ADRIAN M. WENNER, PATRICK H. WELLS

ANATOMY OF A CONTROVERSY

The Question of a «Language» Among Bees

COLUMBIA UNIVERSITY PRESS
NEW YORK

АДРИАН ВЕННЕР, ПАТРИК УЭЛЛС

АНАТОМИЯ НАУЧНОГО ПРОТИВОСТОЯНИЯ

Есть ли «язык» у пчел?

Перевод с английского
и научное редактирование
Е. Н. Панова

ЯЗЫКИ СЛАВЯНСКИХ КУЛЬТУР
МОСКВА 2011

УДК 811.161.1
ББК 81
В 29

Перевод и издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) проект № 09-06-07112

Веннер А., Уэллс П.

В 29 Анатомия научного противостояния. Есть ли «язык» у пчел? / Пер. с англ. Е. Н. Панова — М.: Языки славянских культур, 2011. — 488 с., ил. — (Разумное поведение и язык. Language and Reasoning).

ISBN 978-5-9551-0491-1

Книга посвