при сложенных на уровне груди ладонях), который может означать благодарность, приветствие и т. д. Глубина поклона зависит от статуса того, кому предназначен вай. Когда приветствуют равных, пальцы касаются носа. Для людей выше статусом (учителей, родителей) необходимо тронуть пальцами переносицу на уровне бровей. Самый глубокий поклон, при котором пальцев касаются лбом, — только для высших особ — королей, духовных лидеров и т. д.

бого океана.

Трудно постоянно не вспоминать об этих высоких стенах и о том, с какой силой давит на них вода; трудно представлять себе город Божественных воплощений и не думать о катастрофе, только и ждущей своего часа. Но тайцы упорны, они затратили массу усилий на то, чтобы спасти священный город Крунг Тхеп¹ от потопа. Работающие на угле насосы, постоянное укрепление дамбы и искренняя вера в мудрость правящей династии Чакри помогают им пока держать в узде ту мощь, что поглотила Нью-Йорк, Рангун, Мумбаи и Новый Орлеан.

Лао Гу едет медленно, раздраженно трезвонит заполонившим проезд чернорабочим-кули. На их смуглых спинах покачиваются ящики из древесины марки «всепогодная», гипнотически ходят из стороны в сторону логотипы китайских спиральных пружин «Чаочжоу», антибактериальных рукояток «Мацусита» и керамических водяных фильтров «Бо Лок». Заводские стены сплошь расписаны иллюстрациями к учению Будды, ликами досточтимой Дитя-королевы, а между ними втиснуты нарисованные от руки картинки прошедших боев по муай-тай, тайскому боксу.

Огромной крепостью над толпой возвышается фабрика «Спринглайф», вдоль верхнего этажа пунктиром идут вентиляционные отверстия, в них медленно вращают лопастями огромные вентиляторы. На другой стороне проулка стоит здание-близнец — Чаочжоуская фабрика велосипедов. Между двумя строениями — обычный затор из торговых тележек с едой, здесь рабочие покупают закуски и обеды.

Лао Гу с трудом пробивается на фабричный двор и высаживает Андерсона у центрального входа. Тот берет сумку с нго и ненадолго замирает, глядя на широкие, под мегадонтов, восьмиметровые ворота. Следовало бы назвать предприятие по-другому: «Йейтсов каприз». Этот Йейтс был страшный оптимист. Андерсон в красках вспоминает, как тот горячечно убеждал его в поразительных свойствах водорослей со взломанными генами, рылся в столе, искал нужные схемы и неразборчиво написанные заметки, не переставая возмущаться:

— Нельзя заранее ставить крест на моей работе из-за одного только провала того проекта, «Океанских даров». Если водоросли отверждать правильно, их способность поглощать вращательный момент вырастет экспоненциально. Не важно, какой у них калорийный потенциал, — думай о промышленном применении. С моей помощью весь рынок хранения энергии будет твой, дай только время. Или хотя бы испытай прототип пружины, прежде чем примешь решение.

Андерсон входит внутрь. Фабричный грохот прогоняет воспоминание о последнем, отчаянном вопле Йейтса в защиту своей идеи.

Мегадонты с ревом тянут рычаги воротов, медленно вышагивая вокруг центральных валов — огромные головы опущены, хоботы волочатся по полу, ритмично лязгает упряжь. Эти существа, полученные геным взломом, — живое сердце главного движущего механизма, который передает энергию конвейерам, вентиляторам и всем машинам фабрики. Рядом в красно-золотых одеждах идут надсмотрщики — члены профсоюза, покрикивают на зверей и время от времени подстегивают их, заставляют гигантских, выведенных из слонов животных трудиться усерднее.

В дальнем конце завода поточная линия выплевывает только что скрученные спиральные пружины; те отправляются на технический контроль, а оттуда в отдел упаковки, где их раскладывают по местам и оставляют до никому не известного дня и часа. Когда в цех входит Андерсон, рабочие бросают дела и вдоль всего конвейера бежит волна вай — друг за другом тайцы подносят сложенные ладони ко лбу.

Улыбаясь, подбегает Баньят, начальник отдела контроля, и тоже делает вай.

Андерсон отвечает тем же, но более небрежно.

— Что с качеством?

Баньят снова улыбается:

¹ Крунг Тхеп — название Бангкока, которое используют сами жители Таиланда.

— Ди кхап. Хорошо. Уже лучше. Идемте, я покажу. — Он машет рукой, и дежурный бригадир по имени Нам ударяет в колокол, приказывая остановить конвейер. — Тут кое-что интересное. Вы будете довольны.

Андерсон отвечает сдержанной улыбкой — вряд ли тот вообще может его чем-либо порадовать, — потом достает из сумки нго и протягивает Баньяту.

— Есть успехи? В самом деле?

Баньят, почти не замечая фрукт, счищает шкурку и кладет полупрозрачную сердцевину в рот. На лице — ни следа удивления, никакой необычной реакции. Проглатывает чертов нго не задумываясь — и все. Андерсон морщится. Фаранги узнают новости последними — так всегда говорит Хок Сен, когда на него накатывает параноя, и он думает, будто Андерсон хочет его уволить. Наверняка Хок Сен тоже знает об этом фрукте или, если спросить, сделает вид, что знает.

Баньят кидает косточку в кормушку мегадонтов и ведет Андерсона вдоль конвейера.

— Мы починили вырубной пресс.

Нам снова звонит в колокол, рабочие отходят от своих мест. По третьему сигналу погонщики-махуты ударяют мегадонтов бамбуковыми прутами, животные устало замирают. Конвейер замедляет ход. На дальнем конце фабрики скрипят и пощелкивают барабаны с промышленными пружинами — маховики нагоняют в них энергию, тот живительный сок, который запустит механизмы, едва Андерсон закончит проверку.

Баньят ведет Андерсона мимо поточной линии, мимо кланяющихся рабочих, одетых в бело-зеленые цвета своей гильдии, и отодвигает занавеску, сделанную из полимеров пальмового масла, — за ней открывается зал очистки. Здесь со сказочной расточительностью распыляют промышленное открытие Йейтса: результатом его случайного генетического изобретения покрывают спиральные пружины. Женщины и дети, заметив Андерсона, снимают маски с тройным фильтром и приветствуют своего кормильца почтительным вай. По бледным от порошка лицам бегут дорожки пота, темная кожа видна только рядом с фильтрами вокруг носа и рта.

Андерсон с Баньятом проходят помещение насквозь и ныряют в зной разрезочного цеха. От нагревающих ламп исходит жар, в воздухе стоит резкий запах резервуаров, где выращивают водоросли со взломанными генами. Под потолком ярусами висят сушильные сетки, размазанная по ним масса из водорослей сочится водой, усыхает и чернеет, постепенно превращаясь в густую пасту. На взмокших от пота рабочих почти нет одежды — только шорты, майки и защитные каски. Ни сильная вытяжка, ни бешеное вращение лопастей вентиляторов не спасают — здесь как в печи. По шее Андерсона бежит пот, рубашка мгновенно намокает.

— Вот тут. — Баньят показывает на разобранный режущий механизм, который лежит у конвейера, и добавляет негромко: — Ржавчина.

Андерсон присаживается, рассматривает поближе.

— Я думал, мы проверяли на ржавчину.

— Это все соленая вода, — говорит Баньят, нервно улыбаясь. — Океан близко.

Андерсон с недовольным видом поднимает взгляд на сетки, с которых капает.

— Никакого прока ни от резервуаров, ни от этих решеток. Какой дурак решил использовать избыток жара для просушки водорослей? Энергоэффективность, чтоб ее...

Теперь Баньят улыбается растерянно.

— Так вы заменили резец?

— Теперь надежность — двадцать пять процентов.

— Вот как? Настолько лучше? — Андерсон небрежно кивает и делает знак ответственному за инструмент. Тот через весь зал кричит Наму. Снова звенит колокол, в нагревающие лампы и горячие прессы подадут электричество. Андерсона резко обдаст жаром, и он шарахается в сторону. Каждое включение этих приборов встает в пятнадцать тысяч батов налогов — столько «Спринглайф» послушно от-

стегивает в угольный бюджет королевства. Йейтс, конечно, ловко втиснул фабрику в госраспределение угля, но неперенные взятки все же заоблачно велики.

Центральный маховик набирает обороты, механизмы под полом оживают, по зданию проходит дрожь, половицы начинают вибрировать. Словно адреналин по венам, по приводам пробегает кинетическая энергия — взрывное предчувствие силы, которая вот-вот запустит производственную линию. Возмущенно трубит и умолкает под ударом хлыста мегадонт. Стон маховиков превращается в вой и внезапно стихает — поток джоулей входит в движущую систему.

Главный по линии снова звонит в колокол. Рабочие подходят к режущим механизмам и выравнивают резцы: изготовление небольших двухгигаджоульных спиральных пружин требует особой тщательности. Чуть дальше идет скручивание — гидравлические стойки с шипением поднимают вверх вырубные прессы с только что отремонтированными прецизионными резцами.

— Сюда, пожалуйста, кун. — Баньят указывает Андерсону на зарешеченную кабину.

Колокол Нама звонит в последний раз. Приводы скрипят, приходят в движение. Андерсона на мгновение охватывает трепет. Рабочие приседают за защитными экранами. Из направляющих выползает проволока и тянется по горячим валикам. На металл ржавого цвета распыляют мерзко пахнущий реагент, а тот образует глянцевою пленку, к которой вскоре ровным слоем прилипнет Йейтсов порошок из водорослей.

С грохотом падает пресс. Андерсон представляет силу удара, и у него сводит зубы. Обрубленная проволока звонко щелкает, уходит за штору в зал очистки и через полминуты появляется вновь — уже бледно-серая, в пыльном налете порошка из водорослей. Горячие ролики передают ее дальше, в агонию последних мук формовки: металл станут скручивать ту же и ту же, истязая молекулярную структуру, затягивая в спираль. Нарастает оглушительный скрежет. На стягиваемую проволоку льется дождь из смазки и оставшейся от водорослей жидкости, брызги летят на рабочих и оборудование, затем сжатую пружину стряхивают с линии — теперь ее установят в корпус и отправят в отдел контроля качества.

Вспыхивает желтая лампочка — можно выходить. Рабочие выбегают из кабин и переустанавливают пресс, из недр цеха закалки с шипением выползает новая струйка ржавого на вид металла. Дребезжат на холостом ходу валики. Прикрытые форсунки готовятся выдать следующую порцию смазки — прочищаются, выплевывая в воздух мельчайшие капельки влаги. Рабочие заканчивают установку прессов и ныряют в укрытия. Если произойдет сбой, пружинная проволока станет неуправляемым лезвием, которое со страшной силой хлестнет через весь цех. Андерсон как-то видел обычный исход промышленной аварии: вскрытые, будто мягкие манго, головы, срезанные части тел и поллаковские брызги крови.

С грохотом падает пресс и отрубает заготовку пружины — очередную из сорока за час; теперь ее шансы оказаться на складе брака в министерстве природы всего лишь семьдесят пять процентов. Миллионы уходят на производство мусора, и еще миллионы на его уничтожение — неутомимая палка о двух концах. Йейтс то ли случайно, то ли со зла где-то напортачил, и больше года ушло на то, чтобы полностью разобраться в проблеме — исследовать водорослевые ванны, где вызревает материал для революционной оболочки пружин, заново создать кукурузную смолу, которой заливают места стыковки пружины и механизма, сменить процедуру работы отдела контроля качества и понять, как почти круглогодично стопроцентная влажность влияет на производство, придуманное для более сухого климата.

Откинув штору, из зала очистки в облаке бледной пыли входит рабочий: на темном лице струйки пота, комочки грязи и капли спрея пальмового масла. Сквозь проем на секунду мелькают его коллеги — тени в снежной круговерти светлого порошка, в который утрамбовывают пружинную проволоку, чтобы ту не застопорило от мощного сжатия. Пот рабочих, калории, плата за уголь — все ра-

ди одного: создать Андерсону правдоподобное прикрытие, пока он разгадывает тайну пасленовых и нго.

Любой разумный бизнесмен давно прикрыл бы фабрику — даже Андерсон, хотя и он понимает кое-что в производстве спиральных пружин нового поколения. Однако ни у его рабочих, ни у профсоюзов, ни у белых кителей и внимательных наблюдателей, которых в королевстве немало, — ни у кого не должно возникнуть сомнений в том, что он настоящий увлеченный предприниматель, а для этого фабрика должна работать, причем на полную мощность.

Андерсон жмет Баньяту руку и хвалит за хорошую работу.

В самом деле, досадно: завод мог бы преуспеть. Дух захватывает от того, как работают пружины Йейтса. Он сумасшедший, но не идиот. Андерсон сам наблюдал, как крохотный корпус со спиралью, пощелкивая, час за часом отдавал джоули энергии, в то время как одни пружины весом в два раза больше не вырабатывали и четверти такой мощи, а металл других, не выдержав страшного давления, терял молекулярную структуру и сливался в сплошную массу. Время от времени Андерсон чувствовал, что вот-вот поддастся вдохновению Йейтса.

Он делает глубокий вдох, ныряет в зал очистки, выходит из него с другой стороны в клубах дыма и водорослевого порошка, потом снова вдыхает — в воздухе пахнет растертым по полу навозом — и шагает по лестнице в контору. Позади снова слышен рев — судя по всему, кому-то из мегадонтов больно. Андерсон замечает одного из погонщиков-махутов — вал номер четыре, еще одна проблема в длинном списке неприятностей «Спринглайфа», — и открывает дверь.

В офисе мало что изменилось с тех пор, как он впервые сюда пришел. Все тот же сумрак, все та же гулкая пустота и выключенные компьютеры с ножными динамо. Лезвия солнечных лучей, проходя сквозь красно-коричневые деревянные ставни, прорезают дымку воскурений в честь тех богов, что не спасли в Малайе китайский клан Хок Сена. Внутри не продохнуть от аромата сандаловых палочек, в углу безостановочно текут вверх шелковистые нити дыма — поднимаются над алтарем, где у мисок с ю-тексовским рисом и облепленными мухами манго сидят улыбчивые золотые статуэтки.

Хок Сен уже за компьютером — жилистой ногой раскачивает педаль привода, ток от которого питает микропроцессоры и двенадцатисантиметровый дисплей. В сером отсвете экрана Андерсон успевает заметить быстрый взгляд — всякий раз, когда открывается дверь, старик вздрагивает в страхе, что его пришли убивать. Этот испуг — будто галлюцинация, такая же, как исчезновение чеширов: только что ты его видел, а через секунду уже не знаешь, был ли кот на самом деле. Но Андерсон достаточно хорошо знает беженцев-желтобилетников и может распознать подавленный ужас. Он прикрывает дверь, заводской шум стихает, Хок Сен успокаивается.

Андерсон кашляет и отгоняет от лица дым.

— Я же просил тебя не жечь эту дрянь.

Старик пожимает плечами, не переставая крутить динамо и стучать по клавишам.

— Открыть окна? — Его голос шуршит, словно бамбук по песку.

— Господи, нет, конечно. — Андерсон, щурясь, глядит на пекло за ставнями. — Просто жги их дома, а тут они мне не нужны.

— Хорошо.

— Я не шучу.

Хок Сен на секунду отрывает взгляд от монитора — по выражению скуластого лица и запавших глаз видно, что у старика отлегло от души, — и снова принимается стучать по клавишам своими паучьими пальцами.

— Это на удачу, — бормочет он и продолжает с сиплым негромким смешком: — Даже заморским дьяволам нужно везение. Учитывая все проблемы фабрики, вы,

возможно, оценили бы помощь Будая.¹

— Дыми не здесь. — Андерсон кидает на стол сумку с сегодняшней находкой, растягивается в кресле и вытирает лоб. — Жги их дома.

Старик едва заметно кивает в ответ. Под потолком медленно вращаются ряды механических вентиляторов, бамбуковые лопасти лениво гоняют горячий воздух. Хок Сен и Андерсон совершенно одни среди вереницы пустых столов и выключенных компьютеров. По грандиозному замыслу Йейтса, тут должен был работать целый штат продавцов, логистов, кадровиков и секретарей.

Андерсон перебирает нго и показывает один Хок Сену.

— Видал такие?

Тот мельком смотрит на фрукт с зелеными усиками, говорит:

— Тайцы называют их «нго», — и продолжает просматривать таблицы, в которых никогда не появится новых данных, и подсчитывать убытки, которые никогда не попадут в отчеты.

— Как их называют тайцы, я знаю. — Андерсон подходит, кладет нго рядом с компьютером. Хок Сен вздрагивает и глядит на плод с испугом, как на скорпиона. — Фермеры на рынке мне сказали. В Малайе такие были?

— Я... — Старик прикусывает язык. Видно, как он старается взять себя в руки, подчинить воле стремительный калейдоскоп эмоций. — Я...

Страх то накатывает, то отпускает. Едва ли один из ста малайских китайцев спасся во время Казуса. Ему, как ни посмотри, очень повезло, и все же Андерсон жалеет старика: один простой вопрос, вид какого-то фрукта — и тот готов бежать без оглядки.

Хок Сен хрипло дышит и смотрит на нго не моргая.

— В Малайе не было. Такое только тайцы могут, — наконец произносит он и тут же возвращается к работе: глаза — в монитор, воспоминания — под замок.

Андерсон ждет еще какой-то реакции, но старик упорно глядит на экран. Тайна нго не прояснилась.

Он шагает обратно к своему столу разобрать почту. На углу лежит подготовленное Хок Сеном срочное: квитанции, налоговые документы. Андерсон с головой уходит в бумаги: подписывает чеки профсоюзу погонщиков мегадонтов, ставит печати на бланках утилизации и попутно тербит на груди рубашку — влажный воздух с каждой минутой все жарче.

Через некоторое время Хок Сен произносит:

— Вас спрашивал Баньят.

Андерсон рассеянно кивает.

— На вырубном прессе обнаружили ржавчину. Заменили — надежность выросла на пять процентов.

— Значит, теперь двадцать пять?

Андерсон пожимает плечами, перелистывает бумаги, заверяет печатью расчет угольного налога в министерство природы, говорит:

— Так он мне сказал, — и кладет документ обратно в конверт.

— Все равно убыточно. Ваши пружины на полезное дело не раскручиваются — держат свои джоули под замком, как Сомдет Чаопрайя — Дитя-королеву.

Андерсон раздражен, но защищать свой товар сейчас не хочет.

— Баньят рассказал вам о питательных резервуарах? Тех, где выращивают водоросли?

— Нет, только о ржавчине. А в чем дело?

— Обнаружили загрязнение: часть из них не дает... — Хок Сен колеблется. — Поверхностная пленка — она не нарастает.

— Даже не упомянул.

Снова неуверенная пауза.

¹ Будай, или смеющийся Будда, — символ изобилия.

- Уверен, он пытался сказать.
- И что говорит? Насколько все плохо?
- Не знаю. Просто пленка не отвечает требованиям.

Андерсон хмурит лоб.

— Я его уволю. Зачем мне начальник отдела качества, который боится рассказать о проблемах?

- Вероятно, вы не очень внимательно слушали.

Андерсон уже готов выдать тираду по поводу людей, которые заводят разговор, а к сути не переходят, но его прерывает рев мегадонта, да такой, что дрожат стекла. Он закрывает рот и прислушивается к крикам погонщиков.

- Четвертый вал. Махут никуда не годен.

— Тайцы все никуда не годны, — комментирует Хок Сен, не отрываясь от компьютера.

Андерсона веселит, что такое сказал желтобилетник, но он сдерживает смех и говорит, возвращаясь к бумагам:

- Значит, он хуже остальных. Его надо заменить. Запомни — вал номер четыре.

Ритм ножного динамо сбивается.

— Непростая задача, разрешите заметить. Даже Навозный Царь идет на уступки профсоюзу погонщиков. Без мегадонтов джоули пришлось бы вырабатывать с помощью человеческой силы, а такая позиция невыгодна при переговорах.

— Мне все равно. Этого — уволить. Придумай какой-нибудь мягкий способ, чтобы без ажиотажа. — Андерсон берет на подпись очередную кипу чеков.

Хок Сен не отступает.

- Кун, с профсоюзом очень трудно торговаться.

— Поэтому у меня есть ты, а у тебя — такая вещь, как полномочия. — Андерсон продолжает перелистывать бумаги.

— Да, разумеется, — холодно отвечает Хок Сен. — Благодарю за ценные указания.

— Ты постоянно говоришь мне, что я не разбираюсь в местных обычаях. Вот ты и займись — уволь махута. Мне все равно: мягко это будет или все потеряют лицо, но придумай, как его выгнать. Держать таких на силовой установке опасно.

Хок Сен поджимает губы, но больше не возражает. Андерсон думает, что уж теперь тот выполнит задание. Он возвращается к бумагам и строит недовольную мину: перед ним очередное разрешительное письмо из министерства. Только тайцы способны так замысловато представить взятку договором об оказании услуг. Они вежливы, даже когда вымогают у тебя деньги. Или когда возникают проблемы с водородселевыми резервуарами. Баньят... Андерсон окликает Хока Сена.

— Я разберусь с махутом, — отвечает тот, не поднимая взгляда и продолжая печатать. — Он уйдет, даже если вам это припомнят на переговорах насчет новых премий.

— Рад слышать, но я о другом. — Андерсон хлопает ладонью по столу. — Ты сказал — Баньят жаловался на то, что на водородселях не вырабатывается пленка. Где — в старых резервуарах или в новых?

- Я... Он толком не объяснил.

— Разве ты не говорил мне на прошлой неделе, что к нам идет новое оборудование? Новые резервуары, новые питательные культуры?..

Пальцы старика на секунду сбиваются с ритма. Андерсон делает вид, что озадачен: энергично перелистывает бумаги, но уже знает — ни квитанций, ни бланков о прохождении карантина там нет.

— Где-то был список... Точно помню: ты говорил — уже едет. — Он смотрит на Хока Сена. — Я вот думаю и все больше удивляюсь — откуда загрязнение? Неоткуда ему взяться, если новое оборудование уже растаможили и установили.

Старик молчит и упорно продолжает печатать, будто не слышал вопроса.

- Ты мне все рассказал?

Хок Сен, не отрываясь, глядит в монитор. В тишине слышен только стук подножки и мерное поскрипывание вентиляторов.

— Декларация еще не готова, — говорит он, наконец. — Груз по-прежнему на таможне.

— Он должен был пройти на прошлой неделе.

— Произошли накладки со сроками.

— Ты же сказал мне, что проблем не возникнет. Ты уверял, говорил, лично поедешь и поторопишь. Я тебе даже еще денег дал.

— У тайцев свое представление о сроках. Может быть, сегодня к вечеру доставят, может быть, завтра. — Хок Сен изображает все понимающего человека. — Все они все лентяи — не то, что мы, китайцы.

— Так ты дал им взятку? Часть должна была пойти в министерство торговли, белому кителю — их карманному инспектору.

— Я заплатил им.

— Достаточно?

Хок Сен щурит глаза.

— Я заплатил.

— Ты же не оставил себе половину?

Тот нервно смеется:

— Конечно, я все отдал.

Андерсон еще какое-то время пристально смотрит на желтобилетника — не соврал ли, потом кидает бумаги на стол. Он даже не вполне понимает, какое ему до всего этого дело; злит, что старик полагает его дурачком, которого легко провести. Андерсон снова глядит на сумку с нго. Возможно, Хок Сен догадывается, что фабрика — лишь прикрытие для чего-то еще... Он гонит подозрения прочь и продолжает наседать.

— Ну, так что — завтра?

— Вероятнее всего, да, я почти уверен.

— Ну, кто бы сомневался.

Хок Сен никак не реагирует — даже не ясно, уловил ли сарказм. Старик необычайно хорошо говорит по-английски, и все же они постоянно натываются на стену непонимания, и загвоздка тут скорее в разнице их культур, чем словарных запасов.

Андерсон продолжает перебирать бумаги: сплошные налоги и зарплатные чеки. Он переплачивает сотрудникам вдвое — еще один повод не иметь дел с королевством. «Тайскую работу — тайцам». По всей стране голодают беженцы-желтобилетники, а нанимать их запрещено. По закону место Хок Сена — на бирже труда среди прочих переживших Казус в Малайе. Если бы не его знание языка и бухгалтерского дела, да не снисходительность Йейтса — нищенствовал бы, как остальные.

В кипе бумаг он находит конверт, адресованный ему персонально. Печать, как водится, сломана: Хок Сен все никак не усвоит, что личная переписка — табу. Тысячу раз это обсуждали, но старик упорно «ошибается».

Внутри приглашение. От Райли. Предлагает встречу. Андерсон задумчиво постукивает карточкой по столу. Райли. Осколок эпохи Экспансии, допотопный плавник, выброшенный приливной волной тех времен, когда бензин стоил дешево, а кругосветные путешествия занимали не недели, как теперь, а считанные часы. Когда с затопленных полос бангкокского Суварнабхуми поднимались в воздух последние лайнеры, он стоял по колено в прибывающей океанской воде и глядел им вслед. Потом поселился в заброшенном здании со своими подружками, пережил их, завел новых и продолжал наслаждаться яствами, деньгами и опиумом высшей пробы. Если верить рассказам Райли, его не взяли ни государственные перевороты, ни реставрации, ни эпидемии, ни голод. Теперь, весьма довольный собой, похожий на жабу, покрытую старческими пигментными пятнами, он поживает в башне

Плоенчит, которую именует «клубом», и учит вновь прибывших иностранцев забытому с наступлением эпохи Свертывания искусству буйных гулянок.

Андерсон бросает карточку на стол. Что бы там ни задумал старикан, приглашение само по себе вполне невинно. Райли протянул в королевстве столько лет исключительно благодаря своей паранойе. Андерсон, пряча улыбку, искоса смотрит на Хок Сена. Эти двое отлично бы спелись — что один, что другой мыкаются на чужбине вдали от родины, оба выживают благодаря уму и крайней подозрительности.

— Если сейчас у вас нет других дел, кроме как наблюдать за моей работой, — замечает Хок Сен, — то сообщаю: профсоюз владельцев мегадонтов просит пересмотра своих ставок.

Андерсон, оглаживая гору расходных документов, отвечает:

— Сомневаюсь, что они сообщили об этом настолько вежливо.

Хок Сен откладывает ручку.

— Тайцы вежливы всегда. Даже когда угрожают. Внизу снова трубит мегадонт.

Андерсон бросает на старика красноречивый взгляд.

— Вот тебе и козырь, когда дойдешь до увольнения махута с четвертого вала. Черт возьми, я вообще ничего не буду им платить, пока сами не прогонят этого поганца.

— Профсоюз силен...

Фабрика сотрясается от нового звериного рева. Андерсон вздрагивает и поворачивает голову к смотровым окнам.

— ...и туп! Да что же они с ним делают? Пойди, посмотри.

Хок Сен хочет сказать «нет», но Андерсон бросает на старика такой взгляд, что тот молча встает; его невысказанный протест прерывается трубным воем, от которого начинают опасно дребезжать стекла.

— Какого...

Здание снова вздрагивает, но теперь к звуку примешивается пронзительный металлический скрип: заклинило силовую установку. Андерсон с Хок Сеном бегут к смотровому окну — старик успевает первым и замирает, разинув рот.

Прямо на них уставлен желтый глаз размером с хорошую тарелку. Покачиваясь на задних ногах, снаружи стоит мегадонт. Его четыре бивня спилены, но десять тонн мышц и ярости — и без них серьезная угроза. Животное пяти метров в холке рывком натягивает цепи, которыми приковано к вороту, вздымает хобот и открывает огромную пасть. Андерсон зажимает уши.

Оглушающий рев валит его на пол, в голове звенит.

— Где махут?!

Хок Сен только мотает головой — вряд ли он разобрал вопрос. Андерсон и сам слышит все словно сквозь вату. Он кое-как встает и толкает дверь наружу в тот самый момент, когда мегадонт вдребезги разбивает четвертый вал. Щепки острым дождем летят во все стороны — Андерсон вздрагивает, чувствуя, как деревянные иглы вонзаются ему в кожу.

Внизу махуты лихорадочно снимают могучих животных с привязи, тянут подальше от обезумевшего зверя, кричат, понукают; мегадонты возмущенно режут — инстинкты заставляют их забыть дрессуру и прийти на помощь собрату. Все рабочие-тайцы, кроме погонщиков, бегут из здания прочь.

Взбесившееся животное снова нападает на вал и разбивает его рычаги. Там, где стоял махут, — кровавое месиво.

Андерсон кидается назад в офис, лавирует между столами, прыгает на крайний, скользит по нему и падает на пол прямо перед сейфами.

Пот застилает глаза, пальцы скользят по наборному диску — 23 влево, 106 вправо, — перескакивают на следующую ручку — лишь бы не сбиться, лишь бы не начинать снова. Внизу опять трещит древесина, кричат те, кто подошел к мегадонту слишком близко.

Сбоку, совсем рядом возникает Хок Сен.

Андерсон машет ему уйти.

— Всех рабочих наружу! Всех до последнего!

Он продолжает набирать комбинацию — старик кивает, но мешкает. Андерсон бросает на него яростный взгляд.

— Быстро!

Хок Сен неохотно подчиняется и бежит к двери, его команды тонут в треске и воплях паникующих рабочих. Андерсон докручивает последний диск и рывком открывает дверцу. За ней — бумаги, пачки пестрых купюр, конфиденциальные документы, пневматическая винтовка и... пружинный пистолет.

Он недовольтно морщится: «Йейтс. И сюда пролез, старый мерзавец. Будто послал своего духа-пки следить за мной», — заводит пружину, засовывает оружие за пояс, потом смотрит, есть ли в винтовке заряд. Снова слышны вопли. По крайней мере, Йейтс подготовился к неприятностям. Старикан был наивен, но далеко не глуп. Андерсон нагнетает в ружье воздух и бежит к двери.

Движущая система и конвейер в цехе контроля качества забрызганы кровью. Сколько человек погибло — не разобрать, явно не один махут. В воздухе сладковато пахнет внутренностями, которые размазаны вдоль всей дорожки мегадонта вокруг вала. Животное — гора генетически сконструированных мускулов — опять встает на задние ноги и изо всех сил натягивает последнюю цепь.

Андерсон наводит винтовку, краем глаза замечает, как поднимается еще один зверь, слышит его ликующий трубный рев, видит, что махуты уже не в силах с ним сладить, но заставляет себя не думать об охватывающем фабрику хаосе и сосредотачивается на оптическом прицеле.

Перекрестье пробегает по рыжеватой стене морщинистой шкуры. В приближении мегадонт выглядит огромным — промазать невозможно. Андерсон переключает винтовку в автоматический режим, делает выдох и выпускает из резервуара сжатый воздух.

Из ствола вылетает облако дротиков. Ярко-оранжевые точки усеивают бок животного. К его центральной нервной системе бежит заряд токсинов, разработанных в «Агтрогене» на основе осинового яда.

Андерсон опускает винтовку. Без оптики дротики на шкуре почти не видно. Еще несколько секунд — и зверь умрет.

Животное поворачивается и упирает полный дремучей ярости взгляд прямо в Андерсона. Тот с изумлением осознает, что мегадонт будто бы понимает, кто в него стрелял.

Зверь наваливается и рвет стальную цепь — звенья со свистом рассекают воздух и бьют по конвейерной линии. Убегающий рабочий падает замертво. Андерсон отшвыривает бесполезную винтовку и достает пружинный пистолет — игрушка против десяти тонн живого бешенства, но другого оружия у него нет. Животное шагает вперед. Андерсон жмет на курок так быстро, как только может. Заточенные по краям диски бессильно отскакивают от громады.

Хобот сбивает его на пол и тут же туго, по-змеиному обвивает ноги. Андерсон брыкается, тянет руки к дверному косяку. Колени сжимает так сильно, что в глазах темнеет — зверь будто хочет раздавить его, как напившегося крови комара, но вместо этого начинает тянуть к балкону. Андерсон отчаянно ловит пальцами скользящие мимо перила и взмывает в воздух. Его больше ничто не держит.

Он летит под раскатистый ликующий рев мегадонтов. Стремительно приближается бетонный пол фабрики. Удар. Темнота. «Лежи и умирай». Андерсон заставляет себя не терять сознание. «Просто умри». Хочет встать, откатиться в сторону, сделать хоть что-то, но ничего не выходит. Перед глазами плывут цветные разводы. Огромный зверь дышит совсем рядом.

Пятна сливаются в одно большое: это мегадонт — дремучая ярость в рыжеватой шкуре. Животное поднимает ногу — вот-вот раздавит Андерсона в лепешку. Тот

перекатывается на бок — тело ниже пояса не действует — и ползет с трудом, слишком медленно, руки скользят по бетону, как паучьи лапы по льду. «Господи, не хочу так умирать. Не здесь, не так...» Он будто ящерица, которой прижали хвост — ни встать, ни убежать; один шаг гигантского слона — и погибнет, превратившись в кашу.

Мегадонт трубит. Андерсон видит через плечо, как тот опускает ногу, шатается, будто пьяный, фыркает, взмахивает хоботом, задняя часть туловища отказывает, он оседает и глядит по-собачьи ошалело, не понимая, что с его телом. Передние ноги медленно разъезжаются, и мегадонт со стоном падает в месиво из соломы и навоза. Его глаза — растерянные, почти человеческие — точно напротив Андерсона. Животное тянет хобот — могучую, но уже непослушную змею, — неуклюже хлопает им по полу, хочет схватить, но лишь бессильно толкает человека. Шумное раскаленное дыхание вырывается из открытой пасти потоками сладковатого воздуха.



Андерсон медленно отползает, встает на колени, потом в полный рост — кое-как, неуверенно, борясь с головокружением. Мегадонт продолжает следить за ним желтым глазом, в котором уже погасла ярость, и хлопает длинными ресницами. Андерсон хочет понять, что сейчас чувствует животное — ощущает ли, как стремительно отказывает его нервная система, знает ли, что вот-вот наступит конец, или просто испытывает усталость.

Ему почти жалко этого зверя. Вместо грубо спиленных бивней — четыре грязных беловатых овала с оббитыми краями, каждый шириной с фут. На коленях язвы, вся пасть в чесоточных наростах. Вблизи, когда видно, как грудная клетка мегадонта ходит вверх-вниз, как безвольно обмякли мышцы, зверь кажется просто заму-ченным существом — существом, не созданным для битв.

Последний вздох, тело обмякает. Повсюду суетятся люди, тянут Андерсона куда-то, помогают раненым, ищут погибших. Кругом толпа униформ: красно-золотых профсоюзных, зеленых спринглайфовских; на огромную тушу лезут махуты.

Андерсон на секунду представляет стоящего рядом Йейтса, который курит табак и злорадствует: «А говорил — уедешь через месяц», — но вместо него возникает Хок Сен — шелестящий голос, темные глаза-миндалины, костлявые руки — трогает его за шею и видит на своих пальцах красную влагу.

— У вас кровь.

2

— Поднимай! — командует Хок Сен.

Пом, Ну, Кукрит и Канда наваливаются на сломанный вал, тянут его вверх из гнезда, будто огромную занозу из тела великана, в зазор проскальзывает Май.

— Ничего не видно! — кричит она снизу.

Мускулы играют на спинах Пома и Ну, которые еле удерживают всю конструкцию, не давая той рухнуть на место. Хок Сен встает на колени, опускает вниз фонарь, девушка берет его на ощупь и уносит в темноту. Механический светильник — потряси и заработает — стоит больше нее; старик очень надеется, что рабочие не уронят вал в гнездо, пока она там. Проходит минута.

— Ну? Треснул? Нет?

Тишина. Лишь бы Май нигде случайно не застряла. Хок Сен садится на корточки и ждет, пока девочка все там осмотрит. Кругом кипит работа — все приводят в порядок. Тушу словно мухи облепили члены профсоюза: блестящие мачете, четырехфутовые костепилки, руки по локоть красны от трудов — разнимают целую гору плоти. Обильно течет кровь, под снятой шкурой видны мьшцы и жилы.

Хок Сена передергивает — точно так же расправлялись и с его людьми: им тоже пускали кровь и тоже на разрушенной фабрике. Какие уничтожили склады, каких погубили людей... Он смотрит по сторонам и живо вспоминает, как пришли «зеленые повязки» со сверкающими мачете наперевес и спалили его хранилища. Мотки джутовой нити, запасы тамаринда, пружины — все погибло в дыму и огне. Хок Сен отводит взгляд, отгоняя воспоминания, и заставляет себя дышать ровней.

Едва в профсоюзе погонщиков прослышали о гибели животного — немедленно при-
слали мясников. Хок Сен хотел заставить их вытащить тушу из цеха и сделать все снаружи, чтобы сразу начать ремонт главного привода, но те отказались, и теперь вдобавок к суете здесь все сильнее смердит и вьются тучи мух.

Кости мегадонта торчат, будто океанские кораллы в густо-алой толще мяса. Кровь рекой течет в ливневые коллекторы Бангкока к работающим на угле помпам, что берегут город от потопа. Хок Сен угрюмо смотрит на поток: бессчетные калории уходят в никуда. Мясники работают споро, но трудиться им предстоит большую часть ночи, пока не разделают всю тушу.

— Ну, чего она там? — кричит Пом, который вместе с Ну и остальными по-прежнему изо всех сил держит вал.

Старик возвращается к делам насущным и кричит в темноту:

— Май, что видно?

В ответ неразборчивое бормотание.

— Ну, тогда вылезай! — Он снова садится на корточки и утирает пот — на фабрике жарче, чем в кастрюле с рисом. Мегадонтов развели по законам, поэтому энергии нет — ни для конвейеров, ни для вентиляторов. Влажная жара и зловоние от мертвых тел окутывают людей душным одеялом — в точности как на бойнях в Клонг Той.¹ Хок Сен с трудом сдерживает приступ тошноты.

Рядом с тушей возгласы и оживление: из вспоротого брюха вывалились внутренности. Сборщики потрохов — люди Навозного царя — тут же бросаются к ним и начинают лопатами переваливать в ручные тележки этот щедрый источник калорий; щедрый и ничем не зараженный — полученное, скорее всего, пойдет свиньям на окраинные фермы Навозного царя или китайцам — беженцам из Малайи, которые живут под его протекцией в душных старых башнях времен Экспансии. То, что не съедят животные и желтобилетники, отправят вместе с ежедневным урожаем негодных фруктов и навоза в компост-машины, где эта масса станет разлагаться на удобрения и метан, который позже осветит зеленоватыми огоньками городские улицы.

Хок Сен задумчиво теребит свою счастливую родинку. Отличный бизнес у этого Навозного короля — монополия охватывает почти весь город. Удивительно, как его до сих пор не сделали премьер-министром. Впрочем, будь у него, крестного отца крестных отцов, самого влиятельного криминального авторитета-джаопора за

¹ Трущобный район Бангкока. В нем также находятся портовые сооружения и большой рынок.

всю историю королевства, такое желание, оно немедленно бы исполнилось.

«Вот только заинтересует ли его мое предложение? Разглядит ли возможности для своего бизнеса?»

Ход его мыслей прерывает голос Май.

— Треснул! — кричит она снизу и через секунду вылезает из темноты, вся в поту и пыли. Ну с компанией бросают пеньковые веревки, вал с грохотом падает в гнездо, да так, что вздрагивает пол. По лицу девушки пробегает легкий испуг — понимает, что ее чуть не раздавили, — но уже через мгновение она опять спокойна. Беспечное дитя.

— Ну? Что треснуло-то? Сердечник?

— Да, кун, рука вот посюда влазит. — Май показывает на запястье. — И во втором, дальнем, то же самое.

— Тамади!¹ — вырывается у старика вопреки его спокойствию — он ждал чего-то подобного. — А цепной привод?

— Все звенья, какие видела, гнутые.

— Тогда зови Лина, Лека, Чуана...

— Чуан умер. — Девушка показывает на кровавые разводы там, где мегадонт растоптал двоих рабочих.

— Верно. — Хок Сен морщится. Чуан, а еще Нои, Капипхон и бедолага Баньят из отдела контроля — этот уже не узнает, как вышел из себя Андерсон, когда услышал о загрязнении водорослевых ванн. Новые расходы: тысячу батов семьям погибших, две — родным Баньята. Старик снова делает кислое лицо. — Значит, зови кого-то еще из вашей шайки чистильщиков, тоже мелкого — полезете вниз. Пом, Ну, Кукрит — вытаскивайте вал. Полностью вынимайте — надо осмотреть систему приводов звено за звеном. Механизмы нельзя запускать, пока все не осмотрим.

— Куда спешить-то? — с усмешкой говорит Пом. — Когда еще запустимся... Заставить профсоюз опять работать — тут фаранг одним мешком опиума не отделается. Тем более после того, как пристрелил Хаприта.

— Рано или поздно заработает, и начнем мы тогда без четвертого вала, — обрывает его Хок Сен. — Королевское разрешение на спил дерева такого же диаметра дадут не сразу, потом его какое-то время станут сплавлять с севера — и то если повезет и в этом году придут муссоны, — а до тех пор на фабрике будет дефицит энергии. Ты вот о чем подумай: кое-кто вообще окажется не у дел. — Он кивком указывает на вал. — Работу дадим только самым усердным.

Пом, пряча злобу, виновато делает вай.

— Простите, кун, я позволил себе необдуманные слова. Я совсем не хотел нагрубить.

— Вот так-то, — кивает старик и с недовольным видом отворачивается, хотя втайне согласен с Помом: прежде чем мегадонты снова тяжело зашаркают вокруг валов, будут мешки опиума, взятки, пересмотры энергетического контракта — новые расходные статьи в бюджете. И это не считая тех денег, что пойдут монахам за церемониальные песнопения, а может, браминам или специалистам по фен-шую, или медиумам, которые испросят разрешение у пхи,² успокоят рабочих и уговорят их вернуться на злосчастную фабрику.

— Тань сяншен!³

Возглас отвлекает Хок Сена от подсчета убытков. Напротив, у шкафчиков с одеждой, сидит ян гуйдзы⁴ Андерсон Лэйк, которому женщина-врач обрабатывает раны. Поначалу этот заморский демон хотел, чтобы его штопали наверху, но ста-

¹ Китайское ругательство.

² Духи, призраки.

³ Господин, учитель (кит.).

⁴ Ян гуйдзы (кит.) — дословно: иностранный (заморский) дьявол. Унижительное название белых людей.

рик настоял, чтобы все происходило в цеху, у всех на глазах — пусть рабочие видят и залитый кровью светлый костюм, и самого Андерсона, больше похожего на вылезшего из могилы пхи, зато живого и неиспугавшегося. Если лицо можно потерять, то сейчас он его зарабатывает. Бесстрашный чужестранец.

Андерсон отхлебывает виски прямо из бутылки, купить которую попросил Хок Сена, будто тот ему слуга какой-нибудь. Старик отправил Май, та принесла поддельный «Меконг» с этикеткой, как у настоящего, и прилично сдачи — столько, что Хок Сен отсыпал ей за сообразительность пару батов на чай и сказал, глядя в глаза: «Помни мою доброту». Та серьезно кивнула в ответ.

В прежней жизни китаец решил бы, что купил немного преданности этой девочки, но здесь и сейчас может лишь рассчитывать, что та не убьет его сразу, если тайцы вдруг решат взяться за китайцев-желтобилетников и выгнать их всех в зараженные пузырячатой ржой джунгли. Возможно, за эти чаевые он выгадал себе немного времени. А может, и нет.

— До чего упрямый заморский демон — все время ерзает, — говорит на мандаринском доктор Чан, когда Хок Сен подходит поближе.

Чан тоже из желтых билетов. В королевстве этим беженцам нельзя зарабатывать себе на жизнь, но некоторые хитростью и уловками умудряются обходить запреты. Если белые кители узнают, что она таскает рис из кормушки тайских врачей.. Хок Сен гонит от себя эту мысль. Помочь земляку, пусть даже самую малость, — стоящее дело, что-то вроде искупления за прошлое.

— Постарайтесь, чтобы выжил, — с едва заметной улыбкой говорит Хок Сен. — Он нам еще нужен — чеки подписывать.

Доктор Чан смеется:

— Тин мафань. Давно я никого не шила, но ради вас вытащу это мерзкое создание хоть с того света.

— Если вы и в самом деле такой талант, подхвачу цибиסקоз — позову лечить.

— Чем она недовольна? — встречается ян гуйдзы, который ни слова не понимает.

— Тем, что вы все время вертитесь.

— Коряво работает. Скажи, пусть штопает быстрее.

— А еще доктор Чан говорит, что вам очень и очень повезло. Щепка прошла в сантиметре от артерии. Чуть в сторону — и вашей кровью тоже залило бы пол.

К удивлению Хок Сена, Лэйк улыбается и смотрит на мясников, которые разделяют тушу.

— Щепка... Я думал, меня мегадонт убьет.

— Да, вы чуть не умерли.

Вот это была бы катастрофа — инвесторы мистера Лэйка тогда опустили бы руки. От одной этой мысли старику не по себе. Влиять на Йейтса было, конечно, куда проще, чем на ян гуйдзы, но без этого упрямого заморского демона фабрику точно прикрыли бы.

Хок Сен с досадой понимает, что когда-то у него завязались отличные отношения с Йейтсом, а теперь вместо них — натянутые с Лэйком. Собственное невезение плюс упрямство ян гуйдзы — и снова надо придумывать, как выживать дальше и как возрождать свой клан.

— Думаю, вам стоит отпраздновать спасение, — подбрасывает он идею. — Сделать подношения Гуанинь¹ и Будаю, поблагодарить их за такую удачу.

Лэйк ухмыляется, уставив на старика дьявольские омуты водянисто-серых глаз:

— Чертовски хорошая мысль! — Будто чокаясь, он приподнимает наполовину пустую бутылку «Меконга». — Всю ночь буду отмечать.

— Найти вам компанию?

На лице заморского демона тут же застывает нечто вроде омерзения.

¹ Гуанинь — китайское божество (как правило, в женском облике), которое спасает людей от бедствий.

— Моя компания — не твое дело.

Хок Сен проклинает себя, но вида не подает — очевидно, зашел слишком далеко и опять разозлил это создание.

— Разумеется. Я не хотел оскорбить вас. — Старик торопливо делает ваи.

Ян гуйдзы, начисто забыв о веселье, обводит взглядом цех.

— Большой ущерб?

Хок Сен пожимает плечами:

— Вы были правы насчет сердечника — он треснул.

— А основная цепь?

— Проверим каждое звено. Возможно, нам повезет и выяснится, что пострадали только второстепенные передачи.

— Это вряд ли. — Заморский демон протягивает ему бутылку, Хок Сен мотает головой, пытаясь скрыть отвращение. Лэйк понимающе подмигивает, отпивает и вытирает губы тыльной стороной ладони.

В толпе мясников опять шумят — из туши с новой силой хлещет кровь. Голова животного наклонилась — ее уже наполовину отняли. Чем дальше, тем сильнее останки напоминают не целое и когда-то живое существо, а, скорее, детский конструктор для сборки мегадонта из мельчайших деталей.

Хок Сен размышляет, как бы ему заставить профсоюз поделиться с ним прибылью от продажи незараженного мяса. Маловероятно, учитывая скорость, с которой они застолбили за собой право разделать тушу, но не исключено — когда станут пересматривать энергетический договор или требовать компенсации.

— Возьмете себе голову? — спрашивает он Лэйка. — Хороший выйдет трофей.

Ян гуйдзы оскорблено отказывается.

Хок Сен раздражен ответом, но вида не подает. С этим заморским демоном и сам осатанеешь — тот вечно зол, настроение скачет, как у ребенка: сейчас весел, а через секунду уже скандалит. Но тут ничего не поделаешь: карма. Она сделала мистера Лэйка демоном, и она же свела с ним Хок Сена. Что толку жаловаться на ю-тексовский рис, если умираешь от голода.

Лэйк замечает недовольный взгляд старика и поясняет:

— Это была не охота, а уничтожение. Один выстрел дротиками — и готово. Спортивный азарт тут ни при чем.

— Конечно. Очень благородно с вашей стороны. — Старик расстраивается еще больше: он рассчитывал заменить остатки бивней составом из кокосового масла, а саму слоновую кость продать лекарям у храма Ват Бовонивет, но даже эти деньги уплывают из рук. Все без толку. Хок Сен подумывает, не втолковать ли Лэйку, сколько стоят лежащие перед ним мясо, калории и кость, но бросает эту затею — заморский демон ничего не поймет, а только разозлится еще сильнее, как, впрочем, и обычно.

— Смотри — чеширы явились, — замечает Лэйк.

Вокруг туши бродят заметные лишь по мерцанию шкур похожие на кошек существа — сгустки теней и бликов, которых привлек запах падали. Ян гуйдзы глядит на них с явной неприязнью, Хок Сен — отчасти с уважением. Эти твари хитры — благоденствуют там, где их все ненавидят. Можно даже подумать, что эти дьявольские кошки чувствуют кровь еще до того, как она прольется, будто умеют заглядывать в будущее и точно знают, где их вскоре ждет обед. Чеширы осторожно подходят к липкому красному озерцу. Мясник пинком отшвыривает одного, но воевать тут бесполезно — животных слишком много. Лэйк отхлебывает виски.

— Нам их не выгнать.

— Можно позвать детей-охотников. Недорого.

Ян гуйдзы только машет рукой:

— На Среднем Западе такие тоже есть.

«Только у наших причины посерьезней», — думает Хок Сен, но решает не спорить. Позвать ловцов все равно надо: если этих дьявольских тварей не распу-

гать, рабочие станут шептаться, что несчастье навлек пхи Оун, злой дух — повелитель чеширов.

Коты подходят все ближе, их то видно, то нет, шкуры принимают оттенки всего, что находится рядом. Животные опускают головы к кровавым разливам, и их переливчатые рыжие и угольно-черные пятна краснеют.

По слухам, чеширов вывела компания-калорийщик — то ли «Пур Калория», то ли «Агроген» — по приказу одного из начальников; говорят — как сувенир для гостей ко дню рождения его дочери, когда той исполнилось столько же, сколько Кэрролловской Алисе.

Дети разобрали котят по домам, те дали потомство с обычными кошками, и через двадцать лет чеширы заселили все континенты; теперь только два процента их потомства напоминает старых животных — *Felis domesticus* с лица земли исчезли. В Малайе «зеленые повязки» ненавидели китайцев и чеширов одинаково, только последние, насколько известно Хок Сену, по-прежнему живут там и процветают.

Доктор Чан кладет очередной стежок, ян гуйдзы вздрагивает и бросает на нее злобный взгляд.

— Ну, все, хватит.

Та делает вай, пряча испуг за сложенными ладонями, и шепчет Хок Сену:

— Он снова дернулся. Анестезия плохая, я к такой не привыкла.

— Я дал ему виски для обезболивания. Заканчивай, я все улажу, — успокаивает ее старик и добавляет, глядя на сяншена Лэйка: — Осталось совсем немного.

Тот корчит недовольную мину, но оставляет доктора в покое и дает ей спокойно зашить рану. Затем старик отводит женщину в сторону и вручает конверт с деньгами. Та начинает кланяться, однако Хок Сен тут же прерывает поток благодарностей.

— Здесь больше, чем договаривались, — я попрошу тебя передать вот это письмо. — Он протягивает второй конверт. — Мне надо поговорить с главным вашей башни.

— С Собакотрахом? — Доктора передергивает от омерзения.

— Вот услышит он это прозвище и перережет всю твою родню, сколько их там осталось.

— Это очень жестокий человек.

— Просто передай записку, о большем не прошу.

Доктор Чан нерешительно берет конверт.

— Вы всегда так добры к нашей семье. И все соседи об этом говорят, даже делают подношения богам по... вашей утрате.

— О, моя помощь ничтожно мала, — вымучивает улыбку Хок Сен. — Нам, китайцам, непременно надо держаться вместе. Там, в Малайе, мы, может, и были из разных регионов и говорили на разных языках, но тут мы все как один — обладатели желтых билетов. Мне так стыдно, что я не могу сделать для вас больше.

— Другие и того не делают. — Она по чужой для обоих традиции делает вай и уходит.

Глядя ей вслед, Лэйк говорит:

— Тоже желтобилетница?

— Да, — кивает Хок Сен. — В Малайе была врачом. Тогда, до Казуса.

Чужестранец какое-то время молчит, будто обдумывает сказанное.

— А что — за работу она берет меньше тайских докторов?

Хок Сен бросает на ян гуйдзы быстрый взгляд, пытаясь угадать, какой ответ тот хочет услышать.

— Да, гораздо меньше. А дело знает хорошо. Даже лучше их. А берет меньше. Врачами работать можно только тайцам, вот она и сидит почти без дела. Лечит желтобилетников, у которых и денег-то нет. Для нее просто потрудиться — уже счастье.

Лэйк кивает, явно о чем-то размышляя; Хок Сен очень хочет знать, о чем именно. Белый человек — сплошная загадка. Старик иногда думает: как народу ян гуйдзы, который слишком глуп, чтобы стать хозяином мира, это, тем не менее, удалось, причем не единожды? Преуспели во время Экспансии; энергетический коллапс заставил их поначалу вернуться домой, но потом они явились снова со своими компаниями-калорийщиками, эпидемиями и патентованным зерном... Их будто боги берегут. Если подумать, Лэйк должен был погибнуть, стать фаршем, одной кучей с останками Баньята, Нои и того безымянного погонщика с четвертого вала — он, конечно, во всем и виноват, потому что напугал мегадонта. И все же вот заморский демон — сидит себе и жалуется на какой-то несчастный укол, а то, что завалил десятитонного зверя одним выстрелом, его никак не волнует. Очень странные создания эти ян гуйдзы. В свое время Хок Сен часто вел с ними торговые переговоры, но даже не подозревал, что понимает в них так мало.

— Махутам снова нужно будет дать денег, без взяток на работу не выйдут, — сообщает старик.

— Знаю.

— А еще нанять монахов — читать на фабрике молитвы, чтобы успокоить рабочих, потом обязательно ублажить пхи. Это дорого встанет. Начнут говорить, что тут завелись злые духи, что место плохое, или что домик духов слишком маленький, или что во время стройки вы срубили дерево, где жил пхи. Придется нанять предсказателя или даже специалиста по фэн-шуй — тогда люди поверят, что здесь хорошее место. Потом махуты потребуют надбавку за вредность...

— Я хочу заменить погонщиков, — обрывает его Лэйк. — Всех до последнего.

Хок Сен шумно втягивает воздух сквозь сжатые зубы.

— Это невозможно. Все энергетические договоры в городе идут через профсоюз мегадонтов. У них разрешение правительства, а у белых кителей — монополия. С профсоюзами нам не сладить.

— Они никуда не годны. Им тут не место. С меня хватит.

Хок Сен неуверенно улыбается, не понимая, шутит фаранг или говорит всерьез.

— У них же королевский мандат. Идти против него — все равно, что сказать: «Давайте поменяем людей в министерстве природы».

— А что, отличная мысль! — хохочет Лэйк. — Договорюсь с «Карлайлом и сыновьями», будем каждый день писать жалобы на высокие налоги и на закон о лимитах на уголь, заставим Аккарата, министра торговли, рассмотреть наше дело. — Он смотрит прямо на Хок Сена. — Но ведь ты же не захочешь так работать, верно? — Его взгляд внезапно становится ледяным. — Ты любишь, чтобы все было по-тихому, да с торгом, если договор, то без лишнего шума.

Хок Сену не по себе. Бледная кожа, светло-серые глаза — этот заморский демон такое же страшное и непостижимое существо, как чешир.

— Злить белых кителей — очень неумно, — бормочет старик. — Молния бьет в самое высокое дерево.

— Типичная философия желтобилетника.

— Как скажете. Но благодаря ей я, в отличие от многих, жив. У министерства природы большая власть. Что бы ни происходило, генерал Прача и его белые кители стоят на ногах крепко. Им был нипочем даже переворот двенадцатого декабря. Играете с коброй — готовьтесь к укусу.

Лэйк, кажется, вот-вот что-то возразит, но вместо этого только пожимает плечами и бросает:

— Ну да, ты лучше знаешь.

— За это вы мне и платите.

— Зверь не должен был вырваться, — говорит ян гуйдзы, глядя на мертвого мегадонта, и отхлебывает из бутылки. — Вот только цепи-то проржавели. Поэтому никаких компенсаций. Ни цента — и точка. Это мое последнее слово. Если бы мегадонта приковали как надо, не пришлось бы его убивать.

Хок Сен молча соглашается и прибавляет:

— Без компенсаций все же не выйдет, кун.

— Я понимаю — монополия, — недовольно отвечает Лэйк, холодно улыбаясь. — Дурак этот Йейтс, что организовал фабрику именно тут.

Старику беспокойно — Лэйк ведет себя как капризный ребенок. Детским поступком можно разозлить белых кителей или профсоюз. А еще дети любят схватить игрушку и убежать подальше. Вот это совсем нехорошо: ни Андерсон Лэйк, ни его инвесторы не должны никуда убегать. Пока не должны.

— Подсчитаем убытки.

К плохим новостям Хок Сен приступает с большой неохотой.

— Если учесть мегадонта и отступные профсоюзу? Миллионов девяносто бат, наверное?..

Май машет ему рукой и что-то кричит. Хок Сен тут же понимает, в чем дело, но, не оглядываясь, продолжает:

— Думаю, поломки найдутся и под полом. Ремонт встанет дорого. — Он мешкает, прежде чем заговорить на щекотливую тему. — Следует известить мистера Грега и мистера Йи, ваших инвесторов. Вероятно, нам не хватит наличности на все сразу — еще нужно установить и отладить новые водорослевые ванны, как только они придут.. Мы попросим дополнительных расходов.

Он умолкает и ждет, что скажет ян гуйдзы.

Деньги текут через компанию таким потоком, что иногда кажутся Хок Сену не дороже воды, но он понимает, что радости инвесторы не испытают, поскольку бывают очень прижимисты. При мистере Йейтсе деньги приходилось выбивать постоянно, при мистере Лэйке — реже, с ним претензий к расходам стало меньше, и все равно поразительно, какие суммы тратят Грег и Йи на свою мечту. Будь главным Хок Сен, он прикрыл бы фабрику еще год назад, а то и раньше.

Мистер Лэйк, однако, спокоен.

— Еще денег, ясно, — всего-то и говорит он, а потом спрашивает, глядя Хок Сену прямо в глаза: — Скажи-ка мне, когда на самом деле водорослевые ванны и питательные культуры пройдут растаможку?

Хок Сен бледнеет.

— Тут все непросто. Через бамбуковый занавес за один день не пробиться. Министерство природы лезет во все дела.

— Ты же сказал, что заплатил белым кителям, и теперь они от нас отстанут.

— Да, я сделал нужные подарки нужным людям.

— Тогда почему я вообще слышу от Баньята про загрязненные ванны? Будь в них живые организмы..

Хок Сен торопливо прерывает Лэйка:

— Груз уже в порту, «Карлайл и сыновья» доставили его еще на прошлой неделе.. — Тут он наконец решается: пусть ян гуйдзы услышит хорошие новости. — Таможню пройдет завтра, а потом — сразу на фабрику, на мегадонтах. Если, конечно, вы прямо сейчас не уволите членов профсоюза, — пытается пошутить старик и вздыхает с облегчением: демон отрицательно мотает головой и даже отвечает слабой улыбкой.

— Значит, завтра. Точно?

Хок Сен с уверенным видом кивает, надеясь, что все будет именно так. Чужестранец, не сводя с него пристальных светло-серых глаз, добавляет:

— Сюда вкладывают очень большие деньги. Единственное, чего инвесторы не потерпят, — это плохой работы. Я тоже терпеть ее не стану.

— Понимаю.

Таким ответом Лэйк удовлетворен.

— Вот и хорошо. Разговор с головным офисом мы отложим. Придет новое оборудование, тогда и позвоним. Плохие новости надо подавать вместе с хорошими. Какой смысл просить денег у инвесторов, когда нам нечего им предъявить? Я так

считаю. А ты? Ты что думаешь?

Старик через силу кивает:

— Как скажете.

— Ладно. — Лэйк снова прикладывается к бутылке. — Подсчитай пока убытки. Отчет жду завтра утром. Иди.

Хок Сен шагает к ждущей у вала бригаде и думает: хорошо, если груз в самом деле пройдет таможеню, тогда он докажет свою правоту на деле. Это, конечно, рискованная игра, но не совсем безнадежная. В любом случае демон не обрадовался бы еще одной плохой новости.

Май стряхивает с себя пыль — она только что вернулась из очередной вылазки в подпольные коммуникации.

— Ну, что там? — спрашивает ее Хок Сен.

Вал — огромное тиковое бревно, теперь полностью отсоединенное от системы, — лежит рядом, все в больших трещинах.

— Много поломок? — кричит старик в дыру, где раньше стоял вал.

Через минуту из отверстия выглядывает перепачканный в смазке Пом.

— Тоннели узкие, — пыхтит он, стирая с лица грязь и пот. — В нижних механизмах точно есть повреждения, но где и какие — это надо детей посылать, они там проползут. Если проблемы с главной цепью — придется вскрывать пол.

Хок Сен глядит в дыру и вспоминает, как выживал в джунглях, прячась среди крыс в похожих тоннелях.

— Май найдет нам кого-нибудь, кто туда пролезет.

Когда-то старик сам владел зданием, похожим на эту фабрику, и не одним — у него были целые склады, заваленные добром. И кто он теперь? Мальчик на побегушках у ян гуйдзы, развалина, которую все чаще подводит собственное тело, босс клана, уничтоженного на корню, чтобы только добраться до него. Хок Сен разочарованно вздыхает и гонит прочь грустные мысли.

— Я должен знать все о наших поломках, прежде чем доложу о них фарангу. Все до мельчайших деталей.

— Да, кун. — Пом делает вай.

Хок Сен идет в офис — первые несколько шагов прихрамывает, но потом решает не давать ногам слабину. Ходит он много, и в колене постоянной болью отдается давняя встреча с одним из тех чудовищ, которые приводят в движение механизмы фабрики. Старик невольно замирает на вершине лестницы и еще раз оглядывает тушу мегадонта и то место, где погибли рабочие. Вороньем налетают воспоминания — кружат, клюют, мутят сознание. Друзья, семья — почти никого не осталось. Четыре года назад имя Хок Сена гремело. А кто он сейчас? Никто.

В офисе тишина. Пустые столы, дорогие компьютеры с ножными динамо, педали приводов, крохотные экраны, тяжелые сейфы. Старик смотрит по сторонам и видит: из углов выскакивают религиозные фанатики — в руках мачете, на головах зеленые повязки. Но это лишь воспоминания.

Дверь закрывается, шум стихает. Хок Сен подавляет желание подойти к окну и еще раз посмотреть на труп животного и алые разливы — не стоит беречь душу воспоминаниями о крови, текущей по водостокам на улицах Малакки, о китайских головах, выставленных штабелями наподобие дурианов на рыночных лотках.

«Тут не Малайя. Тут спокойно».

Но образы — отчетливые, как фотографии, и яркие, как вспышки фейерверков, — не отступают. В такие моменты любая мелочь кажется ему таящей угрозой. Со времен Казуса прошло четыре года, однако, без ритуала успокоения не обойтись. Хок Сен прикрывает глаза, глубоко вдыхает и представляет, как один из его клиперов летит по голубым океанским волнам. Еще один вдох — и можно снова посмотреть вокруг. Никакой опасности: только аккуратные ряды пустых столов с компьютерами, ставни, которые не дают раскаленному солнцу проникнуть внутрь, в воздухе — пылинки и аромат благовоний.

В густой тени в дальнем конце офиса тускло, с издевкой, поблескивает сталью двдверная сокровищница «Спринглайфа». К меньшему из сейфов — тому, где лежат деньги, — у Хок Сена есть ключ, а вот ко второму, большому, доступ только у мистера Лэйка.

«Как же они близко!».

Там, за дверцей, всего в нескольких дюймах — старик как-то видел их собственными глазами — лежат технические документы, образцы ДНК водорослей со взломанным кодом, кубические носители с геномными картами, подробные указания по получению и переработке поверхностной пленки в смазку и порошок, инструкции по правильной закалке проволоки, чтобы та не отторгала новый тип оболочки. На расстоянии вытянутой руки лежит ключ к новому поколению накопителей энергии, а с ним надежда на воскрешение и самого Хок Сена, и его клана.

Битый год старик выслушивал путанные, невнятные разговоры Йейтса, когда тот выпивал, подливал байджу,¹ втирался в доверие, хотел стать нужным, но все пошло прахом. Этот дурак разозлил инвесторов, да к тому же не смог воплотить собственный замысел, и вот исход: запертый сейф.

Стоит Хок Сену заполучить данные, и он построит собственную империю. Но пока у него есть лишь копии отдельных листов: до того как пьяница Йейтс купил этот проклятый железный шкаф, бумаги часто валялись на рабочем столе в открытую. Теперь же старика отделяют от документов стальная дверца, отсутствие ключа и неизвестный код. Добротное устройство — это Хок Сен знает наверняка. В те дни, когда он стоял во главе собственной торговой корпорации «Ин Тай» в Малайе, у него тоже было что прятать под замком. Но самое обидное: пользовался он тогда точно такими же сейфами, именно этими китайскими механизмами, которые теперь служат иностранцам. Старик иногда целыми днями разглядывает стальную дверцу и размышляет о скрытых за ней знаниях.

Хок Сена внезапно осеняет.

«А не забыли ли вы, мистер Лэйк, ее запереть? Немудрено в такой-то суматохе».

У старика убаыстряется пульс.

«Отвлеклись? Запоминавали?».

С Йейтсом такое случалось.

Хок Сен пытается взять себя в руки. Прихрамывая, подходит ближе и замирает. Святыня. Стальной монолит, подвластный лишь терпению и силе алмазного бура. Предмет, который изо дня в день всем своим видом издевательски его дразнит. Неужели? Возможно ли, что Лэйк попросту забыл запереть дверцу?

Хок Сен нерешительно берется за ручку, задерживает дыхание, возносит молитвы предкам, слогоголовому Пхра Канету² — избавителю от преград, всем богам, каких знает, — и тянет рычаг вниз.

Каждый атом стального, весом в тысячу цзинь³ шкафа дает ему отпор.

Старик выдыхает и делает шаг назад, уговаривая себя не переживать.

Терпение. На каждый замок найдется свой ключ. Лучшим из возможных был бы мистер Йейтс, если бы не разозлил инвесторов. Значит, действовать нужно через Лэйка.

В день, когда привезли сейф, Йейтс приговаривал: «Пора мне поберечь свои золотые яйца, да и курицу вместе с ней». Хок Сен в ответ кивал, натужно улыбался шутке, но думать мог только о том, что документы бесценны, а сам он сглупил, не скопировав их раньше, пока мог.

Теперь Йейтса нет. Его место занял новый демон, причем самый настоящий: се-

¹ Байджу — алкогольный напиток крепостью от 40 до 60 градусов на основе сорго.

² Тайское имя индуистского бога Ганеши.

³ Примерно 600 килограммов.

роглазый, русоволосый и, в отличие от прежнего, совершенно непреклонный. Это грозное создание, которое перепроверяет каждое действие Хок Сена и очень мешает его планам, еще нужно как-то убедить, что доверить секреты компании старику можно.

«Терпение и еще раз терпение. Рано или поздно заморский демон обязательно сделает неверный ход».

— Хок Сен!

Старик подходит к двери, машет Лэйку — мол, слышал, сейчас спустится, — но сперва идет к алтарю и встает на колени перед образом Гуанинь. Он молит бодхисаттву быть к нему и его предкам милостивой, позволить ему и роду его искупить грехи. Под золотым иероглифом удачи, который висит вверх ногами, чтобы везение нисходило прямо на просящего, Хок Сен кладет пригоршню ю-тексового риса и надрезает красный апельсин. По руке бежит алая струйка. Фрукт спелый, ничем не зараженный и очень дорогой — на богача экономить нельзя, они любят жир, а не постные прожилки.

Дым от благовоний снова растекается в неподвижном воздухе конторы. Старик продолжает молить: пусть фабрику не закрывают, пусть взятки помогут и новое оборудование доставят беспрепятственно. И еще пусть заморский демон, наконец, спятит и начнет доверять Хок Сену как самому себе, а сейф откроется и выдаст все тайны до последней.

Старик просит богов об удаче. Она нужна даже старому китайцу-желтобилетнику.

3

Эмико потягивает виски, мечтает опьянеть и ждет, когда по знаку Канники пойдет за очередной порцией унижения. В душе она бунтует, но все остальное — то, что с голым животом, одетое в коротенькую блузку и обтягивающую юбкупасин, сидит и пьет, — бороться за себя не может.

А вдруг все наоборот? Вдруг к саморазрушению толкает другая ее половина, которая так старательно поддерживает иллюзию собственного достоинства, а выживать заставляет тело, этот набор клеток и переиначенных ДНК, эта система, имеющая свои, более сильные и конкретные потребности — потому что именно тело и обладает волей?

И не потому ли Эмико сидит здесь, слушает ритмичный стук бамбуковых палочек и завывание пикланга,¹ пока танцовщицы извиваются на сцене, освещенной только светлячками, а клиенты со шлюхами громко подбадривают друг друга? Может, дело в том, что ей не хватает духа умереть? Или ее останавливает собственное упрямство?

Райли говорит, все на свете происходит по кругу: то поднимается, то опускается приливная волна у пляжей Ко Самета² или член, когда рядом есть красивая девушка. Райли шлепает подружек по голым попкам, хохочет шуткам новоприбывших гайдзинов³ и объясняет Эмико: что бы те ни захотели с ней сделать — деньги есть деньги, и вообще нет ничего нового под солнцем. Очень может быть. Его прихоти не оригинальны, да и Канника, когда причиняет ей боль и требует кричать, тоже не удивляет — разве только тем, что страстно постановивать заставляет не настоящую девушку, а механическую — пружинщицу. Это, конечно, свежо.

«Ты смотри! А ведь совсем как человек!»

Гендо-сама часто повторял ей: «Ты больше чем человек». После секса он гладил ее черные волосы и с сожалением говорил, что новых людей уважают не так,

¹ Тайский деревянный духовой инструмент наподобие гобоя.

² Небольшой остров у берегов Таиланда.

³ Гайдзин (яп.) — иностранец.

как стоило бы, а самой Эмико очень не хватает плавности в движениях, но тут уж ничего не поделаешь. С другой стороны, разве у нее не превосходное зрение, не идеальная кожа и не стойкие к раку и болезням гены? Как тут можно быть недовольной? Во всяком случае, ее волосы никогда не поблекнут, а старость наступит гораздо позже, чем у Гендо, несмотря на все его омолаживающие таблетки, операции, кремы и отвары.

Как-то раз он сказал:

— Ты прекрасна, хотя и не совсем человек. Тут нечего стыдиться.

— А я и не стыжусь, — ответила она и обняла его крепче.

Правда, было это в Киото, где Новые люди встречались на каждом углу и исправно служили обществу; кое-кого даже высоко ценили. К человеческому роду они, конечно, не относились, но и угрозы для него не представляли, хотя местные дремучие тайцы считают именно так. И уж точно Новые люди — не демоны, какими с кафедр их объявляют проповедники-грэммиты, и не адские твари, у которых нет души, а значит, места в цикле перерождений, и жажды обрести нирвану — так говорят лесные монахи-буддисты. Не оскорбляют они своим существованием и Коран, что бы ни думали «зеленые повязки».

Японцы были прагматичны. Стареющая нация нуждалась в молодой рабочей силе, а в том, что создали ее в пробирке и вырастили в инкубаторах, греха никто не видел. Да, японцы были прагматичны.

«Может, все дело именно в этой прагматичности, из-за нее ты и сидишь здесь? И хотя внешне ты — их копия, у вас общий язык и только в Киото чувствуешь себя дома, японкой по-настоящему ты никогда не была».

Она опускает голову на руки и размышляет, подцепит ее кто-нибудь или она так останется до утра в одиночестве. Неизвестно еще, что хуже.

Райли говорит: нет ничего нового под солнцем. На это Эмико заметила ему сегодня, что она — из Новых людей, а их раньше на свете не было. Райли хохотнул, согласился, сказал: «Ты у нас — нечто особенное», — и добавил, что раз так, то как знать — возможно, для нее и нет ничего невозможного. А потом шлепнул пониже спины и отправил на сцену — побыть особенной уже там.

Она чертит пальцем на столе дорожку между намокшими подставками под бокалами с теплым пивом — скользкими и влажными, как тела девушек и посетителей, как ее собственная кожа, если ее натереть лосьоном, чтобы на ощупь (а клиенты щупать любят) та была мягче самого мягкого сливочного масла. Пусть движения Эмико неестественно резкие и механически угловатые, зато кожа более чем идеальна. Зрение у девушки лучше, чем у людей, однако, даже с его помощью почти невозможно разглядеть поры на ее коже — такие они крохотные, изящно-незаметные. Оптимальные. Их сделали такими с расчетом на климат Японии и кондиционированный воздух богатых домов, но никак не на местную жару — здесь слишком тепло, а потеть не получается.

Эмико размышляет: если бы она родилась каким-нибудь другим существом, например безмозглым чеширом, было бы ей теперь прохладнее — не из-за уместных здесь более широких пор, а от неспособности думать? Она не понимала бы, что живет в западне удушающе идеальной кожи, придуманной и выведенной в пробирке из коктейля ДНК каким-то противным ученым, который сделал ее кожу вот такой вот мягкой, а остальное — ну уж слишком перегретым.

Внезапно Канника хватается за волосы.

Эмико охает, смотрит по сторонам — не поможет ли кто, но ее постоянные клиенты увлечены танцовщицами на сцене и девушками, которые щедро подливают им виски, трутся, сидя на коленях, гладят по груди. Всем работницам этого заведения на нее наплевать. Не вступятся даже самые добродушные — те, у кого джайди, доброе сердце, те, кому отчего-то симпатичны механические создания, пружинщицы вроде Эмико.

Только Райли, который увлеченно и весело болтает с очередным гайдзином, не

сводит с нее старческих глаз, следит за тем, что она будет делать дальше.

Канника снова дергает ее за волосы и стаскивает с барного стула.

— Баи!

Эмико угловатой походкой ковыляет к круглой сцене. Люди тычут пальцами, хочут над ее рваными неестественными движениями, видят уродца, вырванного из родной среды и с рождения обученного лишь кланяться и подчиняться.

На то, что сейчас произойдет, она настраивает себя смотреть со стороны. Ее учили подавлять эмоции, когда это необходимо. В инкубаторе, где Эмико появилась на свет и выросла, не питали иллюзий относительно того, чем могут заставить заниматься Новых людей, даже самых совершенных. Новые люди служат безропотно.

К сцене она приближается уже как великосветская куртизанка — манерная продуманная походка десятилетиями подгонялась под ее заложенные генами особенности, чтобы подчеркнуть красоту и непохожесть тела. Но толпа видит только рваные движения, а вместо человека — несуразицу, странную куклу, механическое существо.

Ее заставляют обнажиться.

Канника плещет водой — на смазанной маслом коже Эмико капельки поблескивают как бриллианты, твердеют соски. На сцене приглушенный интимный свет, который исходит только от светлячков, порхающих под потолком. Канника шлепает Эмико по бедру — кланяйся; потом прижигает ладонью по заду — кланяйся ниже, надо выказать почтение этим людишкам, которые полагают, что началась новая эпоха Экспансии, а они — ее авангард.

Клиенты хохочут, машут руками, указывают на сцену, требуют еще виски. В углу ухмыляется Райли, счастливый в роли старого доброго дядюшки, наставляющего корпоративную поросль обоего пола, которая живет мечтами о наживе с транснационального бизнеса. Все как в старые добрые времена.

Канника дает девушке знак встать на колени.

Чернобородый гайдзин с густым моряцким загаром разглядывает Эмико почти вплотную. Их взгляды встречаются. Мужчина изучает ее как букашку под микроскопом — с большим интересом и с отвращением. Она очень хочет рывкнуть на него — пусть увидит человека, а не кучу генетического мусора, — но вместо этого отвешивает раболепный поклон лбом в деревянный пол и слушает, как Клиника на тайском рассказывает ее историю: некогда дорогая японская забава теперь служит здесь — можно поиграть и даже сломать.

Канника поднимает ее рывком за волосы. Тело изгибается дугой, Эмико, ахнув, успевает заметить сначала взгляд бородача, удивленного таким жестоким и унижительным поступком, мельком — толпу зрителей, потолок, увешанный сетками со светлячками. Рука тянет ее дальше назад, сгибает как тонкое деревце, выставляет напоказ грудь, тащит голову вниз, для устойчивости раздвигает ноги пошире и упирает макушкой в пол. Канника отпускает очередную реплику, зрители хочут. Эмико, выгнутая безупречно ровной аркой, чувствует страшную боль в спине и шее, кожей ощущает на себе сальные взгляды толпы. Она открыта и полностью беззащитна.

Ее чем-то обливают.

Эмико хочет встать, Канника не пускает, плещет в лицо остатками пива — девушка давится, сплевывает. Наконец хватка ослабевает, она рывком выпрямляет спину и заходится кашлем. Пена стекает по лицу, шее, груди, струйкой бежит к промежности.

Зал хохочет. Саенг торопливо подносит бородачу новый бокал, гайдзин с ухмылкой отдает чаевые. Клиенты веселятся, глядя, как смешно и нелепо эта кукла размахивает руками, пытаясь выбить жидкость из легких. Они видят дергунчика, безмозглую марионетку с прерывистыми жестами. От плавных движений, которым в инкубаторном детстве ее обучала сенсей Мидзуми, не осталось и следа. Силы,

заложенные в ДНК, начисто смели всю приобретенную грацию — на потеху публике.

Эмико все никак не откашляется, ее почти рвет пивом, руки выписывают такие фигуры, что ни у кого не остается сомнений — это не настоящий человек. Наконец она делает первый ровный вдох, успокаивает конечности, встает на колени и ждет продолжения издевательств.

В Японии она считалась чудом техники, здесь — всего лишь пружинщица, заводная кукла. Люди смеются над ее диковатой походкой и кривят лица от одной мысли о том, что подобные существа есть на свете. Она для них табу. Тайцы с удовольствием погрозили бы ее в компостные резервуары, где получают метан. Встретить они одновременно ее и сотрудника «Агрогена», еще неизвестно, кто первым отправился бы на переработку. А еще эти гайдзины. Эмико прикидывает, сколько среди них прихожан грэммитской церкви, людей, которые обещают уничтожать любое оскорбление природе — то, что представляет собой пружинщица. И все же вот — сидят и получают удовольствие, глядя, как над ней глумятся.

Канника уже скинула с себя одежду и теперь стоит с нефритовым фаллосом в ладони. Она снова дергает девушку за волосы и валит на спину.

— Держите за руки!

Мужчины тут же подсакивают к сцене, хватают Эмико за запястья, Канника раздвигает ей ноги и вводит член. Та вскрикивает, отворачивает лицо и ждет, когда все закончится. Мучительница видит этот маневр, силой вздергивает голову девушки так, чтобы все видели ее реакцию, и приступает к делу.

Возбужденные клиенты начинают хором считать:

— Нынг! Сонг! Сам! Си!

Канника, к их удовольствию, прибавляет темп. Мужчины потеют, глядят, не отрываясь, кричат — за деньги, уплаченные на входе, они хотят большего. Все новые руки хватают девушку за плечи и лодыжки, давая Каннике свободу действий; та умело заставляет тело Эмико дрожать и извиваться рваными механическими движениями. Люди, посмеиваясь, обсуждают эти подергивания — угловатые и неестественно резкие.

Канника пускает в ход пальцы, играет ими там, куда входит фаллос. Эмико чувствует, что горит от стыда, вертит головой, хочет отвернуться. Мужчины стоят плотным кольцом, глазек; подходят все новые и вытягивают шеи, пытаются увидеть хоть что-нибудь. Девушка издает стон. Канника криво ухмыляется, говорит что-то толпе, ускоряет темп и начинает активнее тискать плоть пальцами. Эмико больше не владеет собой: стонет, вскрикивает, выгибается дугой. Тело точно выполняет порядок действий, заложенный учеными. Она может презирать свою оболочку, но контролировать ее не в состоянии — исключено даже малейшее неповиновение. Эмико кончает.

Толпа довольно ревет и хохочет, глядя на нелепые конвульсии, запрограммированные в ДНК на оргазм. Канника тычет в девушку пальцем, будто говорит всем: «Смотрите! Ну разве не животное?» — садится рядом и шипит ей в лицо:

— Ты — ничто, ты всегда будешь ничем. Вот так с вами, япошками, надо, вот так.

Эмико хочет ответить, что ни один уважающий себя японец никогда не сделал бы ничего подобного, что Канника отыгрывается всего лишь на шутке технического гения, на кукле — таком же расходном материале, как японские одноразовые накладные на руль рикши. Но если сказать такое, станет лишь хуже — уже проверено. А если промолчать — все скоро закончится.

Будь она хоть трижды Новый человек, нет ничего нового под солнцем.

Лопастные вентиляторы гоняют по клубу воздух. Налегая изо всех сил на рычаги, их крутят несколько кули-желтобилетников, по лицам и спинам которых стекают струйки пота. Трудяги сжигают калории с той же скоростью, с какой получают их из пищи, но в раскалившемся за день на солнце здании все еще жарко.

Под одним из вентиляторов стоит Эмико — остужает себя как может, отдыхает от беготни с подносом по залу и мечтает не попасться на глаза Каннике. Едва та замечает девушку, как немедленно тащит ее всем на обозрение, заставляет пройтись, как следует показать свои дерганные кукольные движения, то так повернет, то эдак. Посетители смотрят, отпускают шуточки, но втайне рассчитывают порезвиться с японской игрушкой, как только уйдут их приятели.

В центре главного зала медленно кружат по паркету клиенты с молоденькими девушками, одетыми в пасин и короткие блузки. Музыканты играют песни эпохи Свертывания, правда, не в оригинале: Райли извлек несколько штук из глубин своей памяти, переложил для тайских инструментов — вышел странный коктейль из грустных воспоминаний о прошлом, экзотика не меньшая, чем его собственные дети — круглоглазые, с волосами цвета куркумы.

— Эмико!

Девушка вздрагивает. Это Райли, зовет к себе в кабинет. Она идет мимо бара, посетители таращатся на прерывистые движения. Канника, отлепляясь от клиента, провожает ее ухмылочкой; когда Эмико только приехала в страну, ей сказали, что у тайцев есть тринадцать видов улыбок, и эта, видимо, не из доброжелательных.

— Идем же, — торопит Райли. Они оставляют позади занавес, коридор, раздевалки и входят в дверь.

Стены кабинета — сплошная выставка воспоминаний, скопившихся за тройной век их хозяина; здесь и пожелтевшие фотографии Бангкока, залитого одним только электрическим светом, и портрет самого Райли в костюме какого-то племени с северных холмов. Старик усаживает Эмико на подушки в той части комнаты, где пол немного приподнят — здесь он обычно ведет private беседы. Удобно развалившись, их ждет высокий человек: у него бледная кожа, светлые волосы, водянисто-серые глаза и воспаленный шрам на шее.

При виде девушки незнакомец вздрагивает.

— Иисусе и Ной ветхозаветный! Ты не говорил, что она пружинщица!

Райли, ухмыляясь, устраивается рядом и поддевает в ответ:

— Не знал, что ты грэммит.

Тот, чуть улыбнувшись, продолжает:

— С огнем играешь, Райли. Вернее, с пузырьчатой ржой. Вот придут к тебе белые кители...

— Не придут. Пока я плачу взятки, министерству плевать на подробности. «Бангкокские тигры» за этим районом не приглядывают, а местным от жизни нужны только пара долларов в кармане да крепкий сон по ночам. — Он смеется. — Я на один лед вот для нее трачу больше, чем на все министерство природы, лишь бы оно не замечало чего не надо.

— На лед?

— Ну да. Перегревается — неподходящая структура пор. Знал бы, не стал покупать.

В комнате сильно пахнет опиумом. Райли набивает себе очередную трубочку. Он говорит, что это уже долгие годы придает ему сил и помогает не стареть, но Эмико подозревает: старик путешествует в Токио за теми же самыми омолаживающими процедурами, какими пользовался Гендо-сама. Райли греет опиум над лампадой: поворачивает зернышко на игле, мнет, а как только оно начинает шипеть и размякает, быстро сворачивает его в шарик, прижимает к чашечке трубки, подносит ее к огню и делает глубокий вдох. Смола превращается в дым. Райли с закрытыми глазами протягивает угощение своему бледному гостю.

— Нет, благодарю.

Райли удивленно разлепляет веки и хохочет:

— Стоит попробовать — эту штуку еще ни одна зараза не взяла. К тому же мне она приносит удачу. А завязывать даже не думаю — куда уж в мои годы.

Незнакомец не отвечает и пристально рассматривает Эмико; той делается очень неудобно — ее словно разбирают на части, всю до последней клеточки. И все же это не совсем тот взгляд, каким обычно раздевают — к подобным она привыкла: клиенты каждый день мысленно ощупывают ее — похотливо и вместе с тем презрительно. Сейчас девушку изучает пара совершенно бесстрастных светло-серых глаз, и если в них кроется похоть, то спрятана она очень хорошо.

— О ней ты говорил?

Райли кивает.

— Расскажи джентльмену о нашем недавнем знакомом.

Эмико в замешательстве: она вполне уверена, что никогда раньше не видела этого бледного светловолосого гайдзина, не подавала ему виски со льдом — то есть представления он точно не посещал. В памяти ничего не всплывает, сколько ни ройся. Этот загар, который видно даже в тусклом пламени свечек и опиумной лампадки, эти невероятно — и неприятно — светлые глаза... такие не забудешь.

— Ну, давай, давай, расскажи ему то же, что и мне. Про того парнишку, с которым ушла, про белого кителя.

Когда дело касается тайны посещений, Райли ведет себя как настоящий параноик. Он даже хотел устроить для постоянных клиентов подземный тоннель в башню Плоенчит со входом в соседнем квартале — просто чтобы никто не видел, как те приходят и уходят, — а теперь просит выложить все об одном из гостей.

— Про того мальчика? — Эмико встревожена его удивительным желанием раскрыть личность посетителя, да не обычного, а белого кителя, и тянет время. Она бросает быстрый взгляд на незнакомца, пытаюсь угадать, чем тот так прижал ее папу-сана.

— Именно, — нетерпеливо бросает Райли сквозь сжатые зубы, которыми держит трубку, и снова прикуривает от лампадки.

— Белый китель, — начинает Эмико. — Пришел вместе с другими служащими...

Новичок, привели друзья, те веселились, подначивали его, угощались бесплатно (Райли считает их благосклонность дороже всякого алкоголя). Молодой человек напился, потом сидел в баре и отпускал шуточки по поводу Эмико, потом ушел. А затем вернулся тайком от своих любопытных приятелей.

— Разве они ходят к таким, как ты? — изумленно спрашивает бледнокожий.

— Хай. — Эмико кивает — не хочет показывать, что именно думает о его презрении. — Ходят. И белые кители, и грэммиты.

— Секс и лицемерие как кофе и сливки — всегда вместе, — посмеивается Райли.

Незнакомец сурово смотрит в ответ; Эмико думает, видит ли старик в этих белесых глазах то же отвращение, что и она, или уже накурился опиума и ничего не замечает.

— Продолжай, — командует гайдзин и садится спиной к Райли, выключая его из беседы.

Что это — он увлекся? Ею? Или рассказом?

Эмико чувствует в себе нечто забытое с тех самых пор, как ее бросили: гены приказывают угождать. Незнакомец чем-то напоминает Гендо-саму: даже несмотря на глаза цвета выветленного кислотой металла и на лицо, бледное, как маска из театра кабуки, в нем есть харизма. Девушка ясно ощущает властность его характера, и ей почему-то делается спокойнее.

«Ты грэммит? Попользуешься мной, а потом захочешь отправить на удобрения?».

Ее удивляет собственный интерес. Он не красив, он не японец, он — никто. И все же эти жуткие глаза держат Эмико с той же силой, с какой когда-то — глаза Гендо-самы.

— Что вы хотите знать? — шепчет она.

— Этот твой белый китель рассказывал о взломе генов?

— Хай, да. И, по-моему, очень гордился. У него была с собой целая сумка фруктов новой модели — подарки девушкам.

Интерес, разгорающийся в его глазах, подстегивает Эмико.

— Какие они?

— Красные вроде. С такими ниточками длинными.

— С зелеными усиками? Вот такими? — Он отмеряет пальцами сантиметр. — И толстенькими?

— Именно с такими. Называл «нго», говорил, что их его тетя сделала, и что теперь ее наградит Сомдет Чаопрайя, защитник Дитя-королевы, за пользу родине. Очень гордился тетей.

— Он пришел к тебе и?.. — торопит незнакомец.

— Да, пришел, но позже, когда никого из его друзей не осталось.

Гайдзин нетерпеливо мотает головой, ему наплевать на подробности их встречи: на беспокойный взгляд этого мальчика, на то, как робко расспрашивал маму-сан, как Эмико отправили наверх, и ей пришлось порядочно ждать — никто не должен был заметить их одновременного отсутствия.

— О тете он еще говорил?

— Только то, что работает на министерство.

— Больше ничего? А где, например, у нее лаборатория, опытное поле?..

— Нет.

— И всё? — Незнакомец раздраженно смотрит на Райли. — Ты вытащил меня ради этого?

— А? — Старик возвращается из грез. — Ты про фаранга-то сказала?

Эмико только растерянно хлопает глазами:

— Прошу прощения? — Она помнит, как мальчик хвастался тетей — ее наградят за нго, продвинут по службе, — но никаких фарангов не упоминал. — Я не понимаю...

Старик сердито откладывает трубку.

— Ты же сама мне говорила — он рассказывал о фарангах, которые взламывают генетический код.

— Нет. Простите меня, но об иностранцах не было ни слова.

— Дай знать, когда появится информация, на которую мне действительно не жаль будет потратить свое время, — раздраженно бросает гайдзин, берет свою шляпу и встает.

Райли гневно смотрит на Эмико:

— А как же тот фаранг-генхакер?

— Но... Подождите! Постойте, кун. Я поняла, о чем говорит Райли-сан. — Она тянется к незнакомцу, трогает его за рукав — тот вздрагивает и брезгливо отступает. — Прошу вас! Я сначала не поняла. Тот мальчик ничего не говорил о фарангах, но назвал одно имя... как будто иностранное. Да? Вы об этом? — Она с надеждой смотрит на Райли. — О том странном имени, как у фаранга? Не тайское, не китайское и не южноиндийское...

— Расскажи ему то же, что и мне, — обрывает ее старик. — Все до последней мелочи. Как мы обычно беседуем после каждой твоей встречи? Вот так и сейчас.

И она начинает снова. Гайдзин садится и с недоверчивым видом слушает историю о том, как мальчик нервничал, как сперва не мог смотреть на Эмико прямо и как потом не сводил с нее глаз, как переживал, что не может возбудиться, и как наблюдал за ней, когда она раздевалась, как рассказывал о своей тете и набивал себе цену — перед проституткой, перед проституткой — Новым человеком; как самой Эмико все это казалось нелепым и глупым, и как старательно она от него это скрывала. Наконец пружинщица доходит до нужной части. Райли довольно улыбается, а бледный незнакомец со шрамом слушает ее затаив дыхание.

— Мальчик сказал, что копии документов им обычно дает некий Ги Бу Сен, хотя чаще он хитрит и привозит фальшивки. Но тетя обнаружила обман, а потом им удалось так составить код, что получился нго, и Ги Бу Сен тут ни при чем. В итоге все это — заслуга его тети. Вот так и сказал: Ги Бу Сен — обманщик, но

тетю не проведешь.

Незнакомец со шрамом не мигая глядит на Эмико. Холодные серые глаза. Кожа бледная, как у трупа.

— Ги Бу Сен... — бормочет он. — Ты уверена?

— Уверена — Ги Бу Сен.

Гайдзин задумчиво кивает. В тишине потрескивает опиумная лампадка, а через открытые ставни и москитную сетку далеко снизу слышны выкрики припозднившегося торговца водой. Этот голос отвлекает незнакомца от размышлений, и он снова переводит взгляд на Эмико.

— Я бы очень хотел знать, когда твой друг придет в следующий раз.

— Ему потом было очень стыдно. — Девушка подносит руку к щеке, к замазанному косметикой синяку. — Думаю, он не...

— Иногда приходят снова, даже если чувствуют себя виноватыми, — обрывает ее Райли, свирепо сверкая глазами.

Эмико кивает. Мальчик не вернется, но гайдзин будет рад думать иначе, а значит, рад будет и старик. А он — босс. То есть надо поддакивать и выражать уверенность.

— Иногда, — выдавливая она. — Иногда возвращаются, даже если стыдно.

Гайдзин переводит взгляд с Эмико на старика и обратно.

— Дай ей льда, Райли.

— Пока не время. И ей еще выступать.

— Я заплачу.

Райли совсем не хочет уходить, но ему хватает ума не возражать.

— Конечно, — натянуто улыбается он. — Я принесу. А вы пока побеседуйте. — И выходит, бросив на Эмико многозначительный взгляд. Старик хочет, чтобы она совратила гостя, соблазнила запретным сексом с марионеткой, а потом желает услышать подробный отчет — как и от всех девушек после встреч.

Эмико садится поближе. Его глаза скользят по приоткрывшемуся телу — вдоль ноги, туда, где пасин плотно обтягивает и скрывает плоть, — и смотрят в сторону. Девушка прячет раздражение. Что это — интерес? Тревога? Отвращение? Ничего не понятно. Большинство мужчин вписываются в элементарные схемы, с ними все просто и очевидно. Может быть, он находит Новых людей слишком гадкими? Или предпочитает мальчиков?

— Так как же ты здесь существуешь? Почему белые кители до сих пор не отправили тебя в компостную яму?

— Деньги. Они ничего не сделают, пока Райли-сан дает им взятки.

— А живешь ты, видимо, не здесь? Райли платит за отдельную комнату?

Она кивает.

— Дорого выходит?

— Не знаю, Райли-сан записывает это в мой долг.

Словно по зову появляется старик и начинает раскладывать лед на невысоком столике. Гайдзин умолкает и с нетерпением ждет, когда тот закончит. Райли мешкает, наконец, замечает неловкую паузу и, пробормотав что-то вроде «не буду мешать», уходит. Эмико смотрит ему вслед и пытается понять, какую власть над ним имеет гайдзин.

На столе стоит соблазнительнейший стакан с ледяной водой. Незнакомец кивает, и она тут же — судорожно, почти мгновенно — выпивает все до дна, а потом прижимает холодное стекло к щеке.

Гайдзин наблюдает.

— Делали тебя не для тропиков. — Приблизившись, он начинает пристально изучать девушку. — Любопытно, что конструкторы решили изменить структуру пор.

Эмико подавляет в себе желание отпрянуть и через силу тоже тянется навстречу.

— Это чтобы кожа была привлекательней — глаже. — Она подтягивает пасин по-

выше, приоткрывает колени. — Хотите потрогать?

Гайдзин смотрит вопросительно.

— Пожалуйста, трогайте.

Его пальцы скользят по бедру,

— Приятно.

Ему в самом деле нравится — выдают сбивчивый шепот и жадный взгляд, как у ребенка, который предчувствует приключение.

— Кожа у тебя просто горит, — говорит он, кашлянув.

— Хай. Как вы сказали, делали меня не для тропиков.

Теперь гайдзин изучает ее до мельчайших подробностей, голодные глаза бегают вдоль тела, будто могут насытиться зрелищем. Райли бы это понравилось.

— Ну да. Такую модель могли продавать только богатым, в дома с кондиционерами. Тогда это имело бы смысл, — думает он вслух, и, догадавшись, спрашивает: — «Мисимото»? Тебя из «Мисимото» выбросили? Дипслужбе таких бы не дали — правительство не разрешило бы везти пружинщицу в страну, когда дворец на религии просто... — Гайдзин смотрит ей прямо в глаза. — Так что — «Мисимото»?

Эмико накрывает волной стыда, будто он вскрыл ее и покопался во внутренностях — отстранено, безлично, но оскорбительно, как патологоанатом, который ищет в теле следы цибиסקоза. Она осторожно ставит бокал на стол.

— Вы генхакер? Поэтому так много обо мне знаете?

Выражение его лица мгновенно меняется — с изумленного восхищения на лукавство.

— Это, скорее, мое хобби — слежу за новостями генной инженерии.

— Вот как? — Девушка нарочно показывает, что испытывает к нему некоторое презрение. — Вы не сотрудник «Мидвест Компакт»? Нет? Не из какой-нибудь корпорации? — Придвигается поближе и добавляет с нажимом: — Не из калорийщиков, случайно?

Последние слова Эмико произносит шепотом, но эффект от них такой, будто закричала: гайдзин вздрагивает, глядит на нее, как мангуст на кобру, хотя вымученная улыбка с губ так и не сходит.

— Любопытное предположение.

Девушке приятно отыгаться за прежний стыд. Если повезет, гайдзин просто убьет ее — и конец истории, наступит отдых от такой жизни.

Она ждет удара — дерзости от Новых людей не терпит никто. Сенсей Мидзуми позаботилась о том, чтобы Эмико никогда не выказывала и малейшего признака неповиновения: учила ее подчиняться, раболепствовать, выполнять любые желания тех, кто выше статусом, и быть гордой своим положением. И хотя девушке стыдно из-за излишнего любопытства гайдзина и своей несдержанности, сенсей Мидзуми сказала бы: это проступка не извиняет — нельзя так дразнить мужчину. Хотя какая разница — назад ничего не воротить, а душа Эмико настолько омертвела, что сама она готова ко всему.

— Расскажи-ка мне еще раз про того мальчика. — В глазах гайдзина нет злобы — только то непреклонное выражение, какое бывало у Гендо-самы. — Все рассказывай. Ну?

Его приказ — как удар хлыстом. Эмико и рада бы отказать, вот только заложенное в Новых людях послушание и стыд за собственное неповиновение слишком сильны. «Он тебе не босс», — думает девушка, но уже готова лопнуть от желания угодить.

— Это было на прошлой неделе... — И девушка снова пересказывает ту ночь с белым кителем, стелет свою историю с таким же удовольствием, с каким когда-то играла для Гендо-самы на сямисене¹ — собачка, которая счастлива служить. Ей хочется посоветовать гайдзину съесть заразный фрукт и сдохнуть, но натура не

¹ Японский щипковый трехструнный музыкальный инструмент.

велит, и она продолжает рассказывать, а он — слушать.

Некоторые места незнакомец заставляет повторять, задает вопросы, возвращает к пропущенному, настойчиво требует подробностей и разъяснений. Расспрашивает он умело — Гендо-сама так же дотошно выпытывал у своих подчиненных, почему опоздал парусник с грузом, и пробивался к сути через оправдания, как долгоносик со взломанными генами через мякоть фрукта.

Наконец гайдзин удовлетворенно кивает:

— Хорошо. Очень хорошо.

Она растекается от комплимента и ненавидит себя за это. Незнакомец допивает виски, достает пачку банкнот, дает несколько Эмико и встает.

— Это тебе и больше никому. Райли не показывай. С ним я рассчитаюсь.

Она понимает: надо бы испытывать благодарность, однако чувствует, что ею снова воспользовались — пусть не физически, а словесно, но в остальном так же, как все прочие лицемеры-грэммиты и белые кители из министерства природы, которым хочется согрешить с этой диковинкой, получить запретное удовольствие от совокупления с нечистым созданием.

Эмико берет купюры двумя пальцами. Ее учили быть вежливой, но эта самодовольная щедрость так и выводит из себя.

— И как же господин предлагает мне потратить эти деньги? Купить украшений? Сходить в ресторан? Я — вещь. Я принадлежу Райли. — Она швыряет бумажки ему под ноги. — Богатая или бедная — какая разница, если я — чья-то собственность?

Незнакомец, уже взявшись за ручку раздвижной двери, замирает.

— Тогда почему не сбежишь?

— Куда? Мое разрешение на вывоз из страны истекло. Если бы не опека Райли-сана и не его связи, меня бы давно отправили в переработку.

— На север, к другим пружинщикам.

— Каким другим?

На лице гайдзина возникает усмешка.

— А Райли не рассказывал? Про поселения пружинщиков в горах? Про беженцев с угольной войны и про отпущенных — разве не говорил?

Эмико непонимающе моргает.

— Там, выше уровня джунглей, целые поселки — дальше Чианграя,¹ за Меконгом. Бедная местность, природа наполовину убита генвзломом, зато у пружинщиков ни хозяев, ни начальников. Угольная война еще не кончилась, но если тебе так уж здесь не нравится — чем не вариант?

— В самом деле есть такой поселок? — Эмико очень взволнована.

— Не веришь мне — спроси Райли, — усмехается гайдзин. — Он там был. Хотя, конечно, какой ему смысл тебя провоцировать этими рассказами...

— Вы говорите правду?

— Так же, как и ты мне. — Бледный загадочный незнакомец чуть приподнимает шляпу в знак прощания, толкает дверь и уходит. Эмико остается наедине с гулко стучащим сердцем и внезапным стремлением жить.

4

— Пятьсот, тысяча, пять тысяч, семь пятьсот... «Защищать королевство сразу от всех вирусов мира — все равно, что удерживать море сетью. Рыбы, конечно, наловишь, но остальное спокойно пройдет насквозь».

— Десять тысяч, двенадцать пятьсот, пятнадцать, двадцать пять...

Такие мысли посещают капитана Джайди Роджанасук-чаи, стоящего этой душной ночью под обширным брюхом дирижабля фарангов. Вверху гудят и гоняют воздух

¹ Провинция на севере Таиланда.

турбо-вентиляторы, внизу валяется груз: ящики грубо взломаны, коробки вскрыты, содержимое рассыпано по якорной площадке, будто брошенные ребенком игрушки; всякая дорогая всячина и вещи из черного списка лежат вперемешку.

— Тридцать тысяч, тридцать пять... пятьдесят тысяч...

Вокруг в свете мощных метановых ламп, установленных на зеркальных башнях, раскинулся недавно восстановленный бангкокский аэродром: огромное зеленое поле, над которым то тут, то там висят аэростаты фарангов, а по периметру густой стеной растет бамбук «хайгро» и тянется спираль колючей проволоки, отмечая границу международной территории.

— Шестьдесят тысяч, семьдесят, восемьдесят...

Тайское королевство гибнет. Джайди созерцает разгром, устроенный его командой, и ясно понимает: всех их поглощает океан. Почти в каждом ящике — что-нибудь подозрительное. Это не просто деревянные коробки, это знаки. Беда пустила корни повсюду: на чатучакском рынке¹ продают полулегальные химические растворы, по Чао-Прайе² темными ночами снуют плоскодонки — люди, толкая шестами свои суденышки, перевозят ананасы очередной модификации; пыльца, несущая каждый раз новый, измененный «Агрогеном» и «Пур Калорией» генетический код, пролетает через весь полуостров волна за волной; чеширы сбрасывают старые шкуры в мусорных углах переулков-сой, очередная разновидность текконов разоряет гнезда козодоев и павлинов; бежевые жучки разрушают леса Кхао Яй,³ а ци-бискоз, пузырьчатая ржа и плесень фаган — плоды и людские тела в перенаселенном Крунг Тхепе. Это и есть океан, субстрат самой жизни, в нем все они и плавают.

— Девяносто тысяч... сто... сто десять... сто двадцать пять...

Мыслители вроде Премвади Шрисати и Апицата Куникона могут обсуждать наилучшие способы защиты, спорить, что надежнее — ставить вдоль границ королевства обеззараживающие ультрафиолетовые кордоны или создавать упреждающие мутации, но, по мнению Джайди, все это работает лишь на словах. Океан всегда найдет лазейку.

— Сто двадцать шесть, сто двадцать семь, сто двадцать восемь, сто двадцать девять...

Он кладет руку на плечо лейтенанту Канье Чиратхиват и смотрит, как та пересчитывает только что полученную взятку. Двое таможенных инспекторов неподвижно стоят рядом и ждут, когда им вернут право распоряжаться на своем посту.

— Сто тридцать... сто сорок... сто пятьдесят... — Эти монотонные слова — будто хвалебная песнь богатству, мзде и новому бизнесу в древней стране. Дотошная Канья ошибок в подсчетах никогда не допускает.

Джайди улыбается: что дурного в добровольном пожертвовании?

Метрах в двухстах на соседней якорной площадке мегадонты с ревом тащат груз из брюха дирижабля и складывают его для сортировки и таможенного досмотра. В воздухе над ними, накренившись, медленно поворачивается огромный, закрепленный тросом аэростат, его поддерживают турбовентиляторы, от которых волнами набегают ветер. Выстроенных в ряд белых кителей обдает пылью и запахом навоза, Канья прижимает купюры пальцами, остальные люди Джайди смирно стоят рядом — щурятся и держат руки на мачете.

Таможенники потеют — слишком обильно даже для жаркого сезона. Вот Джайди — он не потеет. С другой стороны, это не его заставили второй раз платить за протекцию, которая и в первый стоила немало.

Ему почти жаль этих парней. Бедняги никак не могут взять в толк, что изменилось в привычном порядке вещей: почему деньги теперь надо отдавать не тем,

¹ Чатучак — район Бангкока, где находится крупнейший в Таиланде рынок.

² Река в Бангкоке.

³ Кхао Яй — национальный парк.

кому раньше; кто этот человек — новая власть или соперник старой; какие права он имеет и какой ранг занимает в запутанной иерархии министерства природы. Они ничего не понимают и поэтому платят. Джайди даже удивлен тем, как быстро им удалось найти наличные. Впрочем, еще больше удивились сами таможенники, когда к ним, выбив двери, ввалились белые кители и оцепили площадку.

— Двести тысяч. — Канья наконец отрывается от денег. — Все точно.

— Я же говорил — заплатят, — с ухмылкой отвечает Джайди.

Девушка не улыбается, но он не дает испортить себе настроение: прекрасная жаркая ночь, им удалось раздобыть кучу денег, да еще и погонять таможенников. Канья совсем не умеет принимать подарки судьбы. Она разучилась получать удовольствие от жизни еще в детстве: сначала голод на Северо-западе, потом смерть родителей и братьев с сестрами, тяжелая дорога в Крунг Тхеп — где-то там осталась ее способность радоваться. Она совсем не ценит санук,¹ веселье, даже самый настоящий санук мак, который можно устроить, избавив министерство торговли от некоторой суммы или отпраздновав Сонгкран.² Поэтому когда Канья получает двести тысяч бат с совершенно каменным лицом (разве только смахнув с него пыль), Джайди не принимает это близко к сердцу. Не умеет наслаждаться — значит, такая у нее камма.³

И все же он жалеет Канью. Нищие — и те хотя бы изредка улыбаются, а она никогда. Ненормально, что смущение, раздражение, злость, радость Канья испытывает без тени улыбки. Людям неуютно от такого абсолютного неумения вести себя как принято, поэтому Канья в конце концов осела у Джайди — больше ее нигде не выносили. Эти двое составили странный дуэт: мужчина, который всегда находит повод для радости, и девушка, чье лицо напоминает каменную маску.

Джайди снова пытается подбодрить своего лейтенанта ухмылкой.

— Раз все точно — упаковывай деньги.

— Вы превышаете свои полномочия, — бормочет один из таможенников.

Джайди самодовольно пожимает плечами.

— Юрисдикция министерства природы распространяется повсюду, где есть угроза Тайскому королевству. Такова воля ее величества.

— Вы понимаете, что я имею в виду, — добавляет таможенник с натянуто-любезной улыбкой.

Джайди только отмахивается от его холодного недоброжелательного взгляда.

— Какие вы все-таки жалкие! Если бы я сказал заплатить в два раза больше — заплатили бы.

Пока Канья упаковывает купюры, Джайди разгребает острием мачете содержимое одного из разбитых ящиков.

— Ты только посмотри, какой бесценный груз тут охраняют! — Он вытаскивает из кучи упаковку кимоно, присланных, видимо, для жены какого-нибудь японского управляющего, и начинает ее ворошить. Белые стоят больше его месячного оклада. — Мы же не станем устраивать здесь тотальный досмотр и ставить все вверх дном? — Джайди хитро смотрит на Канью. — Возьмешь себе что-нибудь? Настоящий шелк. Представь, в Японии еще есть шелковичные черви.

Та, не отрываясь от денег, бросает:

— Не мой размер. Эти японские жены разъелись на взломанных продуктах и больших деньгах от сделок с «Агрогеном».

— Так вы что — еще и украсть хотите? — цедит таможенник, с трудом сдерживая ярость, но продолжая улыбаться.

— Видишь же, что нет. У моего лейтенанта вкус получше, чем у японок. Да и

¹ Понятие «санук» означает веселье, радость, комфорт — причем нематериального свойства. Для удовольствий физических есть отдельное понятие — «сабай».

² Тайский Новый год.

³ То же, что и карма, но на пали, литературном языке буддизма.

отобьете вы еще свои деньги. А это все — так, мелкое неудобство.

— А как же ущерб? Вот об этом нам что сказать? — Второй таможенник показывает на порванную ширму с картиной в стиле «Сони».

Судя по всему, сцена из самурайской жизни конца двадцать второго века: менеджер «Мисимото флюид динамикс» наблюдает за работающими в поле пружинщиками... У них что — по десять рук? От такого святотатства у Джайди мурашки бегут по спине. При этом неподалеку совершенно спокойно сидит обычная семья. Впрочем, это же японцы — они даже разрешают детям играть с обезьянками-пружинщиками.

Джайди недовольно морщится.

— Придумаете что-нибудь. Скажете: мегадонт взбрыкнул и раздавил случайно. — Он хлопает таможенников по спинам. — Чего такие угрюмые? Включите воображение — благое дело делаете, в другой жизни зачтется.

Канья укладывает последние банкноты, завязывает тряпичную сумку и забрасывает ее на плечо.

— Готово.

Неподалеку медленно идет на посадку очередной дирижабль. Мощные пропеллеры на пружинном ходу выжимают последние джоули, подгоняя его к якорной площадке. С корабля свисают тросы — длинные змеи, притянутые весом свинцовых грузил. Рабочие стоят, протянув кверху руки — они готовятся поймать крепления и привязать их к спинам мегадонтов, а выглядит это так, будто молятся огромному божеству. Джайди наблюдает за посадкой с интересом.

— Как бы то ни было, Благотворительное общество отставных офицеров министерства природы ценит ваше содействие. В любом случае в следующей жизни зачтется. — Он подкидывает в ладони мачете и обращается к своей команде, перебивая гул пропеллеров и рев мегадонтов: — Офицеры! Двести тысяч бат тому, кто первый обьест контейнер с корабля! — Джайди указывает ножом на опускающийся дирижабль: — Вон с того. Вперед!

Таможенники ошеломленно выкатывают глаза, что-то говорят, но сквозь шум моторов ничего не слышно, и только по губам читается: «Май шум! Май шум! Май шум! Нет-нет-нет-нет-нет!». Пока они отчаянно жестикулируют, Джайди с боевым кличем уже несется по полю к новой жертве и размахивает оружием.

Белые кители волной бегут за своим начальником, лавируют между ящиками и рабочими, перепрыгивают тросы, пронзывают под животами мегадонтов. Вот это его парни, его верные дети, его сыновья. Недалекие идеалисты и верноподданные королевы беспрекословно следуют его приказам; их нельзя подкупить, вся честь министерства природы, какая только есть, хранится в этих сердцах.

— Вон тот дирижабль!

Стаей белых тигров команда мчит по полю. Разбитые и будто штормом раскиданные японские контейнеры оставлены позади. Голоса таможенников тают. Джайди уже далеко, он наслаждается ритмичным движением своих ног, ощущением благородной и бесхитростной охоты, бежит все быстрее и чувствует, как за ним, подгоняемые чистым адреналином, следуют его парни — машут топорами и мачете навстречу слетающей с неба огромной машине, которая нависает над ними как король демонов Тосакан во весь свой десятидесятифутовый рост. Это — настоящий царь мегадонтов, и на борту его написано: «КАРЛАЙЛ И СЫНОВЬЯ».

Джайди сам не замечает, как вопит от радости. Карлайл! Мерзкий фаранг, который, походя, предлагает упростить систему налогов на загрязнение, упразднить карантинную инспекцию и изменить все, что помогало королевству выживать в те времена, когда другие государства рассыпались; чужеземец, который постоянно заигрывает с министром торговли Аккаратором и защитником королевы Сомдетом Чаопрайей. Его корабль — бесценный трофей. Джайди не может думать ни о чем другом и тянется к посадочным тросам. Остальные — помоложе, побыстрее и пофанатичнее его — бегут вперед, чтобы поскорее напасть на свою жертву.

Но команда на этом дирижабле умнее, чем на прошлом.

При виде мечущихся внизу белых кителей пилот направляет турбины в другую сторону. Людей на земле накрывает мощным потоком воздуха. Моторы с пронзительным ревом набирают обороты, гигаджоули энергии отталкивают корабль от площадки, лебедки наматывают якорные тросы обратно, будто большой осьминог вытягивает щупальца. Лопасты крутятся в полную силу, ветер пригибает Джайди к земле.

Аэростат уходит вверх.

Джайди встает, щурясь, смотрит, как корабль исчезает в темноте, и размышляет о том, кто предупредил экипаж — диспетчерская вышка или таможня, или сам пилот оказался неглуп и понял, что инспекция белых кителей невыгодна его хозяевам.

Ричард Карлайл. Слишком уж он умен: постоянно на виду у Аккарата, постоянно на вечерах в пользу жертв цибискоза, сорит деньгами и беспрестанно говорит о пользе свободной торговли; всего лишь один из многих фарангов, вернувшихся в королевство, как медузы после эпидемии горькой воды, но самый энергичный. Его улыбка раздражает Джайди как ничто другое.

Он встает в полный рост и отряхивает от грязи свою белую форму из конопляной ткани. Ерунда — дирижабль вернется. Фаранги — это приливы: как уходят, так и приходят. У суши и моря всегда есть место встречи, а у людей, сердце которых желает одной только прибыли, нет выбора: они придут снова, не думая о последствиях, и вот тут их будет ждать Джайди.

Камма.

Тяжело дыша после пробежки, стирая с лица пот, он медленно возвращается к взломанным контейнерам и машет команде:

— Все сюда! Вскрыть ящики и досмотреть. От первого до последнего.

Таможенники ждут неподалеку, и как только Джайди начинает ворошить кончиком мачете содержимое взломанного ящика, подходят ближе. Как собаки: не покормишь — не отстанут. Один пытается помешать ему вскрыть очередную коробку.

— Мы уже заплатили! Мы напишем жалобу, и будет расследование. Здесь международная территория!

— Вы еще тут? — Джайди строит кислую мину.

— Мы неплохо заплатили вам за протекцию!

— Более чем неплохо. — Он оттирает их в сторону и продолжает: — Но я сюда не спорить пришел. Ваша дамма¹ писать жалобы, моя — охранять границы, и если ради защиты своей страны мне надо вторгнуться на эту вашу «международную территорию», я так и сделаю. — Джайди поддевает лезвием мачете очередной ящик, и несколько досок из всепогодки отлетают в стороны.

— Вы вышли за рамки дозволенного!

— Возможно. Но не вам это говорить — пришлите кого-нибудь постарше званием из министерства торговли. — Он многозначительно поигрывает оружием. — Или хотите поспорить прямо сейчас со мной и моими парнями?

Таможенники вздрагивают. Джайди краем глаза замечает на губах Каньи легкий намек на улыбку, изумленно присматривается, но на лице девушки вновь маска сухой деловитости и больше ничего. У него мелькает мысль о том, как бы заставить своего сурового лейтенанта еще раз выразить удовольствие — ему приятно видеть такую реакцию.

Но таможенники, видимо, передумывают давать отпор и пятятся от мачете.

— Думаете, вам сойдет это с рук?

— Что вы, конечно, нет. — Джайди доламывает ящик. — Тем не менее, ценю ваше финансовое пожертвование. — И добавляет с ухмылкой: — Станете писать жалобу — обязательно укажите мое имя: Джайди Роджанасукчай. И не забудьте рассказать,

¹ То же, что и дхарма.

как пытались дать взятку Бангкокскому тигру.

Его парни хохочут над шуткой. Пораженные таможенники отступают еще дальше, начиная понимать, кто их соперник.

Джайди оглядывает учиненный разгром: все вокруг усыпано щепками пробкового дерева. Ящики из легкого материала прекрасно удерживают груз, но на удары мачете явно не рассчитаны.

Работа идет споро. Вдоль ящиков растут аккуратные ряды товаров. Таможенники висят над душой у белых кителей, записывают имена, но тем, наконец, надоедает — грозя ножами, они распугивают служителей границы, которые отходят подальше и теперь наблюдают с безопасного расстояния. Все это напоминает Джайди драку животных за добычу: его парни рвут плоть заморского зверя, а падальщики — вороны, чешеры и псы — беспокойно ходят кругами и ждут своей очереди отведать мертвечины; от этой мысли ему делается немного грустно.

Таможенники стоят в сторонке.

Джайди разглядывает выложенные предметы, Канья не отстает от него ни на шаг.

— Итак, лейтенант, что у нас тут?

— Агаровый раствор. Питательные культуры. Резервуары, видимо, для выращивания чего-то. Корица «Пур Калории». Семена папайи, у нас такие запрещены. Следующая версия ю-текса, которая, похоже, стерилизует любой другой сорт риса. — Она пожимает плечами. — Примерно как мы и думали.

Джайди откидывает крышку контейнера и читает внутри имя адресата: какая-то компания в промзоне фарангов. Он пытается произнести латинские буквы, бросает, вспоминает, мог ли видеть этот логотип раньше, но безуспешно, потом ощупывает содержимое ящиков — пакеты, вроде с протеиновым порошком.

— Стало быть, ничего особенного. И новый вид пузырчатой ржи из коробок «Агрогена» и «Пур Калории» на нас не выскочил.

— Нет.

— Жаль, что мы не смогли поймать тот дирижабль. Быстро удрал. Хотел бы я обыскать груз куна Карлайла.

— Вернется.

— Такие всегда возвращаются.

— Как псы на падаль...

По взгляду Каньи, направленному на стоящих в стороне таможенников, ясно, что последние слова относились именно к ним; Джайди становится грустно от такого сходства мыслей. Кто из них двоих на кого больше влияет? Когда-то работа доставляла ему куда больше радости, правда, и была много проще и понятнее, чем теперь. Не умеет он, как Канья, жить в вечных сумерках. Зато так веселее.

Один из парней прерывает его задумчивость. Не спеша, небрежно помахивая мачете, подходит Сомчай — шустрый, того же возраста, что и Джайди, но ожесточенный потерей родных в тот год, когда эпидемия пузырчатой ржи трижды за сезон прокатилась по Северу. Хороший человек, верный. И хитрый.

— Вон там, следит за нами, — говорит он, встав поближе.

— Где?

Сомчай едва заметно кивает в сторону. Джайди как бы рассеянно оглядывает суету, кипящую на поле. Канья напряженно замирает.

— Видите его?

— Кха, — кивает она.

Джайди наконец замечает невдалеке человека, который наблюдает и за ними, и за таможенниками. Одет он в обычный оранжевый саронг и пурпурную холщовую рубашку, будто простой рабочий, однако стоит без дела, с пустыми руками, к тому же не похож на того, кто знаком с голодом: ребра не торчат и щеки не ввалены, как у большинства трудяг. Просто стоит и смотрит, облокотившись на якорный крюк.

— Из Торговли? — пробует угадать Джайди.

— Военные? — подхватывает Канья. — Вон какой уверенный.

Будто ощутив на себе взгляды, человек оборачивается и долю секунды смотрит прямо в лицо Джайди.

— Черт! Заметил, — цедит Сомчай и вместе с Каньей начинает открыто изучать незнакомца. Тот с невозмутимым видом сплевывает красной от бетеля слюной и не спеша растворяется среди грузчиков. — Догнать? Допросить? — Сомчай готов пойти за ним следом.

Джайди вытягивает шею, пытается рассмотреть ушедшего среди толпы.

— А ты что скажешь, Канья?

— Может, хватит на сегодня ворошить осинные гнезда?

— Что я слышу! Благоразумие и сдержанность.

— Торговля точно взбесится, — поддакивает лейтенанту Сомчай.

— Очень надеюсь. — Джайди кивком велит ему возвращаться к работе.

— Думаю, в этот раз мы зашли слишком далеко, — говорит Канья.

— Хочешь сказать, я слишком далеко зашел? Что, нервишки шалят?

— Не мои. — Она смотрит туда, где недавно стоял незнакомец. — В этом пруду есть рыба покрупнее, чем мы с вами, кун Джайди. Все-таки заявиться на якорные площадки — это... — Канья некоторое время подбирает подходящее слово. — Это слишком дерзко.

— А тебе точно не страшно? — поддразнивает ее Джайди.

— Нет! — Она сдерживает вспышку гнева, берет себя в руки.

Джайди втайне восхищен её способностью говорить спокойно, что бы ни происходило. Сам он к церемониям не склонен ни на словах, ни на деле. Ввалиться как мегадонт на рисовое поле и устроить разгром, а потом приводить все в порядок — вот это в его духе. Джай рон, а не джай йен — горячая голова, а не холодная. А вот Канья...

— Якорные площадки — не лучшее место для нашей операции.

— Лучше не придумаешь! Что за пессимизм? Эти два червяка отчихлили нам две-сти тысяч бат. Будь тут все чисто — стали бы они платить? Давно стоило сюда наведаться и научить этих хиия¹ жизни — уж лучше, чем ходить на пружинной плоскодонке по рекам и задерживать детей за контрабанду генвзлома. Здесь хотя бы честная работа.

— Теперь Торговля точно вмешается. По закону это их вотчина.

— Да по любому вменяемому закону ничего из этого, — он обводит грузы рукой, — нельзя ввозить. Законы, они вообще очень путанные — только мешают устанавливать справедливость.

— Где министерство торговли, там справедливости нет.

— И мы оба это прекрасно знаем. Если что — полетит моя голова, тебя не тронут. Даже если бы знала, куда мы идем, ты не смогла бы меня остановить.

— Я бы не...

— Вот и не думай об этом. Пора бы Торговле и ее ручным фарангам дать здесь пинка. Они совсем обнаглели. Забыли, что хоть иногда должны проявлять кхраб² к законам. — Джайди умолкает, глядя на разбитые ящики. — Тут, в самом деле, нет ничего из черного списка?

Канья мотает головой.

— Только рис. Все остальное вполне безобидно, по крайней мере, на бумаге. Ни материалов для разведения растений, ни генетических суспензий.

— Но?..

— Но большая часть пойдет не по назначению. Эти питательные культуры... ниче-

¹ Грубое тайское ругательство.

² Почтение (тайск.). Также кхраб — земной поклон, во время которого человек падает ниц.

го хорошего с ними делать не будут. — Лицо Каньи снова становится унылой каменной маской. — Укладываем груз обратно?

Джайди застывает с кислой миной и, наконец, говорит:

— Нет. Сжечь все.

— Что?

— Сжечь. Мы же с тобой понимаем, что тут происходит на самом деле. Так дадим фарангам повод подать в суд на своих страховщиков, пусть знают: просто им тут не будет. — Ухмыляясь, он отдает приказ: — Жгите все до последнего ящика.

Потрескивают доски из всепогодки, вспыхивает и разносится масло, которым они пропитаны, выстреливают искры и словно молитвы летят к небу. Джайди доволен: второй раз за ночь он видит, как улыбается Канья.

Джайди приходит домой под утро. Дребезжащие голоса гекконов задают ритм монотонному треску цикад и тонкому писку москитов. Он снимает обувь и осторожно входит в стоящий на сваях дом, чувствуя, как поскрипывают под ногами мягкие, приятные на ощупь полированные половицы.

Капитан быстро проскальзывает за сетчатую дверь — мутная соленая вода канала-клонга течет почти у самых стен, и от москитов нет отбоя.

В комнате горит свеча; на низкой кровати дремлет заждавшаяся его Чайя. Джайди нежно смотрит на жену и спешит в ванную — поскорее сбросить одежду и ополоснуться. Несмотря на его торопливые предосторожности, вода шумно плещет на пол; тогда он набирает еще ковш и выливает себе на спину — в жаркий сезон воздух не остывает даже ночью, и любая прохлада приносит облегчение.

Когда Джайди, обмотав саронг вокруг пояса, выходит из ванной, Чайя уже не спит.

— Как ты поздно. Я волновалась. — В ее карих глазах видна задумчивость.

— Будто не знаешь, что беспокоиться не о чем. Я — тигр! — Он прижимает губы к ее щеке и нежно целует.

Чайя морщит нос и отталкивает его от себя.

— Не надо верить газетам. Тигр... Фу, пахнешь дымом.

— Да я только из ванной.

— От волос пахнет.

— Ночка выдалась что надо, — увлеченно начинает он. Несмотря на темноту, видно, как Чайя улыбается, как поблескивают зубы и тусклым гляncем мерцает смуглая кожа.

— Операция во славу королевы?

— Операция в пику Торговле.

Она вздрагивает.

— Вот как...

Джайди трогает ее за руку.

— Было время, ты радовалась, когда я злил разных шишек.

Чайя отстраняется, встает и начинает нервно поправлять подушки.

— Было. А теперь я за тебя боюсь.

— Не стоит. — Джайди отходит в сторону, чтобы не мешать жене. — Вот ты сидела и ждала, а я бы на твоем месте сейчас сладко спал и видел девятый сон. Все и думать забыли мной управлять. Я для них уже привычная статья расходов. Я слишком известен — кто посмеет мне навредить? Тайных наблюдателей присылают — да, а остановить даже не пытаются.

— Для народа ты герой, но для министерства торговли — заноза. По мне, так пусть лучше народ будет тебе врагом, зато министр Аккарат — другом. Так гораздо спокойней.

— Ты думала совсем по-другому, когда выходила за меня замуж. Тебе нравилось, что я — боец, что за мной победы на Лумпини.¹ Помнишь?

¹ По тайскому боксу — на самом известном из бангкокских стадионов.

Ничего не говоря, она снова берется за подушки и все время нарочно стоит к нему спиной. Джайди вздыхает, кладет ей руку на плечо, разворачивает и спрашивает, глядя прямо в глаза:

— Вот ты это к чему сейчас сказала? Я же тут, рядом. Со мной все в порядке.

— А когда тебя подстрелили — тоже называлось «в порядке»?

— Что было, то прошло.

— Прошло только потому, что тебя перевели на канцелярскую работу, а генерал Прача выплатил компенсацию. — Она показывает ему свою руку, на которой не хватает пальцев. — И не рассказывай мне о том, как тебе безопасно. Я была там и знаю, на что они способны.

Джайди строит недовольную гримасу.

— Как ни крути, нам всегда что-то угрожает. Если не Торговля, так пузырьчатая ржа, цибискоз или еще что похуже. Это больше не идеальный мир. Эпоха Экспансии кончилась.

Чайя уже готова возразить, но передумывает и замолкает. Джайди ждет, пока жена возьмет себя в руки.

— Да, ты прав. Никто не может быть уверен в своей безопасности, — наконец произносит она ровным голосом. — А хотелось бы.

— Можно еще купить амулет на Та Прачане¹ — пользы как от хотений.

— Вообще-то я купила фигурку Пхра Себа, только ты ее не носишь.

— Суеверие это все. Если что-то со мной произойдет, значит, камма такая, и никакой талисман ее не изменит.

— Тебе трудно носить амулет? Мне было бы спокойней.

Джайди хочет посмеяться над предрассудками жены, но видит, что она нисколько не шутит, и потому обещает:

— Хорошо. Раз тебе так спокойней, буду носить Пхра Себа.

Из спален доносится мокрый кашель. Джайди замирает. Чайя поворачивает голову на звук.

— Сурат.

— Ты показывала его Ратане?

— Не ее это дело — лечить детей. У Ратаны есть занятия поважней — она гены взламывает.

— Так показывала или нет?

— Говорит, «не прогрессирует». Можно не волноваться, — облегченно вздыхает Чайя.

Он тоже рад, но вида не подает.

— Хорошо.

Снова слышен кашель, и Джайди вспоминает умершего Нама, но усилием воли прогоняет подступившую грусть.

Чайя касается пальцами его подбородка, заставляет посмотреть ей в глаза и спрашивает с улыбкой:

— Так отчего же благородный воин, защитник Крунг Тхепа так пропах дымом и почему так собой горд?

— Завтра узнаешь из печатных листков.

Она недовольно поджимает губы.

— Я беспокоюсь за тебя. Очень беспокоюсь.

— Это потому, что ты переживаешь из-за всего подряд. Не надо так тревожиться. Тяжелую артиллерию против меня больше не пускают — в прошлый раз им это вышло боком. О том случае написали в каждой газете и в каждой печатном листке. Меня поддержала сама досточтимейшая королева, и теперь они держатся подале — по крайней мере уважение к ее величеству еще не потеряли.

— Тебе очень повезло, что ей вообще разрешили узнать о той истории.

¹ Крупнейший в Бангкоке рынок амулетов и талисманов.

— Даже этот хийя, защитник королевы не может закрыть ей глаза на все, что происходит вокруг.

Чайя испуганно застывает на месте.

— Джайди, прошу тебя, потише. У Сомдета Чаопрайи повсюду уши.

— Видишь, до чего дошло: защитник думает только о том, как бы захватить внутренние апартаменты Большого дворца, министр торговли вступает в тайный стовор с фарангами, хочет загубить коммерцию и отменить карантин, а мы все сидим по углам да шепчемся. Я рад, что навестил сегодня якорные площадки. Видела бы ты, как эти таможенники гребут деньги лопатой: стоят себе в сторонке и пропускают в страну все подряд. У них под носом в любой склянке может быть новая мутация цибискоза, а они только карманы пошире оттопыривают. Мне иногда кажется, что мы живем в последние дни Аютии.¹

— Как драматично.

— История идет по кругу. Аютю тоже никто не защищал.

— Так что — ты, выходит, в прошлой жизни был жителем Банг Раджана? Сдерживаешь нашествие фарангов, сражаешься до последнего человека? Вроде того?

— Они хотя бы боролись! А ты бы на чью сторону встала — крестьян, которые месяц отбивались от бирманских войск, или министров, которые бросили город на разграбление? Будь я умнее, навещал бы якорные стоянки каждый вечер и учил бы Аккарата и фарангов уму-разуму. Знали бы, что кто-то еще сражается за Крунг Тхеп.

Джайди думает: сейчас Чайя снова попросит его замолчать, остыть, но она долго молчит и, наконец, спрашивает:

— Думаешь, мы всегда перерождаемся здесь, в одном и том же месте? Нам обязательно переживать все снова и снова?

— Не знаю. Станный вопрос. Я бы ожидал такого от Каньи.

— Надо бы и ей амулет подарить. Может, улыбаться станет хоть иногда. Суровая она.

— Да, странноватая.

— Я думала, Ратана сделает ей предложение.

Джайди представляет себе Канью рядом с хорошенькой Ратаной, которая, скрыв лицо дыхательной маской, дни и ночи сидит в министерских подземных лабораториях и борется с биологическими угрозами.

— Я в ее жизнь не лезу.

— Ей бы мужчину, стала бы веселее.

— Ну, уж если Ратана не сделает ее счастливой, то у мужчин шансов ноль. Хотя, будь у нее кто-то, он все время ревновал бы к тем парням, которыми Канья у меня командует. А ребята-то симпатичные... — Джайди вытягивает шею и хочет поцеловать Чайю, но та резко отворачивает голову.

— Фу, от тебя еще и виски несет.

— Дым и виски — запах настоящего мужика.

— Иди в кровать, а то еще разбудишь Нивата с Суратом. И маму.

Он подбирается ближе и шепчет прямо в ухо:

— А она бы не возражала против еще одного внука.

Чайя, смеясь, отталкивает его.

— Возразит, если разбудишь.

Джайди гладит ее по бедрам.

— Я тихо.

¹ Королевство Аютия (1351–1767) — в свое время одно из богатейших государств региона. Одноименная столица в XVIII веке была крупнейшим городом на земле. В 1767-м страну, ослабленную династическими распрями, практически без боя захватила бирманская армия. Соппротивление оказали только жители деревни Банг Раджан.

Чайя с притворным недовольством шлепает Джайди по рукам, он ловит ее ладони и нежно поглаживает обрубки пальцев. Оба вновь делаются серьезными.

— Мы так много уже потеряли. Если не станет еще и тебя, я не переживу.

— Этого не будет. Я же тигр. И далеко не дурак.

— Надеюсь. Очень надеюсь. — Она крепко прижимается к Джайди; в теплых объятиях и взволнованном дыхании тот чувствует искреннюю заботу. Затем Чайя немного откидывает голову и внимательно глядит на Джайди. Тот говорит:

— Со мной все будет в порядке.

Она кивает, но, похоже, совсем не слушает — темные глаза, будто стараясь запомнить, долго, очень долго изучают линию его бровей, улыбку, шрамы, каждую оспинку. Наконец Чайя снова кивает, видимо, своим мыслям, и тревога исчезает с ее лица. Улыбнувшись, она притягивает Джайди поближе, шепчет ему прямо в ухо как настоящая прорицательница: «Ты тигр», — крепко обнимает, и от этого им обоим становится спокойней.

Джайди обнимает ее еще крепче и чуть слышно отвечает:

— Я скучал.

— Пойдем. — Чайя выскальзывает из объятий, ведет его за руку к постели, приподнимает москитную сетку и ныряет под полупрозрачный полог. Джайди слышит, как с шелестом падает одежда, и видит сумрачный силуэт манящей его женщины. — От тебя до сих пор пахнет дымом.

Он откидывает сетку в сторону.

— А виски? Не забывай про запах виски.

5

Солнце, едва выглянув из-за горизонта, заливает Бангкок ослепительным светом. Оно оmyвает огненными лучами торчащие сломанными ребрами башни эпохи Экспансии и покрытые золотом чеди;¹ играет бликами на высоких сводах Большого дворца, где, изолированная слугами от внешнего мира, живет Дитя-королева; вспыхивает на филигранных орнаментах храма Священного столпа, в котором монахи сутки напролет молят богов укрепить шлюзы и стены городских дамб. Голубое зеркало горячего, как кровь, океана сверкает под раскаленным небом.

Жар наваливается на балкон шестого этажа и втекает в квартиру Лэйка. Под навесом в потоках знойного ветра шелестят плети жасмина. Ослепленный сиянием Андерсон, щурясь, глядит в окно. На бледной коже мгновенно выступают блестящие капельки пота. Лежащий снаружи город похож на расплавленное море, в котором золотыми искрами вспыхивают металлические шпильи и стеклянные стены.

Он сидит прямо на деревянном полу совсем без одежды в окружении раскрытых книг: каталогов флоры и фауны, записок путешественников, полной истории Индокитая. Повсюду ветхие заплесневелые тома, вырванные из дневников страницы — ископаемые воспоминания о тех временах, когда тысячи растений выпускали в воздух пыльцу, споры и семена. Андерсон просидел над бумагами всю ночь, но с трудом может вспомнить хоть что-то из прочитанного. Перед глазами постоянно встает пасин, скользящий вверх по ноге девушки, вышитые на искрящейся пурпурной ткани павлины, чуть влажная кожа разведенных бедер.

Вдалеке в желтоватом сыром мареве, будто пальцы, поднимаются к небу сумрачные высокие силуэты башен Плоенчит. В дневном свете они похожи на обычные трущобы времен Экспансии и сейчас ничем не выдают своей манящей тайны.

Пружинщица.

Пальцы Андерсона, прикасающиеся к ее коже. Темные серьезные глаза девушки, и слова «можно потрогать».

¹ Тайское название буддийских ступ, памятных сооружений для хранения реликвий или захоронений.

Лэйк, резко прерывисто вдохнув, отгоняет видение. Девушка — полная противоположность тем агрессивным эпидемиям, с которыми сам он ведет ежедневную войну; хрупкий тепличный цветок, высаженный в слишком суровые для него условия. Вряд ли долго протянет — особенно в этом климате, особенно среди этих людей. Возможно, его тронула ранимость девушки, та притворная сила, с которой она скрывала свою беззащитность, та попытка изобразить гордость, даже когда Райли приказал ей задрать юбку.

«Так ты из жалости рассказал ей о поселках? Не потому, что ее кожа была нежнее манго? Не потому, что у тебя при виде ее дыхание перехватывало?».

Андерсон болезненно кривит губы и заставляет себя сосредоточиться на главном — на имени, ради которого пересек полмира на парусниках и дирижаблях. Ги Бу Сен. Пружинщица так и сказала: Ги Бу Сен.

Среди книг и дневников он находит фотографию: толстый мужчина сидит в компании ученых из «Мидвест» на агрогеновском симпозиуме по мутациям пузырчатой ржи и со скучающим видом глядит куда-то в сторону, выставив напоказ все три подбородка.

«Интересно, ты похудел с тех пор или тайцы кормят так же хорошо, как когда-то мы?».

Подозревать можно только троих: Боумана, Гиббонса и Чаудхури. Боуман исчез незадолго до крушения монополии «Сои-про». Чаудхури, сойдя однажды с борта дирижабля, навсегда растворился где-то среди индийских поместий — то ли сам сбежал, то ли был похищен «Пур Калорией», то ли просто погиб. И Гиббонс. Ги Бу Сен. Самый умный из всех троих, но на него подумаешь в последнюю очередь. К тому же он мертв: обугленное тело отца под завалами дома нашли его дети и кремировали до того, как компания успела провести вскрытие. Их потом допрашивали на полиграфе под сывороткой правды, но выяснили лишь одно: Гиббонс всегда был против аутопсии, говорил — и думать не хочет о том, чтобы его тело резали и накачивали консервантами. Тем не менее, тест ДНК показал: сторел именно он. Сомнений не осталось ни у кого.

Впрочем, не следует забывать, что речь шла об обрывках генетического кода, полученных — да и то предположительно — из останков одного из лучших генхакеров на свете.

Андерсон листает бумаги. Подслушивающая аппаратура писала все разговоры в лабораториях, и теперь он надеется найти в расшифровках хоть что-нибудь о последних днях жизни калорийщика. Ничего. Ни намек на его планы. А потом он умер, и всех заставили в это поверить.

В таком случае появление нго, а заодно и пасленовых, почти объяснимо. Гиббонс, которого все коллеги называли эгоистом, любил прихвастнуть своим мастерством. Ему бы очень понравилось забавляться с материалами богатейшего семенного фонда. Целый биологический род взял и воскрес, а потом был приукрашен местным названием «нго». Во всяком случае, Андерсон считает, что фрукт местный. Хотя кто знает: вдруг это совершенно новое растение, родившееся из воображения Гиббонса, как Ева из ребра Адама.

Он рассеянно листает разложенные на полу бумаги. О нго ни слова. Все, что у него есть сейчас, — единственная встреча с красно-зеленым фруктом и само слово «нго». Андерсон даже не знает, традиционное это наименование или специально выдуманное. Старый, насквозь прокуренный опиумом Райли, к сожалению, ничем не помог: даже если и знал когда-то, как этот плод называется на ангритском,¹ то давно забыл. А так просто угадать нужное слово нельзя. Исследовать образцы в Де-Мойне будут еще месяц, и совсем не факт, что найдут совпадение в своем каталоге: если гены фрукта модифицировали достаточно сильно, то сравнение ДНК ничего не даст.

¹ Искаженное тайское название английского языка.

Одно можно сказать наверняка: нго раньше не было. Год назад он не упоминался ни в одном из экообзоров, которые составляют переписчики. И вдруг этот фрукт просто взял да и возник — так, будто земля королевства решила возродить свое прошлое и выставить его на бангкокском рынке.

Андерсон открывает следующую книгу. С самого своего прибытия в Бангкок он собирал эту библиотеку, летопись города Божественных воплощений, тома, изданные еще до войн за калории, до эпидемий, до эпохи Свертывания; копался в разграбленных антикварных лавках и в завалах небоскребов времен Экспансии. Большая часть выпущенного тогда сторела или сгнила во влажном тропическом климате, но ему удавалось находить оазисы знаний — семьи, где книги держали не на растопку. Теперь эти траченные плесенью источники информации рядами стоят на полках... и нагоняют тоску. Они напоминают о Йейтсе и его отчаянном желании поднять из могилы и воскресить прошлое.

— Только представь себе! — восторженно вопил он. — Новая Экспансия! Пружины следующего поколения, дирижабли, корабли, полные трюмы грузов, полные паруса ветра!..

У Йейтса были свои книги: пыльные фолианты, украденные из библиотек и с бизнес-факультетов по всей Северной Америке, — мудрость прошлого, забытая за ненужностью. Разграбления этих александрийских сокровищниц знания никто тогда даже не заметил — все считали, что глобальная торговля умерла.

Когда Андерсон только приехал, контора «Спринглайфа» была забита книгами, на столе у Йейтса в высоких кипах стояли «Практика глобального менеджмента», «Бизнес в межкультурной среде», «Менталитет Азии», «Маленькие тигры Азии», «Каналы поставки и логистика», «Популярная тайская культура», «Новая глобальная экономика», «Особенности валютных курсов в работе цепочки поставок», «Чего ждать от бизнеса по-тайски», «Международная конкуренция и ее регулирование» — история прежней Экспансии от «а» до «я».

Однажды в приступе отчаяния Йейтс, ткнув пальцем в эти книги, сказал:

— Но все это еще можно вернуть! Можно!

И заплакал. Андерсон тогда впервые пожалел его, человека, посвятившего жизнь тому, что никогда не сбудется.

Он открывает следующую книгу и одну за одной внимательно рассматривает старые фотографии. Перцы чили — целые горы, разложенные перед камерой давным-давно умершего человека. Чили, баклажаны, томаты — снова это чудесное семейство пасленовых. Если бы не они, головной офис не отправил бы Андерсона в королевство, а у Йейтса все еще был бы шанс воплотить свои идеи.

Он достает из пачки свернутую вручную сигарету марки «Сингха», вытягивается на полу и глубоко, пробуя на вкус, вдыхает дым так же, как люди делали это с незапамятных времен. Поразительно, как, умирая от голода, тайцы все же нашли время и силы дать вторую жизнь своей никотиновой привычке.

«Человеческую натуру не изменить».

Солнце заливает Андерсона ослепительным светом. Вдали сквозь влажный, мутный от горящего навоза воздух едва проступают здания промзоны: ровный ритмичный рисунок, совсем не похожий на чехарду ржавых крыш старого города. За фабриками встает дамба: даже отсюда видны огромные шлюзы, по которым сухогрузы уходят в море.

Грядут перемены: вновь возникнет международная торговля, и товары опять будут пересекать планету из конца в конец. Пусть медленно, натываясь по пути на старые ошибки, но все станет как прежде. Йейтс обожал свои пружины, но еще больше его радовала мысль о воскрешении прошлого.

— Здесь ты не сотрудник «Агрогена», а очередной грязный предприимчивый фаранг, который приехал срубить денег, — такой же, как добытчики нефрита и матросы клиперов. Тут тебе не Индия, где можно налево и направо сверкать эмблемой из пшеничных колосьев и брать все, что понравилось. С тайцами такое не

проходит: узнают, кто ты, — разделают твою тушку, упакуют в ящик и отправят по обратному адресу.

— Ты улетаешь следующим дирижаблем, — сказал тогда Андерсон. — И радуйся, что в головном офисе согласились взять тебя назад.

Но Йейтс не полетел. Он нажал на курок пружинного пистолета.

Андерсон раздраженно затягивается — вентилятор под потолком замер, и в комнате стало жарко. Рабочий, который каждый день в четыре утра должен заводить механизм, в этот раз, видимо, недодал пружинам джоулей.

Недовольно морщась, он встает и закрывает ставни. Здание новое и построено так, что прохладный приземный воздух свободно проходит через все этажи, но спокойно выносить прямые лучи раскаленного экваториального солнца Андерсон так и не привык.

Он снова начинает листать желтые страницы книг, потрепанных годами и влажным климатом: корешки треснули, бумага рассыпается под пальцами. Щурясь от дыма зажатой в зубах сигареты, Андерсон открывает очередной том и замирает.

Нго.

Целые развалы нго. Маленькие красные фрукты со странными зелеными усиками дразнят его с фотографии, где фаранг и фермер, которых уже давно нет в живых, спорят о цене. Мимо едут ярко раскрашенные, бензиновые такси, а рядом аккуратной пирамидой лежат нго и всем своим видом насмеваются над Андерсоном.

За разглядыванием старинных фотографий он провел довольно много времени и уже почти привык спокойно взирать на тупую самоуверенность прошлого — на расточительность, высокомерие и бессмысленное, непомерное богатство, — но эта картинка выводит его из себя. Чего стоит один фаранг, заплывший жиром, этим умопомрачительным излишком калорий, но даже он блекнет на фоне чарующей пестроты рынка, где одних только фруктов выложено три десятка видов: знакомые мангостаны, ананасы, кокосы... а вот апельсинов больше нет. И этой, как ее, пита-хайи. И помело, и вон тех желтых штук — лимонов. Их нет. Они просто исчезли, как и много что еще.

Но люди на снимке этого не знают. Давно умершие мужчины и женщины понятия не имеют об открытой перед ними древней сокровищнице, не подозревают, что живут в раю, каким его расписывает грэммитская библия — в месте, где чистые души восседают одесную Господа, где Ной и святой Франциск бережно хранят все ароматы и вкусы мира, и никто не мучим голодом.

Андерсон внимательно разглядывает снимок. Толстые самодовольные идиоты не представляют, что стоят у золотой генетической жилы. При этом в книге никто даже не потрудился уточнить, что такое нго. Фотография — лишь очередной пример изобилия, которым люди бездумно наслаждались. Природа была к ним чертовски щедра.

У Андерсона на секунду возникает желание воскресить жирного фаранга и тайца-крестьянина, показать им, каково живется тут, в настоящем, наорать на них, а потом вышвырнуть с балкона так же, как они сами наверняка выкидывали фрукты, заметив хоть малейшую вмятинку.

Больше в книге нет ни иллюстраций, ни названий плодов. Он резко встает, снова выходит на балкон под палящее солнце и смотрит на город. Внизу призывно кричат торговцы водой, режут мегадонты, по переулкам течет треск велосипедных звонков. К полудню Бангкок притихнет до самого заката.

Где-то там сейчас сидит и деловито играет с кирпичиками жизни генхакер: восстанавливает давно исчезнувшие ДНК, подгоняет их под нужды времени, наступившего за эпохой Свертывания, придает иммунитет к пузырчатой рже, японским долгоносикам со взломанными генами и цибискозу.

Ги Бу Сен. Пружинщица хорошо запомнила его имя. Значит, это Гиббонс.

Андерсон стоит, уперев локти в перила, и, жмурясь от солнца, смотрит на лабиринт городских улиц. Там в одном из зданий прячется Гиббонс — мастерит свой

очередной шедевр. Если его где и искать, то непременно рядом с банком семян.

6

Вот в чем штука: стоит положить деньги в банк, как в мгновение тигриного ока оказываешься в ловушке. То, что было твоим — уже их. Полученное в обмен на труды, литры пота и годы жизни теперь принадлежит совершенно чужим людям. Этот вопрос о хранении денег гложет Хок Сена, будто долгоносик со взломанными генами, извлечь которого, раздавить ногтем, превратить в лепешку из гноя и хитиновой шкурки никак невозможно.

Если перевести все в годы — те, что сперва меняешь на зарплату, а потом сдаешь на хранение, — то банк, выходит, владеет половиной тебя. Или как минимум третью, если ты какой-нибудь ленивый таец. А человек, лишенный трети своей жизни, на самом деле лишен жизни полностью.

Тогда какую треть отдать — от груди до макушки лысеющего черепа? От пояса до пожелтевших ногтей на ногах? Две ноги и одну руку? Две руки и голову? Отними у человека четверть тела — еще есть шанс выжить, но треть — это уже слишком.

Вот в чем штука с этими банками. Едва засунешь деньги им в пасть, как тут же обнаруживаешь, что вокруг твоей головы сжались тигриные челюсти. Треть тебя там оказалась, половина или один только покрытый старческими пятнами череп — разницы нет.

Но если нельзя доверять банкам, то чему можно? Хлипкому дверному замку? Осторожно выпотрошенному матрасу? Месту под выдранной с крыши черепицей, проложенному листьями банановой пальмы? Нише, вырезанной в бамбуковой балке в лагуне среди трущоб, ловко выдолбленной полости под пухлые рулетики банкнот?

Хок Сен выскребает внутренность бамбука.

Комнату, в которой он живет, владелец называет квартирой. Отчасти так и есть: тут стены, а не занавески из кокосовых полимеров, и еще маленький задний дворик с уборной — общей на шесть хижин, как, впрочем, и сами стены. Для беженца-желтобилетника это не дом, а настоящий особняк, но даже здесь только и слышно, что одно недовольное брзжание постояльцев.

Перегородки из древесины-всепогодки, откровенно говоря — бессмысленный шик, тем более что не достают до пола, и из-под них торчат соседские джутовые сандалеты, да к тому же сочатся пропиткой, не дающей гнить во влажном тропическом воздухе. Единственная польза — прятать деньги в них удобнее, чем на дне дождевой бочки, завернув в три слоя собачьей шкуры, которая за полгода — по крайней мере Хок Сен на это очень рассчитывает — не промокла.

Он замирает.

В соседней комнате слышен шорох, однако, не похоже, что кто-то обратил внимание на скребущие звуки. Хок Сен снова начинает вытаскивать потайную нишу у стыка бамбуковой панели, тщательно собирая деревянное крошево — еще пойдет в дело. Всё зыбко — вот первый урок. Ян гуйдзы — заморские дьяволы — усвоили его в эпоху Свертывания; когда не стало нефти, им пришлось удирать на родину. Хок Сен осознал эту истину в Малакке. Всё зыбко, ничто не безопасно. Был богач — стал нищий. Был шумный китайский клан, весело и сыто пирующий свининой, жареным рисом и цыпленком по-хайнаньски во время новогодних праздников, а теперь — один тощий беженец-желтобилетник. Ничто не вечно. Хотя бы буддисты это хорошо понимают.

Безрадостно улыбнувшись, он продолжает осторожно скрести по черте, проведенной под потолком поперек панели, и сыпать мелкими прессованными опилками. Сейчас Хок Сен живет в роскоши: у него есть собственная москитная сетка в заплатах, небольшая горелка, в которой дважды в день можно разжигать зеленый метановый огонек, если, конечно, будет желание заплатить пилиену, местному

старейшине, за нелегальную врезку краника в трубы, питающие городские фонари. А на заднем дворе — умопомрачительная роскошь — стоят его личные глиняные дождевые бочонки, которые никто никогда не украдет — соседи — люди честные, хотя и отчаянно бедные, и знают, что у всего должен быть предел, понимают, что даже самые нищие и самые бесшабашные знают, какие границы нельзя переходить, а потому бочки, забитые зеленой слизью комариных яиц, никуда не денутся, даже если самого Хок Сена убьют на пороге дома или какой-нибудь бандит — как лентг вздумает изнасиловать соседскую жену.

Затаив дыхание и стараясь не шуметь, старик поддевает маленькую панель в бамбуковой распорке. Место он выбирал долго: здесь под темной черепичной крышей удобно выступают стропила — сплошные углы, стыки и ниши. Пока в трущобах просыпаются, недовольно бурчат и закуривают первую сигарету соседи, Хок Сен, обливаясь потом, устраивает тайник. Глупо хранить здесь столько денег. А если пожар? Если какой-нибудь дурак случайно опрокинет свечу и дерево вспыхнет? Или бандиты возьмут его тут в осаду?

Старик бросает работу и протирает взмокший лоб.

«Совсем обезумел. Кто за мной придет? Зеленые повязки — по ту сторону границы, в Малайе, королевские войска их сюда не пустят. Пусть даже нападут, им еще через свой архипелаг пробираться — это несколько дней на пружинных поездах, и то если королевская армия не подорвет железную дорогу. Транспортом на угольной тяге — минимум сутки. Иначе только пешком, то есть не одну неделю. Масса времени. Так что бояться нечего».

Наконец дрожащими пальцами он снимает панель и запускает тощую руку в цилиндрическую, водонепроницаемую от природы полость. За долю секунды Хок Сен успевает подумать, что его ограбили, но тут же нащупывает бумагу и начинает один за другим выуживать рулоны банкнот.

В соседней комнате Сунан и Мали обсуждают идею одного родственника, который предлагает им тайком забрать с закрытого на карантин Ко Ангрита¹ и привезти контрабандой партию ананасов, зараженных цибискозом. Быстрый заработок, если не побояться взять этот запрещенный продукт у компаний-калорийщиков.

Слушая их бормотание, Хок Сен засовывает баты в конверт, а конверт — за пазуху. Стены вокруг забиты бриллиантами, купюрами и нефритом, и все равно брать деньги ему поперек души, поперек запасливой натуры.

Он ставит панель на место, замазывает трещины смесью из опилок и слюны, отступает и придирчиво оглядывает бамбуковый столб: почти ничего не видно. Если не знать, что надо отсчитать четыре колена снизу, не догадаешься, куда смотреть и где искать.

У любого хранилища свои недостатки: банкам нельзя верить, тайники не защищать, а комнату в трущобах могут ограбить, пока тебя нет дома. Старику нужно другое, безопасное место, где можно прятать опиум, камни и деньги. И себя — за это он готов заплатить сколько угодно.

Все преходящее — так говорит Будда. В молодости Хок Сену были безразличны и карма, и дхарма, но с возрастом он стал понимать религию своей бабки и горькую правду этой веры. Его удел — страдания, а привязанности — их источник. И все равно он не может заставить себя не копить, не готовиться к будущему и не беречь отчаянно свою жизнь, которая пошла совсем не так.

«За какие грехи мне такая судьба? Зачем я видел, как людей моего клана рубят окровавленными мачете, как горят мои фабрики и тонут корабли?».

Он закрывает глаза и гонит прочь дурные воспоминания. Сожалеть — тоже значит страдать.

Вздохнув, старик неуклюже встает, оглядывает комнату — все ли на месте, — толкает застревающую в грязи дверь, выходит в необычайно тесный проход между

¹ Английский остров.

лачугами, который служит трущобам центральной улицей, и запирает дом полоской кожи — заматывает его простым узлом. В хижину залезали и будут залезать. На то и расчет: большой замок привлечет ненужное внимание, а нищенская веревочка вряд ли кого-нибудь соблазнит.

Путь из Яоварата¹ лежит сквозь тяжелые тени, мимо людей, сидящих на корточках вдоль дороги. Жар сухого сезона давит с такой силой, что едва возможно дышать; облегчения не приносит даже вид проступающей вдали дамбы Чао-Прайи, спасения от пекла нет нигде. В трущобах станет почти прохладно, если прорвет плотину и лачуги затопит, но до тех пор Хок Сен вынужден пробираться узкими закоулками, обливаясь потом и обтирая плечами отшлифованные жестяные стены.

Он перепрыгивает забитые дерьмом канавы, балансирует на перекинутых досках, обходит женщин, окутанных паром от котлов, где варится бобовая лапша из ютекса и вонючая сушеная рыба. Редкие тележки-кухни, принадлежащие тем, кто подкупил белых кителей или пилиенов, густо коптят на всю округу удушливым дымом печек, в которых жгут навоз, и горелым перченым маслом.

Хок Сен кое-как обходит запертые на три замка велосипеда и ступает осторожно — одежда, мусор и кастрюли выпирают на дорогу из-под тряпичных стен. За перегородами кипит своя жизнь: кто-то кашляет, умирая от отека легких, женщина сетует на сына, который все время пьет рисовую водку лао-лао, маленькая девочка грозит поколотить брата. В брезентовых трущобах нет личной жизни, перегородки — не более чем учтивая видимость, но тут лучше, чем в загонах для желтобилетников, в небоскребах эпохи Экспансии; для старика жить здесь — настоящая роскошь, к тому же тут безопаснее, чем было в Малайе. Если не выдавать себя акцентом, все принимают за местного.

И все же Хок Сен скучает по Малайе. Пусть его семью считали чужаками, но был ведь там родовой дом с мраморными полами и залами с лаковыми колоннами, звонкие голоса детей, внуков и слуг, были цыпленок по-хайнаньски, лакса асам, копи и роти канай.²

Он тоскует по своим кораблям, построенным на верфях «Мисимото», по их командам (разве не нанимал он темнокожих, и те даже служили капитанами?), что пересекали под парусом полмира, ходили в самую Европу с грузом чая, устойчивого к долгоносикам, а возвращались с дорогими коньяками, которых тут никто не видел со времен Экспансии. По вечерам Хок Сен вкусно ужинал в компании жен, и голова болела лишь о том, что сын не прилежен в занятиях, а дочь никак не найдет хорошего мужа.

Как же глуп был он тогда — воображал себя настоящим морским торговцем, совершенно при этом не умея предчувствовать перемены.

Из-под полога какой-то лачуги вылезает девочка — еще слишком маленькая, невинная, не разбирает, кто свой, кто чужой — это ей пока совсем не важно. На зависть старику, у которого ноет каждая кость, ребенка так и переполняют силы. Мальшка смотрит на Хок Сена с улыбкой.

Такой могла бы быть и его дочь.

Стояла душная непроглядная ночь. Малайские джунгли наполнялись криками птиц и ритмичным стрекотанием насекомых. Впереди совсем близко плескали темные воды гавани. Вместе с последним, кто выжил из родни — четвертой дочерью, бесполезным, ненужным ребенком, — он сначала тихо сидел среди свай причала и покачивающихся лодок, а когда совсем стемнело, отвел ее к воде — туда, где волны били о берег, под черное небо, усыпанное золотыми точками звезд.

— Смотри, Ба. Золото, — прошептала она.

В другой жизни он ответил бы, что звезды — и в самом деле золотые крупинки,

¹ Китайский квартал Бангкока. Получил название от своей центральной улицы.

² Лакса асам — кислый рыбный суп с овощами и лапшой. Копи — кофе (малайск.). Роти канай — слоистая лепешка.

что всё они принадлежат ей, потому что она китаянка, а если усердно трудиться, чтить предков и традиции, то непременно достигнешь процветания. И вот сейчас под Млечным Путем, под этим живым одеялом из густой золотой пыли, кажется, протяни руку, сожми кулак — и звезды потекут между пальцами.

Золото всюду, но его нельзя даже потрогать.

Между постукивавших друг о друга рыбацких лодок и пружинных суденышек он нашел веселую шлюпку, вывел на глубину и направил по течению в залив — черную крапинку среди переливов океанской глади.

Ночь, к несчастью, стояла ясная, зато безлунная. Он долго греб, пока вокруг не заплясала стайка морских карпов, выставив напоказ толстые белые животы — такими их сделали люди из его клана, чтобы накормить голодающую страну. Он вынул весла из воды, рыба окружила лодку; брюхо каждой сыто раздулось от крови и хрящей своих создателей.

Наконец шлюпка дошла до цели — стоявшего на якоре тримарана, где ночевала команда с корабля Хафиза. Он перелез на борт и неслышно зашагал вперед, разглядывая людей, которые мирно храпели, уверенные в том, что вера убережет их сон — живые и спокойные за себя, в отличие от него, человека, у которого не было абсолютно ничего.

Руки, плечи и спина по-стариковски ныли после долгой работы веслами, как у всякого человека, не привыкшего к физическому труду.

Он шагал очень тихо, всматривался в лица и думал, что уже слишком стар для бесцельной борьбы за выживание, однако все еще не способен ее бросить — хоть один человек из клана должен остаться, пусть даже это маленькая девочка, которая никогда ничего не сделает во имя предков. Небольшой фрагмент ДНК все-таки надо спасти.

Наконец он нашел того, кого искал, присел, осторожно коснулся человека, прикрыл ему рот ладонью и позвал:

— Старина!

— Эньцык¹ Тань? — Тот широко распахнул глаза и как был — лежа, полуодетый — протянул руку в приветственном жесте, но, сообразив, что обстоятельства изменились, отвел ее в сторону и обратился так, как раньше никогда не посмел бы: — Хок Сен? Вы еще живы?

Старик недовольно скривил губы.

— Мне и вот этому бесполезному отпрыску надо на север. Нужна твоя помощь.

Хафиз сел, сонно потер лицо, быстро оглядел спящих вокруг и прошептал:

— Если я тебя сдам, то неплохо заработаю. Глава «Трех удач»! Да я просто разбогатею.

— Ты и так не бедствовал, когда работал со мной.

— За одну твою голову дают больше, чем за все черепа китайцев, которые выставили на улицах Пинанга.² К тому же мне это ничем не грозит.

Хок Сен уже гневно раскрыл рот, но Хафиз знаком велел молчать, потом отвел на палубу — подальше, к леерам — и, почти прижав губы к его уху, сказал:

— Ты понимаешь, как я рискую? В семье завелись зеленые повязки. И кто — мои собственные сыновья! Здесь совсем небезопасно.

— Думаешь, я не знал?

Хафиз, глядя в сторону, проговорил:

— Ничем не могу помочь.

— Вот так ты отвечаешь на мою доброту? Разве я не пришел к тебе и Ране на свадьбу, не одарил вас щедро, не пировал в вашу честь десять дней? Разве я не дал Мохаммеду денег на вступительный взнос в колледж в Куала-Лумпуре?

— Вы еще много чего для меня сделали, и я вам многим обязан, — с поклоном

¹ Обращение к младшему брату отца {кит.}).

² Город и порт в Малайзии.

ответил Хафиз. — Но все изменилось. Крутом зеленые повязки. Те, кто кричал «ура» желтой чуме, теперь дорого за это платят. А я за вашу голову смогу купить своей семье спокойствие. Простите, но это так. Даже не знаю, что меня сейчас останавливает.

— У меня есть бриллианты, есть нефрит.

Хафиз вздохнул и повернулся к Хок Сену широкой мускулистой спиной.

— Возьму камни — захочу забрать жизнь. Раз уж речь пошла о вознаграждении, то вы дороже любых денег. Так что не надо соблазнять богатствами.

— Вот как, значит...

Хафиз умоляюще посмотрел на Хок Сена и сказал:

— Завтра я скажу им, где стоит ваша «Утренняя звезда», отрекись от прошлых дел, а если хватит ума, то вместе с кораблем сдам и вас. Все, кто сотрудничал с желтой чумой, сейчас под подозрением. Мы жирели на вашем китайском бизнесе, процветали на вашей щедрости, а теперь нас ненавидит вся Малайя. Страна стала совсем другой. Люди голодают — голодают и злятся, а нас зовут пиратами-калорийщиками, барыгами, желтыми собаками, и рот им не заткнешь. Вашу кровь уже пролили, а что с нами делать, еще не придумали. Не стану я ради вас рисковать семьей.

— Ты можешь пойти на север с нами. Поплывем вместе.

Хафиз вздохнул.

— Зеленые повязки уже прочесывают побережье, ищут беженцев. Всех, кого ловят, убивают. Свои сети они расставили добротню.

— Но мы же хитрые. Хитрее их. Проскользнем.

— Никак не проскользнем.

— Откуда ты знаешь?

Хафиз потупил взгляд.

— Сыновья рассказывали.

Хок Сен резко помрачнел и крепче сжал руку дочери.

— Простите. Мне теперь до самой смерти жить с этим позором, — проговорил Хафиз, потом резко развернулся, быстро ушел на камбуз и вскоре вынес оттуда несколько неиспорченных манго, папайю, мешок ю-текса и цибискозную дыню марки «Пур Калория». — Вот, держите. Мне очень жаль, что больше ничего не могу для вас сделать. Очень жаль. Но я тоже должен выживать. — С этими словами он проводил Хок Сена к борту.

Месяц спустя старик переходил границу — его предали контрабандисты-перевозчики, и теперь он в одиночку пробирался через джунгли, которые кишели паразитами.

К тому времени Хок Сен уже был наслышан об убийствах тех, кто раньше помогал китайцам: их стогнали вместе и целыми толпами сбрасывали со скал в море в сильный прибой — кто-то разбивался о камни, кого-то расстреливали прямо в воде.

Теперь старик часто думает о Хафизе — погиб ли он, как остальные, или «Утренняя звезда» — последний парусник из флотилии «Трех удач», который отдал ему Хок Сен, — помог откупиться и спасти себя и семью. Или за него заступились сыновья. А может быть, они равнодушно смотрели, как отец платит за свои бесчисленные грехи.

— Дедушка! У вас все хорошо? — Маленькая девочка осторожно трогает Хок Сена за руку и смотрит широко раскрытыми темными глазами. — Если хотите пить, мама даст вам кипяченой воды.

Старик хочет что-то сказать, но только кивает и идет дальше. Речь выдаст в нем беженца. Лучше не выделяться. Лучше, если никто не будет знать, что он живет здесь благодаря странной прихоти белых кителей, Навозного царя и несколькими поддельным штампом в желтом билете. Лучше никому не доверять, даже самым дружелюбным. Сегодня эта девочка мило улыбнулась, а завтра камнем раз-

можит череп ребенку — вот правда жизни. Можно думать, что существуют верность, преданность, доброта, но они, как те дьявольские коты, очень быстро превращаются в пустоту.

Спустя десять минут он выходит из лабиринта кривых улочек к морской дамбе. Конструкцию, возведенную для спасения города Рамой XII, плотно облепили хиба-ры. Чань-хохотун сидит возле тележки, с которой продают пищу, и ест джок; над кашей из ю-тексовского риса поднимается пар, в густом соусе плавают кусочки какого-то мяса. Прежде Чань-хохотун работал надсмотрщиком на плантации — полторы сотни человек под его началом подрезали кору на каучуковых деревьях и собирали латекс. Теперь организаторским талантам нашлось новое применение: он командует работягами, которых зовут разгружать мегадонтов, парусники и дирижабли, если вдруг тайцев не берут туда за лень, тупость и медлительность или если ему удастся подкупить кого-нибудь из чиновников рангом повыше, чтобы накормить свою желтобилетную команду. Есть у него и другие занятия: доставлять с реки в башни Навозного царя опиум и ябу — метамфетаминовые таблетки с кофеином — или, наплевав на запрет министерства природы, тайком вывозить с Ко Ангрита агрогеновскую сою-про.

У него нет одного уха и четырех зубов, но это совсем не мешает ему улыбаться. Он сидит, по-идиотски скалясь во весь рот и выставя напоказ дыры, а глаза беспрестанно следят за прохожими. Хок Сен занимает соседний стул, перед ним ставят такую же плоскую горячую джок. Теперь они вдвоем едят ю-тексовскую кашу, пьют кофе — почти такой же хороший, как был когда-то на юге, — и глядят по сторонам: то на повариху, которая положила им рис, то на людей, сторбившихся над тарелками за соседними столиками, то на велосипедистов, лавирующих в общем потоке. Оба — желтобилетники, быть все время настороже для них так же естественно, как для чеширов — ловить птиц.

— Готов? — спрашивает Чань-хохотун.

— Надо еще повременить. Твоих не должны заметить.

— Не бойся — мы теперь даже ходим почти как тайцы. — Чань довольно скалится дырками между зубов. — Совсем мы стали как местные.

— Собакотраха знаешь?

Чань-хохотун судорожно кивает — ему больше не до смеха.

— Сукрит меня тоже знает. Я останусь под дамбой, со стороны деревни, на глаза не попадусь. Смотрящими поставлю А Пина и Питера Сяо.

— Тогда ладно.

Хок Сен доедает джок и платит за обе их порции. Когда рядом Чань-хохотун со своими людьми, ему как-то спокойнее. Но все равно риск велик. В случае чего Чань будет слишком далеко и помочь не успеет, разве только отомстит когда-нибудь позже. Да и то, если подумать, не так уж много старик ему заплатил, чтобы рассчитывать на месть.

Чань-хохотун неспешной походкой исчезает за тряпичными лацугами. Хок Сен бредет сквозь раскаленный неподвижный воздух мимо хижин вверх по крутой ухабистой тропинке в сторону дамбы. Каждый шаг отдается в коленях болью. Наконец он выходит на вершину широкой насыпи, которая бережет город от океанских приливов.

Выйти из вонючих трущоб и почувствовать, как морской бриз прижимает к телу одежду, — это счастье. Солнце сияет на зеркальных волнах ярко-голубого океана. По дорожке, дыша свежим воздухом, гуляют люди. Поодаль, на краю насыпи огромной жабой сидит одна из угольных помп Рамы XII: на кожухе проступает знак рака-Коракота, из труб валит дым и пар.

Созданные гением короля насосы пускают свои хоботы глубоко под землю, выкачивают воду и не дают Бангкоку утонуть. Семь машин не прекращают работу даже в сухое время года. В сезон дождей, когда промокшие до костей люди плавают по улицам на лодках, радуясь, что муссоны пришли в положенное время и что дамба

выдержала, включают все двенадцать помп, помеченных каждая своим знаком зодиака.

Хок Сен спускается по внешней стороне насыпи к докам. Крестьянин с заваленной кокосами плоскодонки протягивает ему зеленый орех со срезанной верхушкой — предлагает попить. Вдали из воды выступают вершины зданий Тонбури, бывшего округа Бангкока. По волнам снуют лодки и парусники, рыбацкие ялики тянут сети. Старик глубоко вдыхает пропитанный запахом рыбы и водорослей соленый воздух. Вот она — морская жизнь.

Мимо проходит японское судно: корпус из полимеров пальмового масла, парус — длинный и белый, как чайчье крыло. Гидрокрыла пока не видно, но в открытом море пружинная пушка вытолкнет все остальные паруса, и корабль подпрыгнет над водой, будто большая рыба.

Хок Сен вспоминает, как стоял на палубе своего первого судна, а оно летело по волнам словно «блинчик», пущенный ребенком; хохотал, когда нос врезался в буруны и брызги окатывали его с ног до головы. Он тогда сказал старшей жене: «Нет ничего невозможного, будущее принадлежит нам».

Старик садится у самой воды, допивает молоко и кивком подзывает беспризорника, который стоит неподалеку и наблюдает. «Смышленный вроде». Ему бывает приятно вознаградить того, кому хватает ума и терпения узнать, что произойдет дальше. Хок Сен отдает кокос мальчишке, тот благодарно кивает и убегает наверх, где сначала разбивает орех о куски бетона, а потом, сев на корточки, начинает выковыривать ракушкой нежную сочную мякоть и жадно есть.

Вскоре приходит Собакотрах. На самом деле его зовут Сукрит Камсинг, но желтобилетники редко произносят настоящее имя — за долгое время к нему скопилось слишком много злобы, — а потому с ненавистью и страхом все говорят «Собакотрах». Это коренастый, мускулистый, поднакопивший калорий человек. Он идеально подходит для своей работы, как мегадонт — для превращения еды в джоули. Руки по самые плечи покрыты бледными шрамами. С того места, где когда-то был нос, на Хок Сена глядят две темные вертикальные щели — с ними лицо больше напоминает свиное рыло.

Желтые билеты спорят: сам он запустил фаган, и похожий на цветную капусту нарост проник настолько глубоко, что врачам пришлось срезать все до костей, или это Навозный царь так его за что-то проучил?

Собакотрах садится рядом, темные глаза тяжело смотрят на Хок Сена.

— Эта твоя докторша Чан принесла мне письмо...

— Организуй мне встречу с твоим боссом.

Собакотрах отвечает с усмешкой:

— Я сломал ей пальцы и затрахал до смерти за то, что нарушила мой сон.

Хок Сен ничем не выдает эмоций. Может, Собакотрах врет, может, нет — тут не угадаешь, но проверяет — это точно; смотрит, дрогнет ли старик, станет ли торговаться. Возможно, доктора Чан больше нет. Тогда это еще один камень на весы его кармы.

— Думаю, твой босс благосклонно воспримет мое предложение.

Собакотрах рассеянно почесывает вокруг длинной ноздри.

— Тогда почему мы сидим здесь, а не у меня в офисе?

— Люблю просторы.

— У тебя тут что — люди везде стоят? Тоже желтобилетники? Думаешь, помогут?

Хок Сен только пожимает плечами и смотрит вдаль на корабли, на паруса, на этот большой манящий мир.

— Хочу предложить твоему шефу сделку. Золотое дно.

— Мне сначала расскажи.

— Нет. Только ему и только лично.

— Он не встречается с желтобилетниками. А может, просто взять да скормить тебя пла-красноперкам прямо тут? Как зеленые повязки когда-то на юге?

— Ты знаешь, кто я такой.

— Кем был — знаю, ты написал. — Он чешет вдоль ноздри-прорези и пристально разглядывает старика. — А здесь ты просто желтый билет.

Хок Сен молча протягивает ему полотняный мешочек, набитый деньгами. Собакотрах глядит на кошелек с подозрением и не берет.

— Это еще что?

— Подарок. Возьми и посмотри.

Тот явно заинтересован, но осторожничает. Хорошо, что он не из тех людей, которые, не раздумывая, суют руку в мешок, а вытаскивают скорпиона. Собакотрах развязывает тесемки и вытряхивает содержимое. На грязный, заваленный ракушками берег звонко сыплются деньги. Безносый ошеломленно смотрит на монеты, а старик старательно прячет улыбку.

— Передай Навозному царю: Тань Хок Сен, глава торговой компании «Три удачи», имеет к нему деловое предложение. Доставь сообщение — и будешь щедро вознагражден.

— Знаешь что — я, пожалуй, просто возьму деньги, а моим парням велю бить тебя до тех пор, пока не скажешь, где ты, китаец-параноик, спрятал все свои богатства, — с ухмылочкой говорит Собакотрах.

Хок Сен молчит, на лице — каменная маска.

— И про ребят Чаня-хохотуна, которые тут стоят, я знаю — за ним должок за неуважение.

Удивительное дело: старик нисколько не боится. Он живет в постоянном страхе перед всем подряд, но главные герои его ночных кошмаров — совсем не мордовороты пи-лиены вроде Собакотраха. Этот бизнесмен, а не белый китель, которого распирает патриотизм и желание вызвать к себе уважение. Все, что ни делает безносый, — все только ради денег. Они с Хок Сеном — две части одного экономического организма, пусть и далекие друг от друга, но по большому счету родные, как братья. Мысль об этом придает ему уверенности.

— Тут лишь вознаграждение за твои труды. А предлагаю я — всем нам — гораздо больше. — С этими словами он достает еще два предмета. Первый — письмо. — Отдай своему хозяину. И не вскрывай. — Потом протягивает небольшую коробочку из бледно-желтого полимера пальмового масла, с выходящими сбоку универсальным валом и крепежными скобами.

Собакотрах крутит ее в руках и недовольно спрашивает:

— Пружина? Она-то еще зачем?

— Прочтет письмо — узнает, — с улыбкой бросает Хок Сен, встает и, не дожидаясь других вопросов, уходит. Впервые с тех пор, как зеленые повязки сожгли дотла его склады и пустили ко дну корабли, он ощущает силу и уверенность, чувствует себя мужчиной — даже шагает бодрее, забыв о хромоте.

Станут ли за ним следить люди Собакотраха, неясно, поэтому Хок Сен не торопится, зная, что и они, и парни Чаня-хохотуна где-то поблизости — приглядывают, незаметным оцеплением идут вокруг по переулкам, все глубже погружаясь в трущобы.

Наконец он видит широко улыбающегося Чаня.

— Тебя отпустили!

Старик протягивает ему деньги.

— Ты хорошо поработал. Хотя он и знал о твоих ребятах. — Потом вручает еще один рулончик банкнот. — Вот, откупись от него.

Чань-хохотун радостно смотрит на предложенное богатство.

— Тут в два раза больше, чем я должен. Даже Собакотрах зовет нас поработать, если не хочет рисковать сам и вывозить сою-про с Ко Ангрита.

— Бери, бери.

Чань-хохотун пожимает плечами и сует деньги в карман.

— Ну, спасибо за щедрость. Очень кстати, тем более что якорные площадки на-

крылись.

Хок Сен, уже готовый идти дальше, замирает и переспрашивает:

— Что ты сказал про якорные площадки?

— Их закрыли. Прошлой ночью белые кители устроили налет, и теперь там все опечатали.

— А опечатали-то зачем?

— Не знаю. Говорят, их спалили дотла и там теперь один пепел.

Хок Сен, больше ни о чем не спрашивая, срывается с места и бежит так быстро, как только позволяют старческие ноги, кляня себя последними словами за то, что был дураком, не держал нос по ветру, разрешил себе не просто выживать, а желать большего.

Всякий раз, когда он строит планы на будущее, что-то идет не так. Стоит чуть распрямить спину, как мир тут же наваливается всем своим весом и прижимает к земле.

На Тханон Сукхумвит он подбегает к газетчику, начинает нервно перебирать газеты, печатные листки, буклеты с удачными комбинациями для азартных игр и предсказаниями имен чемпионов по муай-тай.

Хок Сен рывком листает страницы и чем дальше смотрит, тем сильнее приходит в ярость.

Во всех до единой газетах он видит улыбающееся лицо Джайди Роджанасукчай, неподкупного Бангкокского тигра.

7

— Смотри! Я теперь знаменитый!

Джайди пристраивает печатный листок со своей фотографией к лицу и ухмыляется Канье. Та не отвечает на улыбку, и он ставит газету назад на стойку, сплошь забитую его изображениями.

— Ну да, ну да, не очень похож. Наверное, журналисты подкупили кого-нибудь из отдела кадров. Тут я моложе, — грустно вздыхает Джайди.

Канья по-прежнему молчит, угрюмо уставившись на воды клонга. Целый день они ловили контрабандистов, перевозящих вверх по реке продукты «Пур Калории» и «Агрогена», мотались под парусом по всему устью, а Джайди так и не смог унять ликование по поводу своих фото в газетах.

Главной их добычей стал парусник, стоявший на якоре прямо у доков. Якобы индийское торговое судно, державшее курс на Бали, оказалось под завязку набитым ананасами, устойчивыми к цибискозу. До чего отрадно было слушать, как на-чпорта и капитан наперебой придумывали оправдания, пока белые кители засыпали груз щелоком, стерилизуя и делая его непригодным в пищу. Вся прибыль от контрабанды насмарку.

Джайди листает другие газеты, прикрепленные к стенду, и в «Бангкок морнинг пост» находит еще один свой снимок: он, тогда еще участник боев по муай-тай, хохочет после очередного поединка на Лумпини.

— Вот эта ребятам понравится.

Потом читает статью: министр Аккарат кипит от злости, а в министерстве торговли Джайди называют вандалом. Удивительно, что не предателем или террористом. Такая сдержанность только подчеркивает их бессилие.

Не сдержав улыбки, он показывает страницу Канье.

— А хорошо мы их зацепили.

Та по-прежнему и ухом не ведет.

Чтобы не замечать ее дурное настроение, нужна некоторая привычка. Поначалу он думал, что Канья просто глупа — это вечно бесстрастное выражение лица, это полное безразличие к шуткам. Казалось, у нее начисто отсутствует тот орган, который, как глаза на свет или нос на запахи, должен реагировать хотя бы на

самый очевидный повод для санука.

— Пора назад в министерство, — говорит она и смотрит на спящие по клонгу суда — ищет новую цель.

Джайди отдает газетчику деньги. В этот момент мимо проплывает речное такси.

Канья делает знак рукой — судно подходит ближе. Маховое колесо протяжно гудит от накопленной энергии, кильватерные волны плещут о набережную. Половину корабля занимают огромные пружины. Богатые китайцы — чаочжоуские бизнесмены — теснятся на крытом носу, как утки, которых везут на забой.

Канья с Джайди запрыгивают на бортик снаружи пассажирской палубы. Девочка, которая продает билеты, берет у спустившегося следом человека тридцать батов, а двух белых кителей даже не замечает. Как и они — ее. Джайди, схватившись за леер, подставляет ветру лицо. Такси отчаливает и полным ходом идет в центр города, лавируя между веселыми плоскодонками и лонгтейлами.¹ Мимо мелькают кварталы лавочек и ветхих домишек с развешенными на солнце яркими пятнами саронгов, пасинов и кофт, женщины окунают в бурую воду клонга длинные черные волосы.

Судно резко сбрасывает обороты. Канья вытягивает шею.

— В чем дело?

Прямо по курсу, перегородив почти весь канал, лежит дерево. Около единственного узкого прохода теснятся лодки.

— Бодхи.² — Джайди смотрит по сторонам, запоминая ориентиры. — Надо будет монахам сказать — кроме них, убирать его никто не станет и на дрова, чтобы не накликать беду, не возьмет, хотя топлива не хватает.

Их речное такси стоит, покачиваясь на волнах, среди целой флотилии суденышек, которые пытаются пролезть в узкую протоку между берегом и кроной священного дерева.

Джайди, нетерпеливо кашлянув, достает значок министерства и кричит:

— Дорогу, друзья! Государственное дело! Дорогу!

При виде символа власти и белоснежной формы рулевые торопливо отводят свои плоскодонки в сторону. Человек, ведущий такси, бросает на Джайди признательный взгляд, запускает пружины и направляет корабль прямо в гущу лодок.

Оказавшись у голых ветвей, пассажиры в знак почтения отвечают рухнувшему стволу глубокие поклоны: складывают ладони и касаются ими лба — делают вай.

Так же поступает и Джайди, потом протягивает руку — пальцы скользят по испещренной мелкими отверстиями коре; если ее снять, вскрыется тончайшая сеть червоточин — причина, по которой дерево погибло. Бодхи, священное бо — под таким Будда достиг просветления. Люди не смогли спасти этот вид — как они ни старались, не выжил ни один сорт фикуса, бежевый жучок одолел все до единого. Когда ученые опустили руки, в ход пошли крайние, отчаянные методы — жертвоприношения и молитвы Пхра Себ Накхасатхиену, но все было тщетно.

Словно прочитав его мысли, Канья произносит негромко:

— Не сумели мы сберечь все растения.

— Мы даже одно сберечь не сумели. — Пальцы Джайди скользят по канальцам, оставленным бежевými жучками. — На этих фарангах столько вины, а Аккарат так и рвется вести с ними дела.

— Только не с «Агрогеном».

Он кривит рот и убирает руку с упавшего дерева.

— С ними — нет, а с другими такими же — да. С генхакерами, с калорийщиками, даже с «Пур Калорией», когда с урожаем совсем плохо. Иначе зачем мы разрешаем

¹ Традиционные тайские лодки — длинные и узкие, как правило, с навесом.

² Бодхи — Дерево Будды, фикус священный из семейства тутовых. У индуистов и буддистов считается священным, поскольку под его кроной Будда достиг просветления. Европейцы стали называть это дерево баньян.

им сидеть на Ко Ангрите? Затем, что могут понадобиться, будет к кому идти в случае чего, будет кого умолять дать нам риса, пшеницы и сои.

— У нас теперь есть свои генхакеры.

— Хвала дальновидности его королевского величества Рамы XII.

— И Чаопрайе¹ Ги Бу Сену.

— Чаопрайе... — Он морщится. — Как вообще можно давать злодеям такие достойные титулы?

Канья пожимает плечами и решает не трогать болезненную тему.

Вскоре бодхи остается позади, и они сходят на берег у моста Синакарин. Запах от палаток с едой заставляет Джайди свернуть в узенький переулок-сой.

— Сомчай говорит, тут есть тележка, где делают хороший сом там.² Из здоровой папайи. — Он зовет Канью за собой.

— Я не голодная.

— И поэтому всегда мрачная.

— Джайди... — начинает девушка, но передумывает. Он замечает на ее лице беспокойство.

— В чем дело? Давай уж, договаривай.

— Непокойно мне из-за якорных площадок.

— Брось.

Впереди вдоль стены тесным рядом выстроились столы и тележки с едой. На выскобленных до чистоты столешницах аккуратно стоят тарелки с нам пла прик.³

— Видишь — Сомчай не соврал. — Джайди, отыскав нужную тележку, сначала внимательно рассматривает фрукты и специи, а потом заказывает на себя и на Канью, которая ждет рядом, мрачная, как туча.

— Потерять двести тысяч бат — это слишком даже для Аккарата, — замечает она, пока Джайди просит положить в сом там побольше чили.

Тот, глядя, как повариха перемешивает стружку зеленой папайи со специями, кивает:

— Конечно. Я понятия не имел, какие там деньги крутятся.

На такую сумму можно устроить целую лабораторию генного взлома или послать с инспекцией на фермы Тон-бури, где выращивают тилипию,⁴ пять сотен белых кителей... Джайди отбрасывает эти мысли. Двести тысяч всего за одну облаву. Пора-зительно.

Временами он думает, будто понимает, как устроен мир — по крайней мере до тех пор, пока не приподнимет крышку над новой для себя частью божественного города и не обнаружит кучу разбегающихся тараканов там, где совершенно не ожидал их увидеть. Сюрприз так сюрприз.

Джайди подходит к следующей тележке. На подносах лежат ростки редстаровского бамбука, свинина, густо пересыпанная перчиками чили, и прожаренные до хруста змееголовы в кляре — их только сегодня выловили в Чао-Прайе. Он заказывает еще еды (на двоих), сато, приседает за свободный столик и смотрит, как им подают блюда.

Рабочий день окончен, Джайди раскачивается на бамбуковой табуретке, чувствует в животе тепло от рисового пива и не может без улыбки глядеть на суровое выражение лица своей подчиненной.

Канья, как всегда, мрачна; даже хорошая еда не влияет на ее настроение.

— Кун Пиромпакди жаловался на вас в главном управлении. Сказал, дойдет до генерала Прачи — забудете, как улыбаться.

1 Чаопрайя (тайск.) — один из высших титулов времен феодализма в Таиланде. Примерно соответствует европейскому великому герцогу.

2 Острый салат.

3 Традиционный тайский рыбный соус.

4 Рыба из отряда окунеобразных.

— Напугал. — Джайди отправляет в рот несколько перчиков.

— Якорные площадки — вроде как его территория. Он их крышует и собирает там взятки.

— Сначала ты боишься Торговли, теперь Пиромпакди. Да этот старик от вида собственной тени вздрагивает. Прежде чем есть, жену заставляет пробовать пищу — думает, как бы его не заразили пузырьчатой ржой. Взбодрись. Улыбайся больше, смейся хоть иногда. Вот, выпей. — Он подливает лейтенанту еще сато. — Когда-то наш край называли страной улыбок. — Джайди изображает, как это было. — А ты сидишь тут с таким кислым видом, будто целый день лимоны ела.

— Видимо, сейчас меньше поводов для радости, чем тогда.

— Может, и так. — Он ставит стакан на занозистую столешницу и смотрит на него задумчиво. — Наверное, все мы натворили ужасных дел в прошлой жизни, раз теперь все так. Других объяснений не нахожу.

— Мне иногда является дух бабушки — бродит вокруг чеди рядом с нашим домом, — вздохнув, начинает Канья. — И говорит, что не станет перерождаться, пока мы тут порядок не наведем.

— Еще один пхи из эпохи Свертывания? Как она тебя нашла — разве вы обе родом не из Исаана?¹

— Да вот нашла. И очень мной недовольна.

— Тут я ее понимаю.

Джайди тоже встречал призраков — то на улице, то на деревьях. Пхи теперь повсюду — столько, что не сосчитать. Он видел, как они бродят по кладбищам, льнут к изъеденным стволам бо и глядят на него сердито.

Медиумы, как один, говорят: пхи просто с ума сходят от злости, потому что не могут переродиться — их уже скопилась огромная толпа, как на вокзале Хуа-ламхонг² в выходной день в ожидании поезда на море, но ждут реинкарнации тщетно: ни один не заслужил страданий этого мира. А Аджан Сутхеп и другие монахи вроде него считают, что это все ерунда. Сутхеп продает амулеты, которые отгоняют пхи, и знает: люди видят всего лишь голодных духов, а те появились оттого, что кто-то умер не своей смертью, съев овощи, зараженные пузырьчатой ржой. Любой может прийти с пожертвованием либо к нему в храм, либо в храм Эраван³ и сделать подношение Бrame — заплатить местным танцорам, чтобы те исполнили свой ритуал,⁴ и купить себе надежду на то, что призраки, успокоившись, продолжат свой путь к воплощению. На такой исход тоже можно рассчитывать.

Все равно призраков кругом много — спроси любого. Каждый — жертва «Агрогена», «Пур Калории» и им подобных.

— По поводу слов твоей бабушки — не принимай на свой счет. Однажды в полнолуние я видел, как пхи толпились и возле министерства природы — несколько десятков сразу, — говорит Джайди и продолжает с грустной улыбкой: — Вряд ли тут можно что-то исправить. Я как подумаю, среди чего растут Ниват и Сурат... — Он обрывает себя, не желая открываться Канье больше, чем хотел бы. — Да ладно, мы дали отличный бой. Еще бы взять за жабры какого-нибудь начальника «Агрогена» или «Пур Калории», придушить или дать ему распробовать, что такое пузырьчатая ржа АГ134, — вот это было бы большое дело. После такого можно умирать спокойно.

— Вы, наверное, тоже не переродитесь. Вы слишком хороший для такой адской жизни.

¹ Регион на северо-востоке Таиланда.

² Центральный железнодорожный вокзал Бангкока.

³ Индуистский храм в Бангкоке.

⁴ Посетители, чьи молитвы были услышаны, платят местным танцевальным труппам, чтобы те исполнили благодарственный танец.

— Ели повезет — воплощусь в Де-Мойне и подорву их генхакерские лаборатории.
— Хорошо бы так.

Что-то в голосе Каньи настораживает Джайди.

— Что тебя беспокоит? Почему такая грустная? Я вот уверен, что мы появимся в каком-нибудь прекрасном месте. Оба — и ты, и я. Только подумай, сколько добра мы сотворили за одну прошлую ночь. Когда мы подожгли груз, я подумал, что эти таможенники-хийя вот-вот обделаются.

— Похоже, они никогда не встречали белых кителей, которых нельзя подкупить, — зло бросает Канья и этим тут же убивает все его хорошее настроение. Неудивительно, что в министерстве ее никто не любит.

— Да, так и есть. Берут все. Жизнь изменилась. Самого плохого люди уже не помнят и не боятся, что могут стать такими же, как раньше.

— А вы, связавшись с Торговлей, все глубже лезете кобре в пасть. После переворота двенадцатого декабря генерал Прача и министр Аккарат ходят кругами друг возле друга и только и делают, что ищут новый повод для драки. Их вражда никуда не делась. А вы еще сильнее разозлили Аккарата. Все теперь стало так шатко...

— Да, насчет своей выгоды я всегда был слишком джай рон. Чайя меня в этом тоже упрекает. Вот почему я и держу тебя рядом. Впрочем, об Аккарате не стоит беспокоиться — поплкнет ядом и утихнет. Он, может, и недоволен, но у генерала Прачи слишком много сторонников в армии, для новой попытки переворота хватит. После того как умер премьер-министр Суравонг, у Аккарата ничего, кроме денег, не осталось, он в изоляции. У него никакой поддержки — ни мегадонтов, ни танков. Бумажный тигр. И это ему хороший урок.

— Он опасен.

Джайди бросает на Канью серьезный взгляд.

— Кобры тоже. И мегадонты. И цибискоз. Кругом вообще сплошные опасности. А Аккарат... — Он пожимает плечами: — Что сделано, то сделано. Ничего уже не изменишь. Так зачем переживать? Май пен рай.¹ Выбрось из головы.

— Все равно вам надо быть поосторожней.

— Думаешь о том, на якорной площадке, которого Сомчай заметил? Он тебя напугал?

— Нет.

— Надо же. А вот я напугался. — Джайди оценивающе смотрит на Канью — решает, сколько правды можно ей доверить. — У меня очень нехорошее предчувствие.

— Серьезно? — Девушка поражена. — Вы напугались одного несчастного человека?

— Ну, уж не так, чтобы убежать и спрятаться за юбку жены... Я видел его раньше.

— Вы не рассказывали.

— Да я и сам поначалу не был уверен. Похоже, он из Торговли. — Джайди ненадолго задумывается. — Видимо, на меня опять открыли охоту. Может, снова пробуют убить. Что скажешь?

— Не посмеют. Вас же поддержала ее величество.

Он гладит себя пальцем по смуглой шее вдоль старого белого шрама, оставленного выстрелом из пружинного ружья.

— Не посмеют даже после якорных площадок?

— Тогда я назначу вам телохранителя, — с неожиданной злостью говорит Канья.

Эта вспышка заставляет Джайди захохотать, но на душе становится теплее и спокойней.

— Ты хорошая девушка, но я буду дурак, если возьму охрану. Все же поймут, что мне страшно. Какой я после этого тигр? На вот, поешь. — Он кладет Канье

¹ философская установка многих тайцев. Примерный смысл: все — не важно.

на тарелку еще рыбы.

— Я наелась.

— Брось, все свои. Ешь.

— Наймите телохранителя. Очень прошу.

— А я доверю свою охрану тебе. Этого будет вполне достаточно.

Девушка вздрагивает. Джайди забавляет ее смущение, но он не подает вида.

«Ах, Канья. Каждому в жизни приходится делать выбор. Я свой сделал, но у тебя собственная камма».

Потом продолжает вслух:

— Поешь. Вон какая худющая.

Канья отодвигает тарелку.

— Что-то я не голодная в последние дни.

— Людям еды не хватает, а она «не голодная».

Девушка делает недовольное лицо и подцепляет ложкой ломтик рыбы.

Джайди откладывает вилку и мотает головой:

— И все-таки: в чем дело? Ты угрюмей, чем всегда. Такой вид, будто родного брата похоронила. Что случилось-то?

— Да ничего. Правда, ничего. Просто есть не хочется.

— Докладывайте, лейтенант. Говорите все как есть. Это приказ. Вы хороший офицер, и я не могу смотреть, как вы маетесь. Мне не нравятся кислые лица моих людей, будь они хоть трижды родом из Исаана.

Пока девушка, скривив губы, подбирает нужные слова, Джайди задумывается, вел ли себя по отношению к ней когда-нибудь тактично. Вряд ли. Всегда напирал, легко приходил в ярость. А вот Канья, эта мрачная Канья — она, наоборот, всегда джай йен. Никакого санука, но непременно джай йен.

Джайди терпеливо ждет, надеясь наконец-то услышать историю ее жизни — как есть, со всеми горькими подробностями, но вместо этого, к его изумлению, девушка, страшно смущаясь, почти шепотом произносит:

— Кое-кто из наших жалуется, что вы мало принимаете добровольных пожертвований.

— Что?! — Он подпрыгивает на месте и таращит на нее глаза. — Мы так вообще не делаем. Мы — другие, и гордимся этим.

Канья торопливо кивает.

— Вас за это и любят — газеты, печатные листки... Люди тоже любят.

— Но?..

На ее лице возникает прежнее печальное выражение.

— Но вас больше не продвигают по службе, а тем, кто вам предан, нет пользы от такой компании. Люди падают духом.

— Зато результат-то какой! — Джайди хлопает по зажатому между ног мешку денег, конфискованных на паруснике. — К тому же они знают: в случае чего — всегда поможем. Средств более чем достаточно.

Канья, потупив глаза, бормочет:

— Кое-кто говорит, что вы оставляете деньги себе.

— Себе?! — Джайди потрясен. — Ты тоже так считаешь?

Она жалобно пожимает плечами.

— Конечно, нет.

— Как я мог на тебя подумать, — виновато улыбается Джайди. — Ты всегда была молодцом и отлично работала. — Его переполняет сострадание к этой девушке, которая когда-то, умирая с голода, пришла в команду и с тех пор боготворила своего начальника, его славу и во всем ему подражала.

— Я, как могу, пытаюсь развеять слухи, но... — Она снова безнадежно пожимает плечами. — Новички говорят: служить у капитана Джайди — все равно, что завести у себя в желудке паразита — работаешь, работаешь, а с лица спадаешь все больше. Они хорошие ребята, только им стыдно ходить в старой форме, когда их

приятели в новом, с иголки. Остальные ездят на пружинных мотороллерах, а наши — вдвоем на одном велосипеде.

— Помню, белых кителей когда-то любили, — вздыхает Джайди.

— Все хотят есть.

Он вздыхает еще раз, достает сумку и толкает ее по столу прямо Канье в руки:

— Возьми. Раздели поровну и раздай каждому. Это — за вчерашние труды и за храбрость.

— Вы уверены?

Джайди прячет разочарование за улыбкой. Ему невероятно грустно, но он понимает, что так будет лучше всего.

— Почему нет? Ты ведь говоришь — они хорошие ребята. К тому же отлично постарались. Похоже, министерство торговли и фаранги немного дрогнули.

Канья склоняет голову в глубоком вай — пальцы сжатых ладоней достают до лба.

— Ну-ка перестань! — Джайди доливает остатки сато ей в стакан. — Май пен рай. Даже не задумывайся. Ерунда. Мелочи. Завтра ждут новые сражения, и верные ребята нам пригодятся. Друзья не смогут одолеть всех этих агрогенов и пуркалорий на голодный желудок.

8

— Я потерял тридцать тысяч.

— Пятьдесят, — бурчит Отто.

— Где-то сто восемьдесят пять — сто восемьдесят шесть?.. — глядя в потолок, прикидывает Люси Нгуен.

— Четыреста. — Куаль Напье опускает стакан теплого сато. — Я потерял четыреста тысяч голубых бумажек из-за этого чертова Карлайлова дирижабля.

Вся компания, собравшаяся за низким столиком, потрясенно замолкает.

— Черт, — вздрагивает разморенная жарой и выпивкой Люси. — Что ж вы там хотели провезти — целый семенной фонд, устойчивый к цибискозу?

Пятеро собеседников — «фаланга фарангов», как их придумала называть Люси, — сидят, развалившись, на террасе «Дрейка», созерцают добела раскаленный день — обычный день в сезон засухи — и напиваются. Тут же и Андерсон — слушает вполуха их сумбурные стенания и ломает голову над тайной нго. Рядом на полу лежит полная сумка фруктов. Задумчиво потягивая теплый виски «Кхмер», он чувствует, что разгадка рядом — хватило бы ума нащупать.

Нго. Невосприимчив к пузырьчатой рже и цибискозу даже при прямом заражении, явно устойчив к японским долгоносикам со взломанными генами и к курчавости листьев,¹ иначе вообще не смог бы вырасти. Безупречный продукт, источник генетического материала, отличного от того, какой взламывают «Агроген» и прочие компании-калорийщики.

Где-то в этой стране спрятан семенной банк — тысячи, а может, сотни тысяч бережно хранящихся зерен — сокровищница биологического многообразия. Бесконечные цепочки ДНК, каждая из которых может пойти в дело. Кладезь ответов на самые трудные вопросы выживания. Имей Де-Мойн доступ к этой золотой жиле, несколько поколений подряд мог бы добывать в ней генетические коды, противостоять новым мутациям мора, мог бы просто прожить немного дольше.

Андерсон смахивает с лица капли пота, раздраженно ерзая в кресле. Решение совсем близко. Сначала вернулись пасленовые, теперь нго. А еще Гиббонс свободно разгуливает по Юго-Восточной Азии (если бы не та пружинщица-нелегалка, он и понятия о нем не имел бы). Королевство хранит свои секреты необычайно

¹ Тип болезней растений.

хорошо. Если выяснить, где этот банк, можно даже устроить налет... Тем более, что опыт Финляндии их кое-чему научил.

Снаружи террасы не шевелится ни одно хоть сколько-нибудь разумное существо. Дразнящие градинки пота сбегаят по шее Люси и исчезают в ткани намокшей блузки. Сама она сетует на угольную войну с вьетнамцами: какие тут поиски нефрита, если военные палят по всему, что движется?! Бакенбарды Куаля всклокочены. Ни ветерка.

На улице в узких полосках тени, сбившись в кучки, ждут рикши: кости и суставы выпирают из-под туго натянутой кожи. Настоящие скелеты. В это время дня они берут клиентов крайне неохотно, да и то лишь за двойную плату.

Ветхое зданьице бара болезненным наростом лепится к внешней стене полуразваленного небоскреба времен Экспансии. На ступеньке террасы стоит намалеванная от руки вывеска «У сэра Френсиса Дрейка». На фоне царящей кругом разрухи она выглядит относительно новой, хотя та компания фарангов, которая выдумала это дурацкое название и поставила вывеску, желая обозначить территорию на понятном им языке, давно стигнула где-то на материке — то ли в джунглях, когда там пронеслась эпидемия очередной разновидности пузырчатой ржи, то ли среди замысловатой линии фронта войны за уголь и нефрит. А вывеска осталась — может, забавляет нынешнего владельца (тот и себе взял такое же прозвище), а может, ни у кого просто нет желания взять и написать на ней что-то новое. От жары и времени краска уже шелушится.

Несмотря на репутацию, место у «Дрейка» идеальное: на полпути между заводами и судоходными шлюзами. Обветшалый фасад смотрит прямо на отель «Виктория», поэтому «Фаланга фарангов» может напиваться и одновременно наблюдать за тем, не принесло ли на берега королевства какого-нибудь небезынтересного им иностранца.

Конечно, есть и другие закусовые, похуже — для моряков, которые прошли таможню, карантин и дезинфекцию, но именно сюда, где с одной стороны мощеной дороги хрустит белоснежными скатертями «Виктория», а с другой стоит бамбуковый трущобного вида «Дрейк», рано или поздно стекаются все приехавшие в Бангкок иностранцы.

— Так что же вы везли? — снова спрашивает Люси, желая разузнать о потерях Куаля.

Тот, подавшись вперед, шепотом, чтобы расшевелить собеседников, отвечает:

— Шафран. Из Индии.

Наступает короткая пауза.

— Стоило бы догадаться! Отличный груз для воздушных перевозок, — хохочет Кобб.

— Идеальный для дирижабля — такой легкий, что выходит выгоднее опиума. Тут еще не придумали, как взломать шафран, а политики с генералами так и жаждут увидеть его в блюдах на своем столе — это же такой шик и престиж. У меня было столько предзаказов. Я бы разбогател. Фантастически разбогател.

— А теперь банкрот?

— Может, и нет. Договариваюсь со страховщиками из «Шри Ганеши» — вдруг сколько-нибудь покроют. Хотя бы восемьдесят процентов. Но посчитай взятки при ввозе, посчитай долю таможенных агентов. — Куаль болезненно морщится. — Сплошное разорение. Но есть шанс, что сам останусь жив-здоров. В некотором смысле, конечно, повезло: груз находился на дирижабле, то есть страховка действует. Надо бы поднять тост за здоровье этого треклятого пилота, раз уж он догадался посадить корабль в море. Если бы ящики к тому времени были на земле и там их сожгли белые кители, груз бы сочли контрабандой, а я уже сидел бы на улице среди больных фаганом нищих и желтобилетников.

— Единственное, за что Карлайлу можно сказать спасибо. Если бы он не лез в политику, ничего бы не произошло, — хмуро замечает Отто.

— Тут наверняка не скажешь, — разводит руками Куаль.

— Еще как скажешь, — вставляет Люси. — Он половину времени жалуется на белых кителей, а половину — заискивает перед Аккаратом. То, что случилось, — всего лишь сообщение Карлайлу и министерству торговли от генерала Прачи. Мы для них — почтовые голуби.

— Почтовые голуби вымерли.

— А мы, думаешь, не вымерем? Да Прача с радостью кинет нас в тюрьму, если решит, что это станет хорошим намеком Аккарату. — Люси смотрит на Лэйка. — Ты весь день молчишь как рыба. Неужели ничего не потерял?

— Оборудование. Запчасти к конвейеру. Тысяч на сто пятьдесят. Секретарь до сих пор подсчитывает убытки, — отвечает он, отвлекаясь от своих мыслей, и, глядя на Куаля, добавляет: — Груз был уже на земле. Поэтому никакой нам страховки.

Воспоминания о разговоре с Хок Сеном еще свежи. Старик поначалу все отрицал, пенял на бестолковых сотрудников якорных площадок, потом, наконец, сознался, что груз пропал, а сам он еще раньше так и не сумел как следует дать взятку. Мерзкая была сцена, вплоть до истерики: с одной стороны — старик, напуганный потерей работы, с другой — Лэйк, который все сильнее вгоняет его в ужас, орет, оскорбляет, заставляет съезжиться от страха, играет на своем недовольстве. И все равно непонятно, усвоил Хок Сен этот урок или так и будет дальше хитрить. Андерсон недовольно кривит губы. Если бы с помощью этого старого мерзавца не освобождалось столько времени на более важные дела, его давно стоило бы отправить назад к остальным желтобилетникам.

— Я же говорила — плохое место для фабрики.

— Японцы-то работают.

— У них свои договоренности с дворцом.

— А китайцы из «Чаочжоу»? Тоже спокойно живут.

Люси корчит кислую мину.

— Они тут вон сколько поколений, сами уже почти как тайцы. Если хочешь сравнений, мы больше похожи на желтобилетников, чем чаочжоуские китайцы. Умный фаранг знает, что больших вложений сюда делать нельзя — слишком тут нестабильно. Репрессии или очередной переворот — и ты все потерял.

— Каждый тут играет теми картами, какие получил при раздаче. В любом случае место выбирал Йейтс.

— Я и ему говорила, что глупость сделал.

— Глупцом он не был, а вот идеалистом — точно. — Лэйк припоминает горящий взгляд Йейтса, когда тот вещал о новой глобальной экономике, потом допивает, смотрит по сторонам (хозяина бара нигде не видно), машет официантам, но они даже не смотрят в его сторону — все, кроме одного, который дремлет стоя.

— Не боишься, что тебя отстранят так же, как Йейтса? — спрашивает Люси.

— Отстранение — еще не самое худшее. Проклятая жара. — Он чешет обгорелый нос. — Нам, белым медведям, тут не место.

Смуглые Нгуен и Куаль смеются его шутке, Отто утрюмо кивает: его облупленный нос — верный признак неумения приспособиться к экваториальному солнцу.

Люси достает трубку и смахивает в сторону мух, чтобы расчистить место под курительные принадлежности и пару шариков опиума. Насекомые вперевалку отползают, но, очумев от жары, даже не пытаются взлететь. Снаружи, у кладки башенной стены возле насоса с пресной водой, играют дети. Люси, наполняя трубку, вздыхает:

— Господи, как бы я хотела вновь стать ребенком.

Все, похоже, утомились даже беседовать. Андерсон поднимает с пола сумку с нго, счищает с одного шкурку, выколупывает косточку, бросает лохматую кожуру на стол и отправляет в рот полупрозрачную мякоть.

— Это что у тебя там? — тянет шею Отто.

Лэйк раздает каждому по плоду.

— Точно не знаю. Местные называют его «нго».

Люси откладывает трубку.

— Видела такие — весь рынок забит. Без пузырчатой ржавчины?

— Пока ни одного не встречал. Торговка сказала — не заражены. И свидетельства показала, — начинает Лэйк, а в ответ на циничные смешки добавляет: — Я дал им полежать неделю — и ничего. Они чище ю-текса.

Остальные пробуют фрукт. На лицах — изумление и улыбки. Тогда он выставляет все нго.

— Налетайте. Я уже порядочно съел.

Широко раскрытая сумка быстро пустеет, на столе растет гора шкурок.

— Напоминает личи, — с задумчивым видом произносит Куаль.

— Да? — наостряет уши Андерсон. — Никогда не слышал.

— Неудивительно. Я во время прошлой поездки в Индию пробовал напиток с похожим вкусом. Один торгпред из «Пур Калории» пригласил в ресторан в Калькутте — я тогда только начал раздумывать, а не привезти ли сюда шафран.

— Так ты полагаешь, это лича?

— Личи. Вполне возможно. Так они называли тот напиток. Не знаю только, из фруктов ли он был.

— Если это «Пур Калория» сделала, то непонятно, как он тут очутился. Почему здесь, а не на карантине на Ко Ангрите, пока министерство природы придумывает десять тысяч способов обложить его налогом? — Люси сплевывает косточку на ладонь, швыряет на дорогу, достает еще один плод. — На каждом углу вижу — стало быть, местный. А вот кто может нам подсказать... — Откинувшись на спинку, она кричит в полутьму бара: — Хагг! Ты там? Спишь?

Услышав это имя, остальные вздрагивают и подбираются, как дети при виде строгого родителя. Андерсон, ощутив холодок на затылке, бормочет:

— Зря ты его позвала.

— Думал, он уже умер, — недовольно бросает Отто.

— Избранных пузырчатая ржа не берет. Ты разве не знал?

Все, сдерживая смех, смотрят, как из темноты шаркающей походкой выходит Хагг: алое лицо усыпано капельками пота.

— Здравствуйте. — Он с торжественным видом оглядывает «фалангу» и кивает Люси. — Значит, по-прежнему ведешь делишки с этими типами?

— А что делать? — Она кивает на стул. — Не стой. Выпей с нами, расскажи какую-нибудь из своих историй.

Пока он пододвигает к ней стул и тяжело опускается, Люси раскуривает опиум.

Андерсон смотрит на крепко сбитую, полную фигуру Хагга и уже не в первый раз думает: как так вышло, что у священников-грэммитов — у каждого из этой породы — непременно свисает живот?

Тот знаком просит подать виски, и, к всеобщему удивлению, сию же секунду перед ним вырастает официант.

— Льда нет.

— И правильно, никакого льда, — решительно мотает головой Хагг. — Зачем тратить впустую эти треклятые калории.

Первый стакан он выпивает залпом и тут же отправляет официанта за вторым.

— Хорошо вернуться в город. В сельской местности начинаешь скучать по удовольствиям цивилизации. — Хагг поднимает тост за здоровье всей компании и осушает стакан одним глотком.

— Далеко ли был? — спрашивает Люси, не выпуская трубку изо рта. Ее мимика постепенно теряет подвижность.

— На старой границе с Мьянмой, у перевала Трех пагод. — Хагг глядит на своих слушателей так, будто это они — виновники грехов, с которыми ему пришлось иметь дело. — Изучал распространение бежевого жучка.

— Я слышал, там небезопасно. Кто джаопор? — спрашивает Отто.
— Некто Чанаронг. С ним было просто — гораздо проще, чем с Навозным царем и мелкими городскими джаопорами. Не всех крестных отцов волнуют лишь прибыль и власть. — Тут Хагг значительно добавляет: — Тем из нас, кто не алчет угля, опиума или нефрита, бояться в королевстве нечего. Так или иначе, Пхра Критипонг пригласил меня посетить его монастырь — понаблюдать, как изменилось поведение бежевого жучка. — Он огорченно мотает головой: — Невообразимое разорение. Леса стоят без единого листика — сплошь одни лианы-кудзу. Верхнего яруса просто нет, всюду сухой бурелом.

— А на переработку пустить его можно? — оживляется Отто.

Люси бросает на него презрительный взгляд:

— Ты идиот? Там жучок. Кто такое купит?

— То есть монастырь позвал в гости грэммита? — спрашивает Андерсон.

— У Пхра Критипонга нет предрассудков насчет того, что учение Иисуса или теория ниш могут как-то угрожать его вере. У буддистов и грэммитов много общего. Ной и мученик Пхра Себ прекрасно дополняют друг друга.

— Он бы заговорил совсем по-другому, если бы узнал, что делают грэммиты у себя на родине, — сдержав смех, замечает Андерсон.

— Я никого не призываю жечь поля. Я ученый, — обиженно говорит Хагг.

— Не хотел тебя оскорбить. — Лэйк протягивает ему нго: — Вот — это может быть интересно. Недавно стали продавать на рынке.

— На каком? — Священник разглядывает фрукт изумленно и очень внимательно.

— На всех подряд, — вставляет Люси.

— Появились, пока ты уезжал. Попробуй — на вкус очень ничего.

— Поразительно.

— Знаешь, что это? — спрашивает Отто.

Андерсон делает вид, будто занят нго, но не пропускает ни единого слова. Сам он не стал бы расспрашивать грэммита напрямую, поэтому хочет, чтобы всё сделали за него.

— Куаль решил — это личи, — сообщает Люси. — Разве нет?

— Нет, точно не личи. В старых книгах что-то похожее называлось «рамбутан». — Хагг задумчиво вертит плод в руках. — Хотя, если не ошибаюсь, это родственные виды.



— Рамбутан? — Андерсон старательно изображает непринужденность. — Забавное слово. А тайцы говорят «нго».

Хагг съедает фрукт, вынимает изо рта мокрую от слюны крупную черную косточку.

ку и внимательно ее изучает.

— Интересно, он сможет расти и плодоносить?

— Посади в горшок — и узнаешь.

— Если его вывели не компании-калорийщики, то сможет, — резко произносит священник. — Тайцы если взламывают растения, то стерильными их не делают.

— Ну, вот уж вряд ли калорийщики занимались тропическими фруктами, — весело замечает Андерсон.

— А как же ананасы?

— Точно, совсем забыл. — Чуть помешкав, он спрашивает: — Откуда ты вообще столько знаешь о фруктах?

— Изучал биосистемы и экологию в Новом алабамском.

— А, тот самый грэммитский университет? Я думал, вас там учили только поля поджигать.

Остальные так и обмирают, разинув рты, но Хагг лишь бросает на Андерсона суровый взгляд.

— Не надо меня поддевать, я не из таких. Наша цель — возродить рай, тут понадобятся знания, накопленные за века. Прежде чем приехать сюда, я целый год только и делал, что изучал экосистемы Юго-Восточной Азии эпохи, которая была перед Свертыванием. — Он тянет руку за еще одним нго. — Вот калорийщики взбелеются, когда о нем узнают.

Люси тоже берет фрукт.

— А может, забить ими целый корабль да отправить за океан? Поиграем с калорийщиками в их же игру. Могу поспорить, за нго будут выкладывать кругленькие суммы. Как-никак новый вкус. Сможем продавать как роскошь.

— Сначала придется убеждать всех, что в нго нет пузырчатой ржавчины — красная шкурка будет очень настораживать, — мотает головой Отто.

— Не стоит идти таким путем, — согласно кивает Хагг.

— Калорийщики шлют семена и продукты куда вздумается, по всему миру. Если им можно, почему нам нельзя?

— Потому что это противоречит теории ниш, — спокойно отвечает Хагг. — Они уже застолбили за собой место в аду. Вам тоже такое надо?

— Не смей, пожалуйста, — говорит Андерсон. — Чем тебе не угодил дух предпринимательства? Люси предлагает хорошее дело. Хочешь, на контейнерах будет твоё лицо. — Он с ухмылкой изображает знак грэммитского благословения. — Напишем, например, «одобрено Святой церковью». Безопасно, как соя-про. Что скажешь?

— Богомерзкая идея, не желаю мараться. Где пища выросла — там ей и место. Нельзя гонять продукты по всему миру ради прибыли. Мы это уже проходили. Чем все кончилось? Катастрофой.

— Снова эта теория ниш. — Андерсон снимает шкурку с очередного нго. — Должна же быть в грэммитской вере ниша и для денег. Кардиналы-то у вас не худенькие.

— Теория истинна, даже если паства сбилась с пути. — Хагг резко встает. — Благодарю за компанию. — Он бросает на Андерсона неодобрительный взгляд, но, прежде чем уйти, прихватывает еще один фрукт.

Все вздыхают с облегчением.

— Господи, Люси, зачем так было делать? — начинает Отто. — У меня от него мороз по коже. Я из «Компакта» ушел, лишь бы грэммиты над душой не стояли, а ты его — к нам за стол.

Куаль угрюмо кивает.

— Еще один, говорят, сейчас в объединенном посольстве.

— Да их кругом, как тараканов, — машет рукой Люси. — Киньте мне фрукт.

Компания продолжает пир. Андерсон глядит на них и думает, подбросят ли ему эти объездившие полмира существа иные идеи о происхождении нго. Впрочем, рам-

бутан — уже неплохая догадка. Несмотря на плохие вести о водорослевых резервуарах и питательных культурах, день налаживается. Рамбутан. Стоит подсказать это слово исследователям из Де-Мойна, дать направление поискам корней таинственного биологического объекта. В старых записях должны быть упоминания этого фрукта. Надо будет порыться в книгах и...

— Смотрите, кто пришел, — вполголоса говорит Куаль.

Все поворачивают головы и видят, как по лестнице поднимается Ричард Карлайл в безупречно отглаженном льняном костюме. Он входит в тень, снимает шляпу и начинает себя обмахивать.

— Вот черт. Ненавижу его, — бормочет Люси, раскуривает очередную трубку и делает глубокую затяжку.

— Чего он такой довольный? — спрашивает Отто.

— Бес его знает. Будто и не терял целый дирижабль. Карлайл не спешит выходить из тени, оглядывает посетителей, каждому кивает.

— Жарковато сегодня, — говорит он всем сразу.

Отто, багровея, не сводит с Карлайла испепеляющего взгляда.

— Если бы не его игры в политику, сейчас я был бы богат.

— Не преувеличивай, — успокаивает Андерсон и съедает еще один нго. — Люси, дай ему затянуться, а то устроит дебош, и сэр Френсис выкинет нас всех на солнцепек.

Люси уже плохо соображает, но тянет руку примерно куда попросили. Андерсон перехватывает трубку, отдает Отто, встает и говорит, показывая пустой стакан:

— Кому-нибудь принести выпить?

Все в ответ лишь мотают головой.

К бару с легкой улыбочкой подходит Карлайл.

— Беднягу Отто решили отрубить?

— Опиум у Люси могучий. Не то, что драться, он ходить-то вряд ли сейчас сможет.

— Вот адский наркотик.

— ...плюс выпивка, — говорит Андерсон, салютуя стаканом, потом заглядывает за стойку. — Где этот чертов сэр Френсис?

— Я думал, ты как раз пришел это выяснить.

— Похоже, нет. Много потерял?

— Потерял.

— В самом деле? А по виду и не скажешь. — Он показывает на фалангу. — Там пыхтят и ноют — мол, только и делаешь, что лезешь в политику да подлизываешься к Аккарату с министерством торговли. И тут ты — сияешь улыбкой. Просто настоящий таец.

Тот лишь пожимает плечами. Из задней комнаты, элегантно одетый, с аккуратно уложенными волосами, выходит сэр Френсис. Карлайл заказывает виски, Андерсон тоже протягивает свой пустой стакан.

— Льда нет, — говорит сэр Френсис. — Погонщики хотят больше денег за то, что качают насос.

— Ну, так заплати.

Хозяин бара берет у Андерсона бокал и мотает головой.

— Когда тебя держат за яйца, а ты споришь, делают еще больнее. К тому же в отличие от вас, фарангов, я не могу подкупить министерство природы и подключиться к угольной электросети. — Он достает бутылку «Кхмера» и наливает идеально выверенную порцию. Андерсон думает, правду ли рассказывают об этом человеке.

Отто, который сейчас несвязно бурчит нечто вроде «кхреновы диришапли», как-то уверял, что сэр Френсис — бывший чаопрайя, высокопоставленный королевский помощник, которого интригами выжили из дворца. Эта версия сулит немалые выгоды, как, впрочем, и остальные: одни говорят, что он некогда служил Навозному

царю, другие — что был кхмерским принцем, но бежал из страны после того, как Тайское королевство захватило весь Восток. Все соглашаются в одном: сэр Френсис в свое время занимал высокое положение — иначе как объяснить его презрительное отношение к клиентам.

— Деньги вперед, — говорит он, выставляя стаканы.

— Брось, — смеется Карлайл. — Ты же знаешь, с кредитом у нас полный порядок.

— Вы немало потеряли на якорных площадках, все уже в курсе. Деньги вперед.

Оба принимаются отсчитывать монеты.

— Я думал, у нас хорошие отношения, — вздыхает Андерсон.

— Это политика, — улыбается сэр Френсис. — Сегодня ты здесь, а завтра тебя смыло, как полиэтиленовые пакеты с пляжей, когда закончилась Экспансия. На каждом углу висят печатные листки, которые предлагают сделать капитана Джайди чаопрайей и королевским советником. Если так случится, вам, фарангам... — он изображает выстрел из пистолета, — конец. Радиостанции генерала Прачи величают Джайди героем и тигром, студенческие организации требуют закрыть министерство торговли и передать его дела белым кителям — оно потеряло лицо. Сейчас Торговля без фарангов, как фаранги без блох — одного без другого не бывает.

— Очень любезно.

— От вас и в самом деле пахнет.

— Да от кого ж не пахнет, когда такое пекло, — хмурит брови Карлайл.

Андерсон обрывает их перепалку:

— В министерстве, надо думать, сейчас переполох — так потерять лицо.

Он отхлебывает теплое виски и морщится — до приезда в королевство ему нравился алкоголь комнатной температуры.

Сэр Френсис сбрасывает монеты в кассу одну за другой.

— Министр Аккарат, конечно, вида не подает, но японцы уже хотят компенсаций, а с белых кителей деньги требовать бесполезно. Поэтому Аккарат либо сам заплатит за то, что натворил Бангкокский тигр, либо еще и перед японцами лицо потеряет.

— Думаете, японцы теперь уйдут?

На лице сэра Френсиса возникает презрительная мина.

— Они как компании-калорийщики — все время ищут лазейки в королевство. Никогда не уйдут.

С этими словами он оставляет их и шагает в дальнюю часть бара.

Андерсон достает нго и предлагает Карлайлу. Тот берет фрукт и внимательно его разглядывает.

— Это еще что за дрянь?

— Нго.

— На таракана похож. — Его передергивает. — Ах ты, поганец экспериментатор. Знаешь что — забери-ка его назад. — Он отдает плод и тщательно вытирает руки о штаны.

— Страшно? — подначивает Андерсон.

— Моя жена тоже любила есть все новое. С ума сходила по незнакомым вкусам. Удержать себя не могла, чтобы не попробовать неизвестную пищу. Посмотрю я, как ты через неделю будешь кровью харкать.

Они садятся на барные стулья и смотрят, как за пеленой раскаленного пыльного воздуха белеет отель «Виктория». Ниже у развалин высотки женщина стирает что-то в тазу, рядом моется вторая — тщательно натирает себя под саронгом, мокрая ткань липнет к телу. В грязи играют голые дети — скачут по последним островкам столетнего асфальта времен Экспансии. В дальнем конце улицы встает дамба, которая сдерживает океанскую мощь.

— Много потерял? — наконец спрашивает Карлайл.

— Достаточно. Весьма признателен.

Карлайл не обращает внимания на упрек, допивает и просит сэра Френсиса повторить.

— Лда нет совсем или дело в том, что нас, по-твоему, завтра уже не будет?

— Вот завтра меня и спросите.

— А если приду, лед найдется?

Хозяин бара ухмыляется.

— Зависит от того, сколько ты платишь погонщикам мулов и мегадонтов за разгрузку. Все только и говорят о том, как разбогатеют, сжигая калории ради фангангов. Вот потому у сэра Френсиса и нет льда.

— Не будет нас — останешься без клиентов, и даже горы льда не помогут.

— Как скажете, — пожимает плечами сэр Френсис и уходит.

Карлайл сердито глядит ему вслед.

— Профсоюзы погонщиков, белые кители, сэр Френсис... Куда ни поверни, везде стоят с протянутой рукой.

— Особенности бизнеса. И все-таки ты, когда пришел, сиял так, будто вообще ничего не потерял.

Карлайл поднимает стакан с виски.

— Да просто приятно было на вас посмотреть. Сидели тут на террасе с таким видом, словно у каждого от цибискоза сдохла любимая собака. Пусть убытки, зато никто не упек нас в душегубку в Клонг Прем. Нет причины не радоваться. — Он наклоняет голову поближе. — Это еще не конец истории. О нет! У Аккарата в рукаве припрятана пара тузов.

— Будешь давить на белых кителей — жди отпора, они такие, — предупреждает Андерсон. — Вы с Аккаратом наделали много шума своими идеями насчет изменения пошлин и налогов на загрязнение. И даже на пружинщиков. А теперь я от своего помощника слышу то же, что и от сэра Френсиса: газеты называют нашего друга Джайди Тигром королевы, хвалу ему поют.

— От какого помощника? От того паучищи, параноика-желтобилетника, которого ты допускаешь к себе в офис? — Карлайл смеется. — Вот все вы такие — мыслите Свертыванием, сидите, брюзжите, воображаете, а я меняю правила игры.

— Не я потерял дирижабль.

— Особенности бизнеса.

— Пятая часть флота — многовато, чтобы списывать на особенности.

Карлайл недовольно кривит губы, склоняет голову еще ближе к Андерсону и тихо говорит:

— Послушай. Этот налет — не то, чем кажется на первый взгляд. Кое-кто ждал, когда белые кители зайдут слишком далеко. — Он делает паузу, давая собеседнику время переварить его слова. — Кое-кто из нас даже немного поспособствовал. Я только что лично беседовал с Аккаратом, и будь уверен — вся ситуация вот-вот начнет играть нам на руку.

Андерсон уже готов рассмеяться, но Карлайл предостерегающе поднимает палец.

— Давай, хохочи. Но еще до того, как я закончу это дело, ты в задницу будешь меня целовать, благодарить за новые пошлины, и все мы станем подсчитывать прибыль от компенсаций.

— Белые кители не платят. Никогда. Сожгли они ферму или конфисковали груз — просто не платят.

Карлайл пожимает плечами и внимательно смотрит куда-то в сторону залитой солнцем террасы.

— Муссоны идут.

— Вряд ли. — Андерсон скептически оглядывает раскаленные добела окрестности. — Они и так опаздывают уже на два месяца.

— О, тут будь спокоен — придут. Если не в этом месяце, то в следующем.

— И?..

— Министерство природы заказало новое оборудование взамен старого. Для на-

сосов на плотине. Оборудование жизненно важное. Для всех семи насосов. — Он многозначительно умолкает. — А теперь угадай, где оно.

— Открой же мне эту тайну.

— На том берегу Индийского океана. — На лице Карлайла внезапно вспыхивает хищная акулья улыбка. — В Калькутте. В одном ангаре, которым — так уж вышло — владею я.

У Андерсона перехватывает дыхание. Он быстро смотрит по сторонам — нет ли кого поблизости.

— Ах ты, идиот поганый. Ты это всерьез?

Теперь становятся понятны и дерзость, и самоуверенность Карлайла. Он, как лихой пират, всегда лез в рискованные предприятия. Правда, разобратся, когда говорит правду, а когда хвастает, непросто: например, скажет, что шепчется с Аккаротом, а на самом деле только беседует с его секретарями. Обычно все это — болтовня. Но теперь...

На лице Карлайла гуляет нехорошая улыбка. Андерсон уже раскрывает рот и тут же с досадой отводит взгляд, заметив сэра Френсиса. Тот ставит перед ним новую порцию виски. Как только хозяин бара уходит, Андерсон, у которого желание выпить начисто пропало, склоняется к Карлайлу и спрашивает:

— Хочешь взять город в заложники?

— Белые кители, похоже, забыли, что им не обойтись без иностранцев. Сейчас — самый разгар новой Экспансии, все переплетено, будто нити в паутине, а они мыслят как какое-нибудь министерство времен Свертывания — слишком долго не замечают своей зависимости от фарангов. Белые кители — пешки. Не понимают, кто ими управляет, не видят, что им нас не остановить.

Он залпом выпивает виски, морщится и со стуком опускает бокал.

— Этому мерзавцу Джайди цветы надо отправить — идеально сработал. Представь — половина угольных насосов города вдруг перестает работать... Ведь есть своя прелесть в этих тайцах — очень чуткий народ. Даже запугивать не надо — все сами поймут и все сделают как надо.

— Рисково.

— А что не рискованно? — Карлайл подбадривает Андерсона циничной улыбкой. — Может, умрем завтра от новой версии пузырчатой ржи, может, станем самыми богатыми людьми в королевстве. Это игра. Тайцы всегда идут ва-банк. Значит, и мы так должны.

— Вот приставлю к твоей голове пружинный пистолет да обменяю ее на насосы.

— Браво! Настоящий боевой дух! — хохочет Карлайл. — Мыслишь, как истинный таец. Только тут я тоже подстраховался.

— И кто боится? Министерство торговли? Брось, у Аккарата силенок не хватит тебя защитить.

— Бери выше. На его стороне генералы.

— Да ты пьян. Друзья генерала Прачи руководят всеми подразделениями. Он не раздавил Аккарата, а белые кители до сих пор не правят страной только потому, что в прошлый раз за министра вступился прежний король.

— Времена уже не те. Людей очень злят и белые кители, и взятки Прачи. Народ хочет перемен.

— На революцию намекаешь?

— Какая ж это революция, если ее хочет дворец? — Карлайл сам берет из бара бутылку виски, переворачивает кверху дном, наливает себе остатки — всего полпорции — и, вопросительно глядя на Андерсона, замечает: — Вижу, заинтересовался. — Потом показывает на его бокал. — Допивать будешь?

— Насколько все серьезно?

— Хочешь поучаствовать?

— А почему предлагаешь?

— Если очень интересно... — Карлайл пожимает плечами. — Когда Йейтс запустил

завод, то профсоюзу мегадонтов за джоули стал платить втрое и вообще сорил деньгами. Трудно было не заметить такое щедрое финансирование.

Он кивает на прежнюю компанию эмигрантов, которые вяло поигрывают в покер и ждут, когда спадет жара, чтобы пойти по делам, по шлюхам или дальше коротать день в безделье.

— Все остальные — дети, малышня во взрослой одежде, а ты — не такой.

— Думаешь, мы богаты?

— Брось этот спектакль. Не забывай — твой груз летел на моих дирижаблях. — Карлайл смотрит многозначительно. — Я видел, откуда он пришел в Калькутту.

— Ну и что? — Андерсон изображает полную невозмутимость.

— Поразительно много вещей из Де-Мойна.

— Видишь во мне ценного партнера потому, что мои инвесторы — со Среднего Запада? Разве у остальных они живут в бедных странах? А вдруг это богатая вдова решила поэкспериментировать с пружинами? Ты придаешь слишком много значения мелочам.

— Неужели? — Карлайл обводит взглядом бар и придвигается поближе. — А люди-то о тебе говорят.

— Правда?

— Болтают — любознателен до семян. — Он многозначительно смотрит на лежащую между ними кожуру нго. — Все мы теперь немного следим за генными делами, но только ты платишь за информацию, только ты задаешь вопросы о белых кителях и генхакерах.

— Разговаривал с Райли, — холодно улыбнувшись, замечает Андерсон.

Карлайл кивает.

— Если тебя это утешит, беседа далась непросто. Он не хотел о тебе рассказывать. Совсем не хотел.

— Райли стоило бы сначала три раза подумать.

— Без меня ему не достать омолаживающих препаратов. У нас свои поставщики в Японии. Ты же не предлагал старику десять лет легкой жизни.

— Все ясно, — вымучивает улыбку Андерсон, хотя сам кипит от злости. Теперь надо разбираться с Райли, а возможно, и с Карлайлом. Он раздраженно смотрит на нго. Размяк. Всех — даже грэммитов — буквально носом ткнул в предмет своего интереса. Как же легко дать слабину и раскрыть себя больше, чем следует. А потом однажды в баре получить вот такую оплеуху.

— Много не прошу — только кое с кем переговорить, кое-что обсудить. — Карлайл замолкает, его карие глаза ловят на лице собеседника хоть малейший намек на согласие. — Мне все равно, на какую компанию ты работаешь. Если я верно понял твой интерес, то наши цели довольно близки.

Андерсон задумчиво постукивает пальцами по барной стойке. Если Карлайл вдруг исчезнет, кто-нибудь обратит внимание? Можно будет свалить все на излишнее рвение белых кителей...

— Думаешь, тебе подвернулась удачная возможность? — спрашивает он.

— Тайцы постоянно меняют правительство силой. На этом месте не было бы «Виктории», если бы во время переворота двенадцатого декабря премьер-министр Суравонг не лишился головы и своего дворца. Местная история — сплошь смена власти.

— Меня немного беспокоит, что ты обсуждаешь планы с кем-то еще. И видимо, много с кем.

— Да с кем тут обсуждать? — Карлайл кивает на «Фалангу фарангов». — Эти — пустое место, о них даже мысли не возникало. А вот твоя команда... — Он ненадолго замолкает, подбирая нужные слова, потом, чуть подавшись вперед, продолжает: — У Аккарата есть опыт в таких делах. Белые кители заработали себе много врагов, и не только среди фарангов. Нашему замыслу нужен лишь толчок. — Карлайл отпивает виски, оценивающе прищмокивает и опускает стакан. — В случае

успеха последствия будут весьма благоприятными. — Он смотрит Андерсону прямо в глаза. — Весьма благоприятными и для тебя, и для твоих друзей из «Мидвеста».

— А твоя-то выгода в чем?

— В торговле, само собой. Если тайцы выйдут из этой своей бессмысленной глухой обороны, моя компания станет расти, я устрою хороший бизнес. Сомневаюсь, что твоим нравится бестолково сидеть на Ко Ангрите и вымаливать возможность продать королевству пару тонн ю-текса или сои-про в неурожайный год. Вместо жизни в вечном карантине вы получите свободную торговлю. Разве это не интересно? И мне прибыль.

Андерсон смотрит на Карлайла и думает, насколько тому можно доверять. Уже два года, как они вместе выпивают, время от времени ходят в бордели, безо всяких бумаг заключают договоры о перевозке грузов, но при этом о Карлайле ему почти ничего не известно. От тоненького досье в головном офисе тоже мало толка.

Он глубоко задумывается. Где-то здесь ждет банк семян, а с послушным правилами...

— Кто из генералов на твоей стороне?

Карлайл хохочет в ответ:

— Расскажу — и ты подумаешь, что я идиот, который не умеет хранить секреты.

Болтун, решает Андерсон. Теперь надо его устранить — быстро, без шума, пока все прикрытие не пошло прахом.

— Любопытное предложение. Думаю, нам не помешает еще раз встретиться и обсудить общие цели.

Тот уже открывает рот, затем, внимательно взглянув на собеседника, передумывает и весело мотает головой:

— Э нет. Ты мне не веришь. Что же, понимаю. Тогда подожди немного. Ближайшие два дня очень тебя удивят. А там поговорим. — Внимательно посмотрев на Андерсона, он прибавляет: — Место встречи я выберу сам. — И допивает виски.

— Чего ждать? Что может измениться за два дня?

Карлайл водружает шляпу на голову и, улыбнувшись, отвечает:

— Всё, дорогой мой фаранг. Всё.

9

Эмико открывает глаза и потягивается. Стоит слепополуденный зной. В ее раскаленной как печь камерке почти невозможно дышать.

Есть на свете место для пружинщиков. Эта неотвязная мысль заставляет жить дальше.

Эмико кладет ладонь на доски из всепогодки, отделяющие ее нишу для сна от точно такой же сверху, гладит спилы сучков, вспоминает, когда в последний раз чувствовала похожую радость, думает о Японии, о роскоши, завещанной ей Гендо-самой: о квартире с системой климат-контроля, которая во влажные летние дни гоняет по комнатам прохладный ветерок, о светящихся рыбках-данганах, которые переливались и меняли цвет, как хамелеоны, но только от скорости — медленные сверкали голубым, быстрые — красным. Ей нравилось постукивать по аквариуму и глядеть на алые вспышки в темной воде — на блеск лучших созданий из рода пружинщиков.

Эмико тоже когда-то блистала. Сделанная на совесть и прекрасно обученная, она могла составить компанию в постели, быть секретарем, переводчиком, парой внимательных глаз и выполняла волю хозяина так безупречно, что тот берег ее, как некую священную птицу, и выпускал на волю к чистым небесам. Он уважал девушку безмерно.

На нее смотрят похожие на глаза спилы сучков — единственное украшение пере-

городки, которая разве только не дает мусору из верхней клетушки завалить ее нишу. Тошнотворный смрад льняного масла, которым пропитано дерево, заполняет пышущую жаром каморку. В Японии такие материалы использовать в жилищах не разрешалось, но тут, в трущобах, всем на это плевать.

Легкие жжет; Эмико дышит часто и неглубоко, слушает, как храпят и сопят тела в соседних отсеках. Сверху — тишина. Пуэнтая, похоже, нет, иначе бы он давно ее избил или трахнул — редкий день проходит без издевательств.

Может, сосед умер — в прошлый раз наросты фагана на его шее были уже довольно большими.

Извиваясь, она выскальзывает из ниши, встает в полный рост в крохотном пространстве возле двери, снова потягивается, выуживает до хрупкости истертую, пожелтевшую от времени пластиковую бутылку, судорожными глотками пьет горячую, как кровь, воду и мечтает о нескольких кубиках льда.

Два пролета вверх, разбитая дверь на крышу — и Эмико ныряет в горячие потоки солнечного света. Пекло невыносимое, но все равно здесь прохладнее, чем в клетушке.

Морской ветер шелестит развешенными кругом ласинами и брюками. Закатные лучи играют на шпилях чеди и храмов-ватов, сверкает вода клонгов и Чао-Прайи, по зеркально-красной глади скользят пружинные плоскодонки и парусные тримараны.

Север тонет в желтоватой дымке навозных костров и мареве влажного воздуха. Где-то там, если верить бледному изукрашенному шрамами фарангу, живут пружинщики. Где-то там, по ту сторону войны за уголь, нефрит и опиум, девушку ждет ее родное потерянное племя. Она никогда не считалась японкой — только пружинщицей. Теперь ей надо найти дорогу к своему настоящему клану.

Эмико некоторое время жадно глядит на север, потом идет к ведру, которое приготовила прошлой ночью. Воды на верхних этажах нет — в трубах слишком слабый напор, а идти к общественным насосам девушка не рискует, поэтому каждую ночь лезет на крышу с полным ведром и оставляет его там до вечера.

Эмико моется совершенно одна под открытым небом в компании заходящего солнца. Настоящий ритуал очищения — водой и кусочком мыла. Сидя на корточках, она черпает теплую влагу. Детально продуманное действие, где каждое движение отточено, как в танце дзё-но-май, которым в театре но начинают пьесы. Церемониал бедняков.

Первый ковш — на голову. Вода течет по лицу, сбегает по груди, туловищу, бедрам и уходит в горячий бетон. Второй — намокают волосы, струйки льются по спине, обтекают ягодицы. Третий — капельки ртутью скользят по коже. Затем она намыливает себя с ног до головы, оттирает грязь и обиды прошлой ночи до тех пор, пока все тело не исчезает под бледным нарядом пены. И снова ведро и ковш — Эмико обливает себя так же осторожно, как в самом начале.

Вода смывает грязь, мыло и даже отчасти стыд, хотя и за тысячу лет ей не вернуть прежней чистоты; но девушка слишком утомлена и к тому же давно свыклась с несмываемыми следами. Пот, алкоголь, липкую соль семени и разврата — их еще можно оттереть, и этого ей довольно, а на большее не хватает сил. Жар и усталость — вечные жар и усталость.

Закончив мыться, Эмико радостно замечает, что осталось еще немного воды. Она зачерпывает полный ковш и жадно пьет, а потом в порыве безрассудной расточительности поднимает ведро кверху дном и, ликуя, выливает все на себя. На мгновение, когда вода уже коснулась кожи, но еще не успела обрушиться на пол, Эмико ощущает себя чистой.

Выйдя на улицу, она спешит спрятаться в потоке прохожих. Сенсей Мидзуми учила особой походке, которая подчеркивает красоту дерганных движений. Однако девушка осторожничает, не дает волю ни выучке, ни естеству. Если шагать в пазухе и не размахивать руками, никто даже не обратит внимания.

На тротуарах возле ножных швейных машин сидят женщины и ждут вечернего наплыва клиентов. Продавцы закусок выкладывают остатки товара аккуратными кучками, готовясь встретить последнюю волну покупателей. Владельцы забегаловок, которые обслуживают ночной рынок, выставляют на улицы бамбуковые табуретки и столики совершают ритуал, обозначающий конец дня и возвращение тропического города к жизни.

Эмико заставляет себя не глазеть по сторонам, хотя давно не выбиралась на рискованные дневные прогулки. Райли, раздобыв девушке место в ночлежке, строго наказал: выходить только в темное время суток, сторониться освещенных мест и не сворачивать с дороги — только из дома в клуб и так же обратно, отклонения грозят гибелью. Постоянно держать ее в Плоенчите он не мог — даже на проститутках, сутенеров и наркоманов там имелись квоты, — поэтому поселил в трущобах, где и взятки были не так велики, и жильцы не столь придирчивы к соседству зловонных свалок.

Она шагает в плотном потоке пешеходов и чувствует, как по спине бежит неприятный холодок. Днем людям не до странных существ вроде нее, все слишком заняты своими заботами и не замечают странности чьих-то движений. А вот ночью, в неверном зеленоватом свете газовых фонарей, внимательных глаз меньше, но они ничем не заняты, затуманены ябой или лао-лао и выскивают, кем бы заняться.

Торговка, которая продает одобренную министерством природы соломку из папайи, бросает на девушку подозрительный взгляд. Эмико, стараясь не паниковать, шагает своей обычной неестественной походкой дальше и убеждает себя, что скорее похожа на экстравагантного человека, чем на результат генетического преступления. Ее сердце гулко стучит.

«Не спеши. Иди медленнее. Время есть — не так много, как хотелось бы, но задать несколько вопросов успеешь. Спокойствие. Терпение. Не выдай себя. Не перегрейся».

Вспотели ладони — единственная часть тела, которой бывает прохладно, поэтому она растопыривает пальцы наподобие веера — так немного легче, — потом подходит к общественной колонке, плещет на себя водой, жадно пьет и радуется, что бактерии и паразиты Новым людям почти не страшны: их тела — неподходящая среда. Хоть какая-то польза.

Обычный человек просто купил бы на вокзале Хуалам-понт билет на пружинный поезд, доехал до самых пустошей Чиангмая,¹ а там — пешком в глушь. Но Эмико придется хитрить — дороги патрулируют, каждая ведущая на северо-восток и к Меконгу тропинка от столицы до фронта кишит военными. Новые люди привлекают внимание, тем более что их боевые модификации служат во вьетнамской армии.

Впрочем, есть другой путь. Еще служа у Гендо-самы, она узнала: в королевстве грузы часто перевозят по реке.

Эмико сворачивает на Тханон Монгкут к докам и плотине, но тут же встает как вкопанная: белые кители. Вжавшись в стену, она замирает — не шевелясь вполне сойдет за человека. Даже не взглянув, эти двое проходят мимо, и у нее тут же возникает большое желание удрать назад в башню — там все кители подкуплены, а вот местные... Подумать страшно.

Наконец она подходит к новенькому кварталу гаидзинских складов и фабрик, взбирается на дамбу и смотрит на океан. Кругом кипит работа: докеры и кули разгружают парусники, махуты ставят в одну упряжку по несколько мегадонтов, те везут платформы товаров из трюмов на сушу, а оттуда в огромные фургоны на резиновых колесах, которые переправят все в пакгаузы. Воспоминания о прошлой жизни так и мозолят ей глаза.

На горизонте грязным пятном проступает карантинный Ко Ангрит, где среди за-

¹ Вторая по величине провинция Таиланда, находится на севере страны.

лежей калорий гайдзины — продавцы и управляющие сельхозкомпаниями — сидят и терпеливо ждут неурожая или эпидемии мора — тогда они смогут сломать торговые барьеры королевства. Гендо-сама как-то возил ее на этот плавучий остров, построенный из бамбуковых плотов. Эмико помнит, как стояла на плавно качавшихся платформах среди складов и переводила его речь, пока он уверенно перепродавал авансом иностранцам мореходные технологии, которые ускорят перевозку патентованной сои-про.

Вздохнув, девушка проныривает под увешанными тряпочками сайсинами — священные веревки бегут вдоль всей дамбы и исчезают вдаль. По утрам монахи — каждый раз из нового храма — благословляют нити, которые добавляют материальной преграде, сдерживающей напор жадного моря, крепости духовного свойства.

Прежде, когда добытые Гендо-самой бумаги позволяли ей безнаказанно гулять по всему городу, она ходила на ежегодную церемонию освящения плотины, насосов и соединяющего их сайсина. С первыми каплями муссонных дождей ее досточтимое величество Дитя-королева тянула рычаг, и божественные угольные помпы, взревели, оживали. Эмико разглядывала эту девочку, чья тонкая фигурка таяла на фоне огромных машин, созданных ее предками. Потом ко всем двенадцати насосам, расставленным вокруг города, монахи, напевая, тянули новый сайсин — из храма Священного столпа, из самой души Крунг Тхепа. А в конце все молились за долголетие своего хрупкого обиталища.

Сейчас сухой сезон, и нити пообтрепались, а помпы по большей части замолкли. Плавучие доки, баржи, плоскодонки мягко покачиваются на алой закатной воде.

Эмико идет вниз, в самую суету, разглядывает лица, выбирает кого-нибудь по добрей, потом, не желая себя выдать, замирает и, наконец решившись, спрашивает одного из рабочих:

— Катхор кха. Скажите, пожалуйста, кун, где можно купить билеты на паром? На север.

Тот — весь в пыли и поту — уточняет, дружелюбно улыбнувшись:

— Далеко на север-то?

Не зная, близко ли этот город от того места, о котором рассказывал гайдзин, она говорит наугад:

— До Пхитсанулока.

— У-у... Туда ничего не ходит. Даже за Аютию сейчас редко поднимаются — вода низко. Некоторые дальше тянут лодки мулами, вот и все, пожалуй. Ну, разве еще пара пружинных плоскодонок. Война тем более... Если надо на север — дороги пока сухие.

Скрывая разочарование, Эмико благодарит рабочего осторожным кивком.

По воде не выйдет. Либо посуху, либо никак. На реке еще получилось бы себя остудить, а вот на земле... Она представляет долгий путь под обжигающим тропическим солнцем. Может, стоит подождать сезона дождей. Придет муссон — станет прохладнее, поднимется вода.

Эмико шагает обратно через плотину, через трущобы, где живут семьи докеров и моряки, которые прошли карантин и получили увольнительную на берег.

Значит, по земле. Даже мечтать о бегстве было глупо. Если бы удалось сесть в пружинный поезд... но и тут нужны особые разрешения — десятки, чтобы просто войти в вагон. С другой стороны, можно всучить взятку или пролезть незаметно... Какая разница — все дороги ведут к Райли. Придется с ним поговорить, поумолять этого старого ворона о том, что ему совсем не интересно.

Когда она проходит мимо человека с татуировкой дракона на животе и мяча для такро¹ на плече, тот таращит глаза и произносит:

¹ Игра, похожая на волейбол, но мяч, который плетут из ротанга, отбивают ногами и головой.

— Дергунчик...

Эмико не сбавляет шаг и не поворачивает голову, но ей страшно.

— Дергунчик, — говорит незнакомец еще раз и идет за девушкой.

Оглянувшись, она видит явно недоброе лицо и с ужасом замечает, что у человека нет руки. Тот тычет ей обрубок в плечо, Эмико отпрыгивает и выдает себя рваным движением. Незнакомец ухмыляется и выставляет напоказ черные от бетеля зубы.

Она сворачивает в сой, надеясь, что о ней быстро забудут.

— Дергунчик!

Девушка ныряет в извилистый проулок и ускоряет шаг. Ладони потеют, тело нагревается, она дышит часто, избавляясь от излишков тепла. Однорукий не отстаёт — ничего больше не говорит, но шаги уже близко. Еще поворот — из-под ног в разные стороны прыскают переливчатые чешеры. Если бы и она так могла — стать одного цвета со стеной, и пусть этот человек пробежит мимо.

— Эй, пружинщица, ты куда? Я только посмотреть хочу.

Служи Эмико до сих пор у Гендо-самы, не стала бы убегать, а заговорила смело, зная, что защищена консульскими документами с печатью «импорт» и разрешением от владельца, пригрозила бы именем хозяина. Пусть была тогда чьей-то вещью, зато охраняемой. Могла даже пойти в полицию или к белым кителям. Паспорт и нужные штампы делали ее не преступлением против природы и теории ниш, а дорогой игрушкой.

Проулок вот-вот выведет на большую улицу с гайдзинскими складами и торговыми офисами, но однорукий успевает схватить Эмико за руку. Ей жарко еще и от страха. Она с надеждой смотрит наружу, но видит только лачуги, полотнища ткани и нескольких иностранцев, которые ничем не помогут: грэммиты — последние, кого она хотела бы видеть.

Незнакомец тянет девушку назад.

— И куда это пружинщица собралась?

Его глаза злобно поблескивают. Он что-то жуёт. Это яба, палочка амфетамина. Кули едят такие, когда хотят работать дольше, а для этого сжигают калории, которых у них нет. Однорукий хватает Эмико за запястье и тащит от большой улицы — подальше от посторонних глаз. Бежать девушка не может — перегрелась. Да и некуда.

— Встань к стене. Не так. — Он толкает ее. — Не смотри на меня.

— Прошу вас...

В здоровой руке незнакомца блестит нож.

— Заткнись. Стой смирно.

Вопреки всем прочим инстинктам она повинуется командному голосу и шепчет:

— Пожалуйста, отпустите.

— Я сражался с такими, как ты. Там, в джунглях, на севере. Этих пружинщиков было полно — сплошь солдаты-дергунчики.

— Я не такая модель, не военная.

— Такая же, японская. Я из-за вас руку потерял. И кучу друзей. — Он тычет обрубок ей в щеку, потом обхватывает за шею, разворачивает, жарко дышит в затылок, прикладывает нож к яремной вене и делает небольшой надрез.

— Пожалуйста, отпустите. Я сделаю все, что скажете. — Эмико прижимается к его промежности.

— Думаешь, стану мараить себя? — Он больно ударяет ее о стену, девушка вскрикивает. — Испачкаюсь об тебя, животное? — Потом, подумав, говорит: — Вставай на колени.

На большой улице рикши стучат колесами о мостовую, люди громко спрашивают, почем пеньковый канат или когда начало матча по муай-тай на Лумпини. Однорукий снова обхватывает шею Эмико и кончиком ножа нащупывает вену.

— Все мои друзья погибли в джунглях. И все — из-за вас, японских пружинщи-

ков.

Она негромко повторяет:

— Я не такая.

— Ну конечно, не такая! — хохочет однорукий. — Тоже тварь, но другая. Новый демон — как те, которых держат на верфях за рекой. Наш народ голодает, а вы крадете весь рис.

Нож плотно приставлен к горлу. Убьет. Точно убьет. Он — сгусток ненависти, она — кучка отбросов. Он зол, опьянен наркотиком и опасен, она — беззащитна. Тут не помог бы даже Гендо-сама.

Лезвие вжимается в гортань.

«Вот так и умрешь? Тебя для этого создали — истечь кровью, как свинья на бойне?»

В ней вспыхивает противоядие отчаянию — ярость.

«Даже не попробуешь спастись? Это ученые сделали тебя такой душой, что и мысли не возникнет вступить в драку за свою жизнь?»

Эмико закрывает глаза, молится бодхисаттве Мидзуко Дзидзо,¹ а потом, для верности, духу чеширов бакэнэко,² делает глубокий вдох и что есть силы бьет по ножу. Лезвие оставляет на шее жгучий надрез.

— Араи ва?! — вопит однорукий.

Девушка отталкивает его, подныривает под занесенным ножом и, не оглядываясь, бежит к выходу из проулка. Человек хрипит и тяжело падает на землю. Она выскакивает на большую улицу, не думая о том, что выдаст себя или перегреется и погибнет. Главное — уйти подальше от этого демона, перегореть, но не сдохнуть, как безвольное животное.

Вперед — мимо гор фруктов, через бухты веревок. Самоубийственное и бесполезное бегство, но она ничего не может с собой поделаться. Эмико толкает гайдзина, который торгуется за мешок местного ю-тексовского риса, тот отскакивает и возмущенно вопит.

Все вокруг будто замедлилось — прохожие не идут, а ползут. Она ловко проскакивает под бамбуковыми строительными лесами. Бежать до странного легко. Люди шагают так, словно увязли в меду. Эмико смотрит назад: ее преследователь сильно отстал. Удивительно, как вообще можно было его бояться. Глядя на этот заторможенный мир, она начинает хохотать... и налетает на строителя. Оба падают на землю.

— Араи ва! Смотри, куда идешь! — кричит рабочий.

Девушка с трудом встает на колени, чувствует, как онемели от ссадин ладони, и хочет бежать дальше, но все перед ней вдруг делается шатким и туманным. Она оседает, потом, как пьяная, поднимает себя снова и ощущает внутри страшный жар. Земля уходит из-под ног, но Эмико стоит, держась за выжженную солнцем стену, и слушает ругань строителя — яростную и бессмысленную. Наваливается раскаленный мрак. Она начинает перегорять.

В толпе среди велосипедов и запряженных мулами телег мелькает лицо гайдзина. Девушка мотает головой, разгоняя тьму, делает неуверенный шаг вперед (уже сходит с ума или так над ней шутит бакэнэко?), хватая строителя за плечо, и, не замечая, как тот вскрикивает и вырывается, рыщет глазами, хочет убедить себя, что это была лишь галлюцинация, рожденная ее закипающим мозгом.

И снова гайдзин — тот самый, со шрамом, весь бледный, который тогда у Райли посоветовал ей идти на север. Рикша возникает на мгновение и тут же исчезает за спиной мегадонта. И опять он — теперь на другой стороне улицы, смотрит прямо на Эмико. Тот самый.

¹ Дзидзо — почитаемый японский святой-спаситель. Мидзуко Дзидзо — один из его образов, защитник нерожденных или мертворожденных детей.

² В японской мифологии кошка со сверхъестественными способностями, оборотень.

— Держи! Не пускай дергунчика!

Однорукий размахивает ножом и лезет через леса, но до чего же медленно — медленнее, чем можно было представить. Девушка ломает голову: может, он с войны такой пришел? Но нет — шагает ровно, не хромает. Просто все замедлилось — люди, повозки — и стало странным, неторопливым, почти нереальным.

Эмико позволяет рабочему тащить ее за собой и продолжает разглядывать толпу — а вдруг привиделось?

Вон там! Гайдзин! Она вырывается, резко выскакивает на улицу, собрав силы на последний рывок, проскакивает под мегадонтом, едва не налетает на огромную ногу, потом, очутившись на другой стороне, бежит за рикшей и, словно нищенка, тянет к гайдзину руки.

Тот смотрит холодно, совершенно бесстрастно. У Эмико отказывают ноги, она хватается за повозку, хотя понимает: ее, жалкую пружинщицу, сейчас же отпихнут. Глупо было даже мечтать о том, что бледный иностранец разглядит в ней такого же человека, женщину, а не грудку биохлама.

Внезапно гайдзин хватается за руку, тащит к себе в рикшу, а тайцу за рулем кричит ехать быстрее — сразу на трех языках.

— Тан куй чи че, куай куай куай!

Тут на повозку, которая медленно набирает ход, бросается однорукий и с размаху бьет Эмико ножом в плечо. Она отстранено наблюдает за тем, как брызжет на сиденье кровь, как замирают в солнечных лучах рубиновые капельки. Опять взлетает нож. Ей бы поднять руку, защитить себя, вступить в схватку, но сил уже нет — от утомления и перегрева она едва может пошевелиться.

Нападающий кричит и бьет снова. Нож парит вниз — неторопливо, словно сквозь застывший на холоде мед — медленно и очень далеко. Лезвие вспарывает плоть. Усталость. Горячий туман. Сознание тает. Еще удар.

Внезапно между ними возникает гайдзин с блестящим пружинным пистолетом наперевес. Она чуть удивленно замечает, что этот человек носит оружие, но его схватку с наркоманом воспринимает как что-то совсем незначительное, отстраненное... тонущее во тьме. Жар поглощает Эмико целиком.

(ПРОДОЛЖЕНИЕ СЛЕДУЕТ)



БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ РАСТЕНИЯ СПЕЦВЫПУСК

Ладанное дерево.
Дерево Босвеллия.
Boswellia sacra
Fluckiger

Семейство: Бурзеровые
Род: Босвеллия

Народные названия: ладанное дерево, ладан, дерево ладан, индийский ладан, олибанум, курительная смола, босвеллия, босвелия.

В действительности ладанное дерево может значительно изменяться, а также видоизменяться, что зависит от места произрастания растения. Именно по этой причине дерево босвеллия было описано под многочисленными названиями, которые относятся исключительно к местным разновидностям и формам дерева. К сожалению, таксономия рода Босвеллия (*Boswellia*) в литературе, особенно в ботанической литературе, представлена довольно таки скудно. Дополнительная трудность заключается в том, что многие разновидности этого рода производят смолы, которые представляются, а также продаются под названием ладан.



Ладан, настоящий ладан, является золотисто-желтой, приятно ароматной смолой ладанного дерева, которое напоминает кустарник. Огромные плантации и леса дерева босвеллия произрастают около Красного моря, особенно в Аравии и Сомали. В течение, по крайней мере, четырех тысяч лет, основное место произрастания и производства ладана было именно в этих регионах.

Еще с исторических времен смола дерева босвеллия транспортировалась вдоль знаменитой Инсенс-Роуд – вероятно, самого важного торгового маршрута тех времен – между Египтом и Индией. Начиная с древних времен, смола ладанного дерева использовалась для производства ладана, косметики и духов. Аравийские женщины до сих пор сжигают ладан для того, чтобы их тело приобрело приятный аромат. Сжигание смолы дерева босвеллия позволяет приобрести не только приятный аромат тела, но также служит в качестве афродизиака, делает запах тела более эротичным и желанным для мужчин. Ладанному дереву, в особенности смоле, были приписаны психоактивные эффекты, начиная с раннего современного периода. В результате, смолу дерева ладан употребляли внутренне, курили, сжигали. Ладан стал довольно таки популярным и распространенным в использовании, особенно в Османской империи, Аравии, и даже в Европе. Очень часто ладан употреблялся и использовался в сочетании с опиумом (*Papaver somniferum*). Утверждалось, что другие разновидности дерева босвеллия также имели галлюциногенные эффекты. История ладана, а также ладанного дерева, из которого добывалась смола, является одновременно историей ошибочных беспорядочных мнений о многих растениях,

имеющих ароматическую смолу. Ведь абсолютно все ароматические смолы, как минимум однажды, упоминались под названием «ладан». Под названием «ладанное дерево» упоминались не только все формы и разновидности растений рода Босвеллия, но также и многие другие растения, имеющие ароматические смолы. Именно по этой причине ботаническая классификация и идентичность растения босвеллия не была определена до середины девятнадцатого века.



Методы культивирования ладанного дерева (в том числе фактически известные методы) являются хорошо защищенной тайной тех народов, которые выращивают и коллекционируют многие разновидности ладана. Однажды, древние египтяне попытались посадить деревья ладана в Египте, но эта попытка оказалась весьма неудачной, несмотря на хорошие теоретические знания египтян об озеленении. Египтяне, будучи далеко от родины, выкопали маленькие деревья босвеллия вместе с почвой. Выкопанные деревья ладана были отправлены в Египет, однако растения умерли еще до того, как были доставлены по месту.

Ладан является маленьким, довольно изящным деревом, и может вырастать от 4 до 5 метров в высоту. В редких случаях босвеллия может вырасти до 6 метров в высоту. Ладанное дерево характеризуется крепким стволом и темно-коричневой, бумажной корой. Одной из основных особенностей дерева босвеллия является то, что сбрасывая кору, ладанное дерево начинает немедленно развивать новую. Каждый год ладан образует новые побеги, которые густо украшены короткими желтыми волосками. Ладанное дерево имеет перистые листья, которые растут в небольших группах на концах ветвей. Небольшие черешковые цветы дерева босвеллия растут из пазух листьев. Каждый цветок ладанного дерева имеет пять лепестков и десять красных тычинок. Ладан производит плоды, которые, развиваясь, формируют

светло-коричневые капсулы. Капсулы ладана наполнены маленькими семенами. Период цветения ладанного дерева происходит в апреле. Настоящее дерево босвеллии очень легко перепутать с индийской разновидностью ладанного дерева под названием *Boswellia serrata* Roxb. Ведь индийский ладан также является источником ароматной смолы, которая с языка хинди переводится, как индийское благовоние. Существует еще одна разновидность дерева босвеллии под названием *Boswellia papyrifera*, которая также производит ладан. Однако, эту разновидность легко идентифицировать на основе высоты растения. Ладанное дерево этой разновидности является более высоким и более разветвленным, чем другие разновидности.



Психоактивным продуктом, который производит ладан, является смола дерева босвеллии. В Персии (Иран) существует определенное различие между смолами ладанного дерева. Здесь, различают «мужской ладан», который характеризуется от темно-желтого до красноватого цвета смолы, и «женский ладан», который имеет желтовато-беловатую, бледную, или прозрачную смолу. Существует также множество других растений, смолы которых, неоправданно называют ладаном. Среди таких растения можно выделить акацию, ель, мастику, тетраклинис и др.

Ладанное дерево содержит ароматную, психоактивную смолу. Для того, чтобы добыть смолу необходимо сделать несколько длинных (4-8 см), глубоких разрезов коры босвеллии. Существует даже специальный, подобный скальпелю, инструмент, известный как *mengaff*, который используется с целью добывания ароматной смолы ладана. Согласно утверждениям Теофрастуса, смола дерева босвеллии должна быть собрана в самое жаркое время года. Смола ладанного дерева является важным компонентом во многих рецептах воздействующего на психику ладана. В добавку к этому, ладан также является важным компонентом в Восточных так называемых «таблетках радости», а также прежде использовался в качестве ароматической добавки к вину и другому алкоголю.

Ладану, а также смоле ладана еще с давних времен приписывались такие эффекты, как легкое опьянение, эйфория и эффекты, которые улучшают настроение. В одной этноботанической энциклопедии эффекты ладана описаны, как те, которые способны «очищать кровь, укреплять сердце, убивать горе и веселить разум».



Ладанное дерево, ладан, смола ладана, а также такие производные босвелии, как экстракты, настойки, масла, кора ладана являются доступными без каких-либо ограничений по всему миру. Выращивание, распространение и использование ладанного дерева не преследуется законами никаких стран.

И по культовым и по экономическим причинам, ладанное дерево было самым важным компонентом в приготовлении ладана древних ассирийцев, евреев, арабов, египтян и греков. Смола ладанного дерева использовалась в качестве фумиганта и предлагалась богам в качестве приношения при каждой ритуальной церемонии. Ассирийцы традиционно сжигали ладан, приготовленный из дерева босвеллии, специально для Иштэр, королевы небес, для Адониса, бога возрождающейся природы, и для Бель, ассирийского бога высоты. Ассирийские короли, которые были также первосвященниками, окуривались ладаном и опрыскивались вином, одним из ингредиентов которого была смола ладанного дерева. Языческие, предисламские арабы посвящали кору дерева босвеллии, а также смолу ладана Сабису, их богу солнца.

Ладан использовался в многочисленных лекарственных целях в древние времена. Ладанное дерево возносилось многими историческими личностями, такими, как Гиппократ, Цельсус, Диоскорид, Гален, Марселлес. Босвеллия использовалась для производства масла, которое применялось для лечения многих заболеваний в чистом виде, или же в виде мазей. Масла и мази на основе ладанного дерева использовались при лечении запоров, открытых ран, обморожения, ожогов, узелковых утолщений, сыпи, чесотки, бородавок, псориаза, воспалений разного рода, ревматизма и подагры. Позже, извлечение растения босвеллии использовалось с успехом в Западной медицине и фитотерапии, чтобы лечить ревматоидный артрит. Эфирные масла, дистиллированные из многих различных видов ладанного дерева, вскоре стали очень важными компонентами в ароматерапии. В традиционной китайской медицине ладан расценен как стимулятор. Ладан, а также масла и экстракты на основе босвелии, используются, чтобы лечить проказу, кожные заболевания, менструальные боли, судороги, кашель и боли внизу живота. Дым или эфирное масло ладана вдыхают для лечения кашля и бронхита. В ранний современный период ладан использовался в «психиатрических» целях в качестве «стимулятора/усилителя настроения». В Эфиопии ладан сжигали в качестве фумиганта и

транквилизатора, а также использовали ладанное дерево для лечения лихорадки.

Все формы и разновидности ладанного дерева состоят на 53% из смолы ($C_{30}H_{32}O_4$), эфирного масла, босвелиевой кислоты, горьких веществ и растительной слизи. Ладан содержит от 5% до 10% эфирного масла, которое состоит из пинена, лимонена, кадинена, камфена, цимена, борнеола, вербенона, вербенола, олибанола и других веществ. Состав эфирных масел может быть различным, что зависит от формы и разновидности дерева босвелии. В течение многих лет в литературе и СМИ сообщалось о том, возможен вариант выработки ТГК во время сжигания ладана. Однако, в действительности, до настоящего времени, ТГК не был обнаружен нигде, кроме, как в марихуане и ее производных. Результаты недавних исследований в Фармацевтическом Институте университета Берна продемонстрировали, что ТГК не производится и не вырабатывается в процессе сжигания ладанного дерева, или смолы ладана. К сожалению, дым не был «исследован относительно других психотропных веществ».

Белый лотос.

Nymphaea ampla

Семейство: Кувшинковые

Род: Кувшинка

Другие названия: белая водяная лилия, белая кувшинка, розовый лотос, розовая лилия, розовый лотос, индийский лотос.

Белый лотос делится на две разновидности:

1. *Nymphaea ampla* var. *pulchella*;
2. *Nymphaea ampla* var. *speciosa*.

Кроме того, в Мексике, а также некоторых других странах, существует множество скрещенных и гибридных видов лотоса, в том числе белого лотоса, которые приобрели определенное значение в качестве декоративных растений.



Белая кувшинка представлена в доколумбовом искусстве, а также в иероглифических рукописях майя. Впервые белая кувшинка научно и ботанически была описана в девятнадцатом веке. Первые сообщения о психоактивном использовании и употреблении белого лотоса были опубликованы в 1970-х годах.

В южной Мексике, белый лотос распространен на территории низменностей майя. Белая кувшинка также распространена на более высоких высотах (плато озера Чьяпас). Белый лотос также имеет естественную среду распространения в северном Юкатане, Гватемале, Бразилии.

Выращивать и размножать белый лотос можно благодаря корневищу растения, которое необходимо разместить в пруду (с медленно движущейся водой), используя дренаж.



Белая кувшинка развивает мощное корневище, имеет длинные стебли, на которых размещены сердцевидные листья. Белый лотос характеризуется белыми цветами, которые торчат на высоте 20-30 см от плавающих листьев.

Белый лотос (*Nymphaea ampla*) очень легко спутать с европейским белым лотосом (*European Nymphaea alba* L.).



Психоактивными частями белой кувшинки являются корень, цветы и бутоны растения.

Белая кувшинка может быть приготовлена в виде чая, или отвара. К сожалению, в настоящее время ничего неизвестно о дозировке белого лотоса при приготовлении чая.

Высушенные бутоны и цветы белой кувшинки можно курить в отдельном виде, или использовать для приготовления курительной смеси. Один-два бутона белого лотоса является психоактивной дозировкой при курении. Свежий корень растения можно употреблять в пищу, как сырым, так и приготовленным. Употребление в пищу целого корня белого лотоса производит ощущение легкого опьянения (эйфории).



Белая кувшинка ритуально использовалась в качестве добавки к напитку balche.

В первой половине XX века бразильцы использовали цветы кувшинки в качестве наркотического опьяняющего средства, которое имеет эффекты, подобные опиуму. Существуют сведения, что в 1960 году, в штате Чьяпас, хиппи использовали цветы в качестве рекреационного наркотика.

Белый лотос является очень распространенным субъектом в искусстве Центральной Америки. Бог дождя Теотихуакан часто изображается с листьями, бутонами и цветами белой кувшинки. На некоторых исторических картинах Теотихуакан изображен с несколькими бутонами белого лотоса во рту. Известный этномикологист Р. Гордон Уоссон интерпретировал эти самые изображения белого лотоса, как представления энтеогенных грибов.

Белая кувшинка часто была изображена в искусстве классического периода майя в иконографических контекстах. Этот факт может быть интерпретирован различными способами.

Белый лотос был частым предметом изображения на древних керамических сосудах.

Интересным фактом является то, что существует даже иероглиф майя, известный под названием «jaguar-water lily». Этот иероглиф сыграл важную роль в создании системы письма индейцев майя.

Белая кувшинка использовалась в качестве ритуального лекарственного средства для лечения язв и кожных заболеваний. Некоторые индейские народы до сих пор используют белый лотос для этномедицинских, лекарственных целей.

Цветы белой кувшинки содержат апорфин, вещество, которое тесно связано с опиатами апоморфина. Вполне возможно, что апорфин при обработке, или в про-

цессе метаболизма, может быть преобразован в апоморфин.

В дополнение к апорфину, белая кувшинка содержит хинолизидиновые алкалоиды.

Чай, приготовленный из бутонов белой кувшинки, обладает легкими психоактивными эффектами. Употребление бутонов, корня, или листьев белого лотоса не имеет токсичных последствий.

Ayawaska

В переводе с кечуа — «лиана духов», «лиана мёртвых». Аюа на языке кечуа означает «дух, душа», а waska значит «лиана».

Другие названия: айяуаска, айяваска, аяуаска, аяваска, айваска, камарамти, яге, ая.

Из амазонских дождевых лесов происходит один из самых мощных катализаторов, для повышения осведомленности, когда-либо открытый человечеству. В Эквадоре и Перу это лекарство называется аяхуска, в Индии имеет ироничное значение «лоза мертвых».

Как галлюциногенное вещество, аяхуаска не относится к одному растению, это особая смесь из двух очень разных видов растений. Не существует такого понятия, как растение аяхуаска или яге. Аяхуаска относится к сочетанию растений, усиливающих действие друг друга, также имеющих разную силу в зависимости от умения его создателя.



Аяхуаска славится видениями, которые она создает и реальным опытом, который, как кажется употребляющему, он переживает. Аяхуаска вызывает гипнагогическое или оторванное от реальности состояние и в то же время она сохраняет индивидуума бодрым и находящимся в сознании.

Многие люди сообщают, что отвар Аяхуаски заставляет их думать быстрее и смысленней. Некоторые люди с большим опытом использования аяхуаски обозначили, что в конечном итоге мыслительные эффекты являются более значимыми, чем видения. В общем, люди сообщают, что Аяхуска дает им более глубокие и новые идеи, чем приходящие им в голову обычно.

Еще в доколумбовые времена, психоактивный напиток, известный как аяхуаска, использовался шаманами и знахарями в районе Амазонки для ритуалов исцеления и шаманских процессий. В прибрежных районах Эквадора, во время археологических раскопок, были обнаружены, так называемые, «горшки ведьм», которые использовались для приготовления аяхуаски. Согласно оценкам экспертов, эти исторические горшки имеют возраст около 3500 лет.

Каким образом психоактивный напиток аяхуаска был впервые обнаружен до сих пор остается загадкой. Однако, эта находка стала больше, чем случайное открытие, сделанное примитивными индейцами.

Миф о создании психоактивного напитка аяхуаска гласит: «Давным-давно, в тропических лесах, жил опытный охотник. Однажды, когда он был далек от своего дома, он услышал, как с ним разговаривает лиана. Охотник знал многое о том, как приготовить яд из корней, коры и семян различных растений для охоты на животных. Охотник верил в силу волшебных растений. Однако, лиана нашептала ему новый рецепт, и охотник вернулся домой с открытием.

Ночью ему приснился сон, в котором дух лианы объяснил охотнику, как приготовить напиток, который можно было бы использовать для лечения многих заболеваний».

Сегодня, шаманы до сих пор используют аяхуаску в качестве «напитка истинной реальности» с целью определения происхождения болезни, или же общения с владыками животных и растений.

Психоактивный напиток аяхуаска представляет уникальное сочетание компонентов Банистерии каапи (*Banisteriopsis caapi*) – огромная лиана, растущая в тропических лесах Амазонии, Бразилии, Перу, Эквадоре, а также листьев чакруны (*Psychotria viridis*) – кустарник семейства Мареновые. Лиана содержит такой алкалоид, как гармалин, а чакруна диметилтриптамин (ДМТ). Только с помощью комбинации этих активных ингредиентов, психоактивный напиток аяхуаска способен производить такой эффект, как расширение сознания. Из-за мощного психоактивного воздействия напитка, в результате которого возникает трехмерное видение, аяхуаску иногда в шутку называют «амазонское телевидение» или «джунгли кино».





Шаманы считают, что эффекты аяхуаски не связаны с активными составляющими напитка. Традиционно считается, что дух растения, которое используется для приготовления психоактивного напитка, позволяет открыть для себя истоки болезни, получить рецепт лекарства для излечения, или же выяснить, где лучше охотиться и добывать пищу. Шаманы с большим успехом используют этот магический напиток уже в течение многих лет. С каждым годом, чем более цивилизованными становятся тропические регионы, тем все больше неиндейцев вступают в контакт с магическим напитком. Сейчас, многие католики представляют себя в качестве цивилизованных шаманов, и используют аяхуаску для лечения многих физических заболеваний, а также душевных страданий. Их ритуалы использования аяхуаски представляют собой красочную смесь индийских и католических традиций во время исполнения христианских песен. На данный момент существует множество церквей и сект, которые интенсивно используют аяхуаску в качестве традиционного напитка.

В прошлом, способы приготовления и различные рецепты аяхуаски были засекречены шаманами. Только избранные знали гениальные и правильные рецепты приготовления психоактивного напитка. Только шаманы знали, какие растения нужно использовать для приготовления аяхуаски, где искать нужные растения и травы, и как готовить напиток.

Стебли Банистерии каапи являются основой для всех рецептов аяхуаски. Для приготовления аяхуаски необходимо отварить небольшого размера стебли лианы, а после, отваренные листья смешать со свежими листьями чакруны. Полученную смесь оставляют кипятиться на огне до момента, пока она не превратится в черную, густую и ужасную на вкус жидкость. Психоактивный напиток аяхуаска не стоит приготавливать в алюминиевой посуде, поскольку смесь является очень концентрированной и, при кипячении, способна разрушать алюминий и производить несъедобные соли алюминия.

В рецептах амазонских индейцев основным ингредиентом приготовления аяхуаски является лиана. Исследования различных образцов аяхуаски показывают, что в психоактивном напитке может содержаться от 20 мг до 400 мг β -карболина. Аяхуаска, приготовленная так называемыми цивилизованными метисами, как правило, содержит более высокие концентрации алкалоидов (в частности N,N-DMT), чем напиток, приготовленный индейцами.

Существует интересный индийский рецепт приготовления аяхуаски. Согласно этому рецепту, первым этапом приготовления аяхуаски является дробление 1-2-

метрового ствола Банистерии каапи на маленькие полоски. После, полоски помещаются в горшок вместе с несколькими литрами воды. В полученную смесь добавляются листья чалипонги (*Diplopterys cabrerana*), гуаюсы (*Guayusa*) геликонии (*Heliconia stricta*), а также растения семейства Мальпигиевые, известного под названием *muquyasku*. Приготовленную смесь кипятят до тех пор, пока большая часть воды не испарится. В результате кипячения должна получиться густая темно-зеленая или темно-коричневая жидкость.



Традиционно считается, что психоактивный напиток аяхуаска имеет таинственную связь с тропическими лесами. Ведь шаманы уверяют, что сила напитка позволяет видеть духов, которые присутствуют в растениях и животных. Благодаря психоактивному напитку шаманы могут общаться с духами растений, и способны приобретать необходимые для шаманских процессий знания. Традиционно считается, что благодаря аяхуаске шаманы знают истинное значение каждого отдельного животного и каждого отдельного растения. Этот ритуальный психоактивный напиток способен давать ответы на многие волнующие вопросы.

Шаманы используют эффекты аяхуаски для путешествия в другую реальность, которая часто упоминается, как «голубая зона» (англ. «blue zone»). Как утверждают любители ритуального использования аяхуаски, пребывание под влиянием психоактивного напитка позволяет исследовать тайны прошлого, настоящего и будущего, лечить больных членов семьи, а также бороться с темными силами. Считается, что в земном мире определить жертву влияния темных сил невозможно. Однако, благодаря аяхуаске, шаман способен легко указать на жертву потусторонних сил, и избавить страдающего от одержимости. Ритуальное использование психоактивного напитка аяхуаска является традиционным методом народного лечения во многих культурах мира, племенах и верованиях.

Ритуальное использование аяхуаски требует тщательной подготовки. Считается, что без физической и моральной подготовки к использованию ритуального напитка, духи растений не станут отвечать на интересующие шамана вопросы. Перед проведением ритуальной процессии, или же ритуального исцеления шаман обязан быть сексуально воздержанным на протяжении от недели до шести месяцев (период воздержания зависит от сложности ритуальной сессии). Помимо сексуального воздержания, шаман должен придерживаться строгой диеты, не употребляя мясные и молочные продукты, алкоголь, а также соль, перец, специи и жирную пищу. Важным моментом в подготовке к ритуальному использованию аяхуаски является регу-

лярное очищение организма с помощью слабительных веществ, клизм, возлияний. Некоторые шаманы употребляют напиток, приготовленный из гуаясы, с целью вызывания рвоты. Другие употребляют холодный экстракт из лианы, который действует в качестве слабительного. Шаманы придают очень сильное значение очищению организма, поэтому во время подготовки к ритуальному использованию аяхуаски, принимают различные меры для достижения максимального эффекта.

Ритуальное использования психоактивного напитка аяхуаска, как правило, сопровождается непрерывным курением табака махорки (*Nicotiana rustica*) или табака сигаретного (*Nicotiana tabacum*). Считается, что табак способствует изгнанию злых духов, а также неприятных и угрожающих видений. Кроме того, во время ритуального использования аяхуаски участники в больших количествах могут употреблять чичу, другие алкогольные напитки, а также жевать листья растения коки (*Erythroxylum coca*). Иногда, листья бругмансии замачиваются в ро-ме, а после, употребляются в качестве тонизирующего, стимулирующего средства. Некоторые шаманы, во время ритуального использования аяхуаски, сжигают кору камфорного дерева (*Cinnamomum camphora*) в качестве благовоний с целью повышения психоактивного влияния.



Существует огромное количество различных артефактов, связанных с психоактивным напитком аяхуаска. Племена Туканос (Tukanos) до сих пор интерпретируют многие амазонские петроглифы как изображения путешествий под влиянием аяхуаски. Существует также традиция украшения домов узорами, фигурками, эскизами, которые они наблюдали во время путешествия под влиянием психоактивного напитка аяхуаска.

В дополнение к истинному шаманскому использованию аяхуаски, в последние десятилетия начали появляться различные синкретические церкви, которые используют психоактивный напиток аяхуаска в качестве таинственного ритуального снадобья. В Бразилии, к примеру, существуют нехристианские секты, которые используют аяхуаску в ритуалах изгнания духов, а также физического исцеления.

Среди основных эффектов от употребления аяхуаски считались такие способности человека, как проходить сквозь стены, видеть сквозь горы, знать будущее, а также принимать участие в событиях прошлого и изменять будущее. Такие ут-

верждения приобрели статус мифа, выдумки. Однако, фармацевты и доктора утверждают, что столь психоактивный напиток действительно способен пробудить, или же увеличить телепатические способности человека.

Важным фактом является то, что только в последнее время, благодаря многочисленным исследованиям, ученые способны четко рассказать о нейрохимических секретах визуальных эффектов аяхуаски. Благодаря двум основным активным компонентам напитка (гармалин, диметилтриптамин), которые активно взаимодействуют и способствуют беспрепятственному прохождению через гематоэнцефалический барьер, происходит воздействие на определенные рецепторы головного мозга и стимуляция нервной системы. Именно этот сложный процесс, который происходит в организме человека вызывает разного рода видения, скачки во времени, пространстве, реальностях.

Эффекты аяхуаски длятся около четырех часов. Такой активный компонент аяхуаски, как гармалин, который содержится в лиане Банистерия каапи, вызывает седативный эффект, что иногда приводит к временной неподвижности человека. Седативный эффект от употребления аяхуаски является первой фазой воздействия напитка. Во время первой фазы опьянения именно гармалин может вызвать тошноту и даже рвоту. Психоделические эффекты вызывает диметилтриптамин, второй компонент аяхуаски, который содержится в растении чакруне. Психоделические эффекты аяхуаски наступают со временем, примерно через 40-60 минут после употребления напитка. Основные психоделические визуальные эффекты аяхуаски длятся около часа, а затем внезапно прекращаются. Такие побочные эффекты, как тошнота, или головокружение проходят сразу же, после того, как начинает действовать диметилтриптамин, вызывая визуальные психоделические эффекты. В случае, если психоактивный напиток аяхуаска употребляется на регулярной основе, организм привыкает к фармакологическим воздействиям активных составляющих аяхуаски. Со временем у постоянного потребителя психоактивного напитка аяхуаска вырабатывается толерантность к гармалину и диметилтриптамину. Именно по этой причине многие хронические любители аяхуаски больше не испытывают таких неприятных эффектов аяхуаски, как головокружение, тошнота, рвота, и могут употреблять психоактивный напиток несколько раз в день.

В настоящее время, психоактивный напиток аяхуаска является полностью законным в Бразилии. Правовая ситуация в других амазонских странах менее ясна, поскольку такое вещество, как диметилтриптамин является запрещенным, и относится к списку опасных наркотических веществ.

Очень противоречивым стал Патент № 5751, выданный Международной корпорацией медицины, зарегистрированной в Соединенных Штатах Америки. В 1996 году произошла регистрация этого патента, которая создала извращенно странную ситуацию вокруг психоактивного напитка аяхуаска. Международная корпорация медицины в своем патенте надеялась закрепить за собой авторские права на психоактивный напиток аяхуаска, таким образом монополизировать химические и фармакологические принципы аяхуаски. Какая же получается ситуация? В случае, если бы патент вступил в силу, то индейцы-изобретатели, хранители и шаманы аяхуаски были бы лишены права готовить свой коренной ритуальный напиток. Только в случае, если бы шаманы выплачивали лицензионные отчисления в корпорацию, они могли бы спокойно заниматься приготовлением аяхуаски. К счастью этот патент не вступил в силу.

Туристы со всего мира регулярно привлекаются к магическому напитку аяхуаска, его употреблению и ритуальному использованию. Однако, не всегда опыт, полученный от употребления аяхуаски, является положительным. Это связано с неумением приготовления и дозирования психоактивного напитка. Ведь, очень часто, употребление аяхуаски туристами, исследователями, или же путешественниками заканчивается передозировкой и другими нежелательными последствиями. Интересным фактом является существование так называемых псевдошаманов, которые

за небольшие деньги способны открыть «секрет» приготовления магического напитка аяхуаска. В результате употребления аяхуски по рецептам псевдошаманов, нередко фиксировались случаи попадания человека в кому, или же психического расстройства.

Сарсапарилла *Hemidesmus indicus*

Народные названия: Ананта-мула, восточно-индийская сарсапарилла, вечный корень, Нага-джихва, монастырский корень.

Сарсапарилла также известна в древней аюрведической медицине как Sugandi, почитаема за свои лечебные свойства в течении почти тысячи лет. Sugandi является многолетней, быстрорастущей лианой, которая посылает усики из каждого узла, чтобы цепляться к окружающей растительности. Листья очень тонкие, гладкие, овальной формы, напоминающие травинки, в течение всего года они остаются равномерно блестящими, темно-зеленого цвета. Стебли становятся жесткими, древесными с течением времени. В подходящем климате будет цвести практически круглый год.



Цветки мелкие, тонкие и удлиненные, светло-зеленые с фиолетовым оттенком внутри. Семена белые, покрыты крошечными серебристыми волосками. Корневая система редкая, линейная и обычно производит один главный корень с очень немногими боковыми ответвлениями. Корни очень ароматные, испускают сладкий запах, напоминающий сочетание ванили, корицы и миндаля.

Sugandi растет исконно по всей южной Азии, а возникла она в Индии, где она по-прежнему растет преимущественно дико. Известно также, что растет в Малайзии, Индонезии и Шри-Ланке. Это древнее целебное растение было распространено во все части мира, и ценится многими садоводами и специалистами в области традиционной медицины за свои лечебные свойства и ароматические качества.

Практикующие традиционную аюрведическую медицину использовали сарсапариллу

сотнями лет в качестве лечебной травы, а также магической травы для сна. Они использовали ее для лечения проблем с желудком, сыпи, подавления симптомов сифилиса, чтобы помочь вызвать трансовые состояния и состояния глубокой медитации, а также прояснить и подготовить разум для мира снов. Традиция аюрверды считает, что корни сарсапариллы дают более глубокие состояния сна и помогают пройти через четверо ворот сновидений, как написано Карлосом Кастанедой, в «Искусстве сновидения». Ее используют, чтобы помочь опытным дримерам (dream – с англ., сон) достичь ясности во сне или в REM фазе сна. Целители также прописывают ее мужчинам, страдающим от низкого либидо и сексуального бессилия, считается, что одно из активных веществ, содержащихся в корнях, увеличивает уровень тестостерона и повышает сексуальное желание. Мудрецы хинди использовали корни, чтобы очистить кровь от токсинов, успокоить кожные раздражения и сыпь, уменьшить жжение вызвано инфекциями мочевыводящих путей. Женщины используют корни сарсапариллы во время беременности для сокращения возможности выкидыша.



Большое количество различных племенных общин в Индии используют целебные свойства сарсапариллы, по этому есть много разных способов ее приготовить. В большинстве случаев корни растения сушат и перемалывают в мелкий порошок, который затем либо смешивают с другими лекарственными растениями, чтобы сделать мази и бальзамы, либо порошок высыпают в теплую воду, а затем пьют в виде чая. Известно, что кипящая вода может разрушать некоторые активные компоненты растения. Племена в Индии давят корни до появления сока, которые затем немедленно выпивают, чтобы минимизировать разрушение активных соединений. В современном приготовлении просто инкапсулируют сухой порошок корня, и рекомендуют употреблять пять граммов в день для максимальной пользы для здоровья. Аборигены живущие в Гималаях и в других местах на индийском субконтиненте, размалывают высушенные корни и листья сарсапариллы и смешивают их с *Ocimum tenuiflorum* (семенами Святого Василия), *Nelumbo nucifera* (голубым лотосом) и другими растениями, а затем курят получившуюся смесь, которая вызывает видения и действует как катализатор, погружая употребившего в состояние глубокого осознанного сна.

Корень Sugandi мощное шаманское растение для путешествия во снах, которое следует изучать с большой осторожностью. Наиболее примечательные эффекты: успокаивающий и очищающий, путем потребления корня в чай. После употребления описывают общие расслабляющие ощущения, переходящие в чувства эйфории и легкости. Многие заядлые дримеры пьют чай за час до сна, они сообщают, что чай

помогает им сохранять ясность ума и внимания в то время как они погружаются в сон. Позже ночью они объясняют, что они в состоянии осознать, что они находятся во сне и могут управлять им, зачастую по четыре или пять раз за одну ночь. Также корни данного растения помогают снять стресс.



Цветущая дикорастущая сарсапарилла.



Один из дикорастущих видов.

Конопля
Cannabis sativa
Linnaeus

Семейство: Коноплевые

Род: Конопля

Другие названия: сатива, конопля полезная, конопля обыкновенная, конопля техническая, конопля сатива.

Синонимы конопли посевной:

- *Cannabis americana* Houghton
- *Cannabis chinensis* Delile
- *Cannabis culta* Mansfield
- *Cannabis erratica* Sievers
- *Cannabis generalis* Kraus
- *Cannabis gigantea* Crevost
- *Cannabis intersita* Sojak
- *Cannabis lupulus* Scopoli
- *Cannabis macrosperma* Stokes
- *Cannabis pedemontana* Camp
- *Cannabis sativa monoica* Holuby

В середине девятнадцатого века известный ботаник Альфонс-Луи-Пьер Пирамю де Кандолл (1806-1893 гг) попытался стандартизировать таксономию каннабиса и предложил следующие разновидности, которые отличаются друг от друга особыми характеристиками:

1. *Cannabis sativa* var. *sativa* (в основном культивируется для производства тканей) ;
2. *Cannabis sativa* var. *spontanea* (характеризуется маленькими семенами, произрастает в дикой форме) ;
3. *Cannabis sativa* ssp. *indica* (содержит высокую концентрацию каннабиноидов) ;
4. *Cannabis sativa* var. *indica* (плоды этой разновидности меньше, чем 3.8 мм) ;
5. *Cannabis sativa* var. *kafiristanica* (имеет более темный насыщенный цвет листьев и стебля) .

Было также предположено, что разновидности могли быть разделены на четыре хемотипа .





Самые древние археологические доказательства культурного использования конопли посевной указывают на использование растения первоначально в шаманских контекстах. В археологических раскопках Неолитических керамических слоев, были обнаружены семена конопли, которые были идентифицированы как семена конопли посевной. Керамические слои были датированы приблизительно 5500 до н. э. Семена конопли были также найдены в раскопках других, более свежих Неолитических слоев, таких как Thainigen (Швейцария), Voslau (Австрия) и Frumusica (Румыния). Линейная керамика, которая относится к культурной эпохе Каменного века, украшена графикой, представляющей архитипичные мотивы и образцы, которые характеризуются галлюцинациями или психоделическими темами.

Среди германских народов конопля посевная была священным растением Фрей, богини любви. Сатива, очевидно, использовалась в качестве опьяняющего средства, а также афродизиака в ритуальных контекстах. Так же, как конопля индийская (*Cannabis indica*), конопля, которая произрастает в Германии имеет опьяняющие эффекты. Здесь, молодое свежее растение конопли посевной обладает чрезвычайно мощным, неприятным, часто опьяняющим ароматом. Эффектами от всего лишь присутствия возле растущего растения могут быть головокружение, головная боль, и даже своего рода опьянение.



Сатива была несколько раз упомянута, как источник еды, в древней китайской «Ши Чине», «Книге Песен» (приблизительно 1000-500 до н.э.). Египтяне, вероятно, узнали о конопле технической в приблизительно то же самое время.

Полезное и лекарственное растение конопля посевная было очень хорошо и широко известно в древние времена. Теофрастус написал первое ботанически правильное описание сативы под названием *dendromalache*. Огромное количество авторов (например, Varro, Columbarius и Gellus) свидетельствуют о том, что сатива была известна и уважалась в древние времена, как незаменимый источник волокна. Плиний интересно написал о конопле посевной, которую назвал каннабисом:

«Относительно происхождения термина каннабис, нам известно то, что было классическое греческое выражение *cannabeizein*, которое в переводе означало «вдыхать дым конопли». Существует также другое известное слово с того периода — *methyskesthai*, что в переводе означает «стать опьяненным посредством употребления наркотиков». Геродот использовал именно это слово, чтобы описать опьянение жителей острова Аракс, которые использовали дым сативы в своих ритуалах. Способность конопли посевной улучшить настроение не избегала даже Демокрита (460-371 до н.э.). Демокрита даже в тайне называли «смеющийся философ». Именно Демокрит назвал коноплю посевную *rotamaugis*. Этот философ отметил, что при употреблении сативы вместе с миррой в вине, возможны бред и видения. Автор писал о неумеренном смехе, который неизменно следовал после употребления такого напитка. Гален (приблизительно 130-199 н.э.) написал, что в Италии считается вполне общепринятым и нормальным употребление на десерт маленьких пирожных, содержащих коноплю. Такие угощения считались признаком благовоспитанности, поскольку сатива была расценена как «покровитель приподнятого настроения».

Вероятно, что вскоре сатива распространилась из Аравии и Египта в остальную часть Африки. Многочисленные трубки и курительные устройства были найдены в археологических контекстах, некоторые из которых все еще содержат остатки ТГК. Вероятно, что появление конопли технической с ее лучшими эффектами, вытеснило использование таких местных курительных трав, как дагга, или канна.

Поскольку человеческая культура распространилась по всему миру, соответственно распространилось использование и употребление конопли посевной. Во многих местах, например, Марокко и Тринидаде, культивирование конопли технической имело незаменимую экономическую важность для местных народов.



Конопля посевная по внешнему виду может значительно изменяться. Сатива так же, как другие разновидности рода Конопля, представлена в двух полах. В искусственном культивировании конопля техническая может быть представлена гермафродитом. Конопля посевная характеризуется небольшим количеством ветвей и имеет самые большие листья из всех трех разновидностей конопли. Листья конопли посевной растут на тонких, длинных, ланцетовидных веточках, что является важной особенностью этой разновидности конопли.

Коноплю посевную часто можно спутать с перцем успокаивающим (*Vitac agnuscastus* L.; *Verbenaceae*), листья которого удивительно подобны листьям сативы.

Психоактивными частями конопли посевной являются женские цветы, пыльца, смола, конопляное масло, семена и листья растения.



В воздействующих на психику целях, прежде всего, используются высушенные женские соцветия и смола (гашиш). Для достижения опьяняющего, или психоактивного эффекта используются различные приготовления на основе конопли посевной, или же растение просто курится, или употребляется внутрь.

Соцветия конопли посевной обычно упоминаются как марихуана.

Сатива точно также подходит как конопля индийская (*Cannabis indica*) и конопля сорная (*Cannabis ruderalis*) для производства гашиша. В Мексике гашиш, прессованная смола соцветий конопли, известен под названием *pure marijuana*, что в переводе означает «чистая марихуана». Многочисленные виды гашиша получены именно из конопли посевной.

Конопляное масло из сативы готовится путем извлечения женских соцветий, а затем вымачивания и выпаривания их в растворителе (этанол, алкоголь). Эфирное масло конопли посевной изготавливается с помощью паровой дистилляции. Конопля сатива часто используется в качестве добавки в алкогольные напитки. В старину конопля посевная использовалась вместо хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus*) в качестве добавки в пиво. С 1996 года пиво на основе конопли начало снова производиться в Швейцарии. В Южной Америке цветы сативы добавляются к напиткам, приготовленным на основе психоактивного кактуса Сан-Педро (*Trichocereus pachanoi*).

Существует интересный и довольно таки известный рецепт приготовления вина на основе конопли посевной. Этот рецепт создал и написал Демокрит. Согласно рецепту необходимо размочить 1 чайную ложку мирры (*Commiphora molmol*) и горстку цветов конопли в 1 литре рецины, древнего греческого вина. Конопля посевная, а также соцветия сативы также могут использоваться для приготовления ликеров, настоек, эликсиров. Исторические надписи на пирамидах, а также папирусные бумаги древних египтян указывают на то, что сатива рассматривалась в качестве лекарственного растения и использовалась в народной медицине бесчисленными способами. Один из древних египетских рецептов, в котором использовался сельдерей, конопля посевная и утренняя роса использовался для лечения различных заболеваний глаз. Этот рецепт интерпретировался как лечение глаукомы, которая была распространена в древнем Египте. К сожалению, современные офтальмологи все еще не создали лучшего лечения от глаукомы, чем настойки и эликсиры на основе конопли.

Конопля посевная была введена в Новую Испанию (Мексика, Перу) в ранний колониальный период. С этого времени сативу начали расценивать как стимулятор. Конопля посевная, смешанная с *aguardiente* (алкоголь, приготовленный из сахарного тростника) используется как внешнее средство, а также употребляется внутрь от укусов скорпиона, тарантула и других ядовитых насекомых.

В начале раннего современного периода все «отцы ботаники» согласились, что конопля посевная обладает «теплой и сухой природой». Именно по этой причине сатива стала основным компонентом лекарства, которое обеспечило хорошее лечение заболеваний ушей. Кроме такого медицинского использования конопли посевной, также упоминается использование вскипяченного корня растения в качестве обертывания для болезненных конечностей. Наиболее важная информация об этом раннем лекарственном использовании конопли посевной содержится в книге «*Krauterbuch*», что в переводе означает «Книга трав». В этой книге говорится о том, что «женщинам, у которых есть судороги в матке необходимо вдыхать дым конопли». Это, очевидно, первая письменная ссылка на лекарственное курение гашиша (чтобы лечить маточные судороги) в немецкоязычной литературе.

В девятнадцатом веке так называемые индийские сигареты начали продаваться в европейских аптеках. Такие сигареты курили с целью лечения астмы, заболеваний легких и гортани, невралгии, бессонницы и др. Индийские сигареты изготавливались из листьев конопли посевной, которые были пропитаны извлечениями мака опийного, листьев белладонны (*Atropa belladonna*), листьев дурмана обыкновен-

ного (*Datura stramonium*). Иногда рецепты индийских сигарет изменялись, и вместо некоторых компонентов использовались другие психоактивные растения. Такие смеси напоминают о ритуальных рецептах мазей и курительных смесей ведьм. Рекомендуемой дозировкой являлась одна индийская сигарета в день.



Химический состав конопли посевной очень сложный, однако, благодаря многочисленным исследованиям хорошо понятен. Главный, воздействующий на психику, элемент — ТГК (тетрагидроканнабинол), который содержится, прежде всего, в смоле и женских цветах, а также, в более низких концентрациях, в листьях. Наиболее сконцентрированным продуктом является масло гашиша, которое содержит приблизительно 70% ТГК. Смола соцветий содержит 25% ТГК. Исследования остатков гашиша, найденных в археологических раскопках, продемонстрировали, что со временем ТГК очень медленно окисляется и становится чуть менее активным.

Эфирное масло, содержащееся в конопле, а особенно в гашише, содержит карифиллен оксид. Именно это ароматное вещество использовалось и продолжает использоваться, чтобы дрессировать полицейских собак на поиск марихуаны, а также ее производных. Эфирное масло конопли обычно, или лишено ТГК, или содержит незначительную концентрацию.

Семена конопли содержат белки, протеины, а также некоторые ферменты. Основным составляющим семян конопли является эфирное масло. Масло из семян конопли очень богато ненасыщенными жирными кислотами (витамин F). Гормон зеатин был найден в незрелых семенах конопли. Семена конопли также содержат алкалоиды каннабамин А, В, С, Д, пиперидин и тригонеллин.).

Пыльца конопли посевной содержит А9-ТГК, а также ТНСА (подобное алкалоиду вещество), флавоны и фенолические составляющие.

Листья конопли посевной содержат холин, тригонеллин, мускарин, бетаин, хорденин, алкалоид — phenethylamine, существующий во многих кактусах.

Корни конопли посевной содержат фрейделин, эпифрейделинол, холин, нойрин и др.

Современная наука, основанная на археологических раскопках и исследованиях, не позволяет с уверенностью сказать о точной дате начала ритуального использования конопли посевной. В центральной Европе конопля техническая, возможно,

использовалось в шаманских контекстах во время Неолитического периода. В древнем Китае шаманы наверняка знали о конопле, и использовали ее для достижения различных видов сознания. Древняя китайская литература заполнена информацией о лекарственном использовании сативы, а также гашиша. В самых ранних китайских источниках, в которых описывается использование лекарственных трав, сказано, что хроническое употребление цветов и соцветий конопли позволяет «видеть дьяволов», которые могут принудить служить им. К сожалению, эти источники не сообщают о способе употребления конопли (курение, сжигание в ладане, окуривание, употребление внутрь и т.д.).

Производные конопли посевной имели культовое значение среди древних греков. Греческий археолог Сотирис Дакарис, который исследовал оракула мертвых в Ахероне с 1959 года, обнаружил «сумки, полные черных глыб гашиша». Вполне возможно, что в храме изготавливали и употребляли гашиш в целях особенно ярких снов и мечтаний. Также возможно, что сатива использовалась в качестве ладана и ритуально сжигалась.

Остатки конопли были восстановлены от древней египетской могилы Amenophis IV (1550-1070 до н.э.). Пыльца конопли посевной также была идентифицирована на мумии Рамзеса II. Согласно многочисленным исследованиям, научно доказано, что большинство египетских мумий были наполнены гашишем. Таким образом, ритуальное использование (культ смерти) гашиша и конопли во время династического периода в Египте было продемонстрировано в течение второго тысячелетия до н.э. Этот факт также позволил идентифицировать древнее египетское слово *imsmt* как «гашиш». В Египте конопля, а также гашиш продолжает обладать ритуальным значением и является своего рода социо-интегральным элементом на неофициальных встречах. Сегодня, множество людей по всему миру курят гашиш и коноплю из различных курительных приспособлений.





Трубочки разного размера, предназначенные для курения гашиша, были найдены в могилах галло-романского периода. В кельтских и германских могилах были обнаружены остатки соцветий конопли.

Огромное количество курительных приспособлений было изобретено в Африке. В дополнение к водным трубкам со шлангами, были изобретены роговые трубки, земные трубки и даже трубки из тыквы.

Когда дело доходит до курительных приспособлений, творческий потенциал не знает пределов. Разрабатывались, создавались и использовались многочисленные трубки для курения конопли и гашиша. В дополнение к стандартным курительным трубкам и восточным водным трубкам (кальяны), курительными приспособления были развиты определенно для того, чтобы курить гашиш и марихуану. Существуют водные трубки под общим названием бонг, сделанные из стекла, пластмассы или керамики, воздушные трубки под названием кабум, курительные девайсы с дополнительным потоком воздуха. В действительности разнообразие курительных приспособлений не знает предела. Одно удивительное курительное изобретение является родом из Калифорнии, где океанское существо, морской еж, производит раковину, которая может быть превращена в природную и идеальную чистую трубку. Кроме раковины, все, что необходимо, так это маленький экранчик, который помещается в полость рта морского ежа. Дым вдыхается через анальное отверстие ежа. Следовательно, в местной контркультуре общепринятым стало говорить о «ритуале analingus». Недавно, Ник Монтефиор создал курительную трубку высокой технологии, которая имеет размер кредитной карты и сделанная полностью из металла (для чистого курения). Когда этот товар прибыл на рынок, ему немедленно было присуждено Дизайнерский Приз Би-Би-Си.

Как правило, сатива, марихуана, гашиш, а также курительные смеси на основе конопли, курятся в форме сигареты-самокрутки, так называемого «джоинта». Джоинт приготавливается путем скручивания табака смешанного с коноплей в специальную бумагу. Специальная коммерческая бумага имеет идеальное для сигареты-самокрутки качество и длину. В 1986 году французская папиросная компания спонсировала выставку в Париже. Выставка представляла разные виды бумаг для скручивания сигарет. Каталог выставки сделал очень ясным тот факт, что большинство видов бумаг для скручивания сигарет предназначено для скручивания джоинтов.



Шалфей
предсказателей
Salvia divinorum

Семейство: Яснотковые

Род: Шалфей

Другие названия: сальвия дивинорум, шалфей предсказателей, шалфей наркотический, трава пастушки.

Естественных форм и разновидностей сальвии дивинорум не обнаружено. Существует несколько клонированных подвидов шалфея предсказателей.

Ацтеки с исторических времен знали и использовали растение под названием «pipiltzintzintli», что буквально переводится, как «самый благородный маленький принц». Это растение нашло свое использование в ритуалах, церемониях и традиционных обрядах. В энтеогенных ритуалах Сальвия дивинорум отыгрывала такую же роль, как галлюциногенные грибы. Многие авторы, ученые и ботаники с уверенностью предположили, что растение под местным названием «pipiltzintzintli» это – всем известный шалфей предсказателей.

Гордон Уоссон обнаружил растение сальвия и начал изучать ее использование в 1962 году. В этом же году шалфей предсказателей был впервые ботанически описан Карлом Эплингом. К сожалению, в 1960-х гг Альберт Хофман был неспособен обнаружить любые активные элементы в анализе сока сальвии. Составляющие элементы и фармакология шалфея предсказателей не были разъяснены вплоть до 1980-х годов. В 1990-х гг. был обнаружен и описан сальвинорин А, один из основных активных элементов Сальвии дивинорум.

Сальвия дивинорум имеет естественное распространение в тропическом климате, в частности в тропическом дожде и тропических лесах. Шалфей предсказателей произрастает на высотах между 300 и 1,800 метрами. По причине маленького первоначального диапазона распространения растения, сальвия дивинорум является самым редким растением среди всех естественных энтеогенов. Сейчас, шалфей предсказателей выращивается любителями растений по всему миру.

Размножение и выращивание сальвии дивинорум происходит путем черенкования. Черенком шалфея предсказателей может стать любая молодая веточка сальвии, длиной 8-12 см. Все листья, кроме самой молодой пары, удаляются из ветки, которая помещается в воду. Приблизительно через две недели черенок сальвии нач-

нет развивать корни. Черенок Сальвии дивинорум может высаживаться в почву приблизительно через четыре недели. Шалфей предсказателей требует большого количества воды, и предпочитает очень высокую влажность. Если края листьев сальвии становятся коричневыми, это – верный признак, что воздух для растения Сальвия дивинорум слишком сухой. Сальвия дивинорум не терпит прямого солнечного света, и предпочитает темную почву. Шалфей предсказателей нуждается в обильном количестве воды, то есть, при искусственном выращивании Сальвии дивинорум, необходимо поливать растение каждый день. Шалфей предсказателей чувствителен к холоду, однако, искусственно культивированная Сальвия дивинорум все же может пережить умеренный мороз.



В настоящее время исследуются методы для того, чтобы вырастить сальвию с помощью семени растения.

Сальвия дивинорум – вечнозеленое, травяное, многолетнее растение. Шалфей предсказателей может вырастать более, чем 1 метр в высоту. Характерной особенностью сальвии является ее полностью четырехсторонний, иногда даже квадратный стебель, который может вырастать толщиной в 2 см. Края стебля Сальвии дивинорум являются угловыми. Листья и ветви шалфея предсказателей развиваются из узлов на стебле растения. Шалфей предсказателей имеет от светло-зеленого до темно-зеленого цвета листья, которые полностью покрыты тонкими волосками, и достигают длины более, чем 20 см и ширины, приблизительно 10 см. Листья сальвии ланцетовидные и конические с обоих концов. Соцветия Сальвии дивинорум произрастают и развиваются на концах стеблей. Чашечки соцветий шалфея предсказателей имеют форму колокольчика и синеватый или фиолетовый цвет, в то время, как лепестки всегда белые. В Мексике Сальвия дивинорум цветет между октябрём и мартом, но, прежде всего, в январе. В искусственном культивировании шалфей предсказателей почти никогда не развивает цветы и плоды.



Психоактивными частями Сальвии дивинорум являются свежие, а также сухие листья растения.

Индейцы племени Мазатек берут тринадцать пар свежих листьев шалфея предсказателей (всего двадцать шесть листьев) и скручивают их наподобие сигар или табачной смеси, которую кладут в рот и жуют. Выделяющийся сок не глотают, ведь активные компоненты абсорбируются через слизистую оболочку рта. Для приготовления одной такой ритуальной сигары берут, по меньшей мере, шесть свежих листьев сальвии, но иногда используют восемь или десять листьев для более сильного эффекта. Действие при таком способе употребления начинается приблизительно через десять минут и длится приблизительно сорок пять минут.

Сухие листья сальвии также можно курить. При таком употреблении половина крупного листа (две-три глубокие затяжки) вызывает сильное психоактивное действие. Листья Сальвии дивинорум курят в отдельном виде, или же используют для приготовления психоактивных курительных смесей.



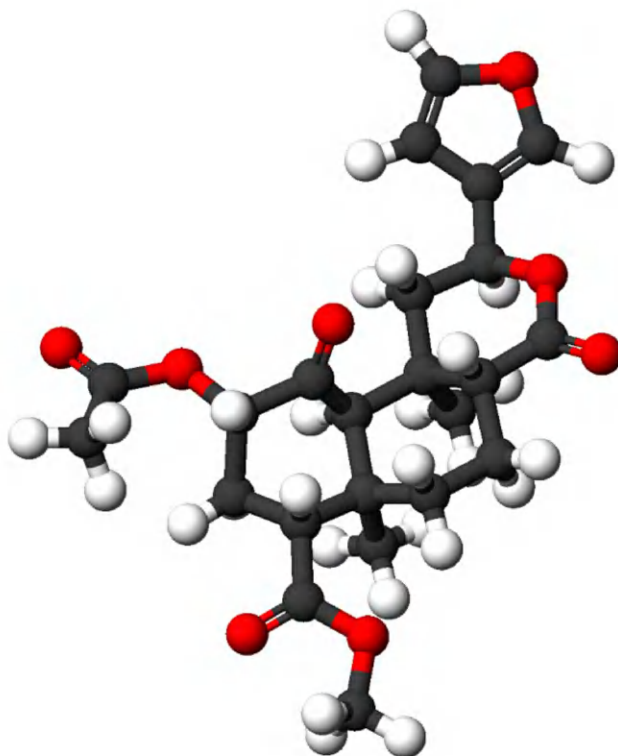
Растение шалфей предсказателей, известное как «Hierba de la Pastora», что в переводе означает «травя пастушки», тесно связано с индейскими культами и ритуалами грибов. Точно не установлено, использовалась ли Сальвия дивинорум во времена, предшествующие испанскому завоеванию. Однако, колдуны, шаманы, знахари и предсказатели индейцев племени Мазатек использовали и продолжают использовать Сальвию дивинорум в ритуалах исцеления, а также ритуалах, связанных с прорицанием и предсказанием.

Ритуальное употребление сальвии заметно похоже на использование галлюциногенных грибов. Ритуалы с участием шалфея предсказателей происходят ночью, в полной темноте и тишине. Шаман присутствует с больным наедине или с другими больными, или, возможно, с некоторыми здоровыми участниками ритуала. Перед тем, как разжевать и высосать сок из листьев сальвии, их держат над дымом тлеющего смолистого благовония. Во время ритуала исцеления непрерывно произносятся традиционные молитвы. После жевания листьев участники ложатся и погружаются в полный покой и тишину. Ритуал сальвии длится не более одного-двух часов, так как действие листьев шалфея предсказателей длится заметно меньше, чем действие грибов галлюциногенов. Если видения достаточно сильны, целитель находит причину недуга, дает больному подходящий совет и заканчивает церемонию.

Листья сальвии дивинорум содержат неоклеродановые дитерпены сальвинорин А и сальвинорин В (также известные как дивинорин А и В), а также два других сходных вещества, которые до сих пор не идентифицированы. Главным составляющим элементов сальвии является сальвинорин А, который вызывает сильнейшее изменение сознания в таких малых дозах, как 150-500 мкг. Сальвинорин не является алкалоидом. Нейрохимия сальвинорина до сих пор является неразгаданной тайной. В рецепторных тестах эти компоненты не связывались ни с одним рецептором (метод Novascreen), растение также содержит вещество лолиолд.

Большинство людей, которые курили, или жевали листья шалфея предсказателей, или же принимали настойку, эликсиры на основе Сальвии дивинорум сообщают об очень странных, необычных психоактивных эффектах, которые не совсем сопоста-

вимы с эйфорическим или психоделическим действием других психоактивных растений. Среди основных эффектов сальвии можно выделить «изгибание» пространства, ощущение раскачивания, внетелесные переживания.



Сальвинорин А.

Даниэль Сиберт суммировал феноменологию эффектов Сальвии дивинорум и создал список характерных видений и ощущений после употребления сальвии:

1. Перевоплощение в объект (картофель, свежая краска, ящик, колесо обозрения и т.д.);
2. Видения различных двух размерных поверхностей;
3. Посещение прошлого, особенно детства;
4. Потеря тела и/или идентичности;
5. Различные ощущения движения под влиянием каких-то сил;
6. Истериичный смех не поддающийся контролю;
7. Полное искажение реальности;
8. Восприятие, что человек находится в нескольких местах одновременно.

Эти эффекты решительно напоминают эффекты кетамина при дозировке 50-100 мг.

(ПРОДОЛЖЕНИЕ СЛЕДУЕТ)

Батончик супер-героя

Kids



Шоколадный пудинг с вишней

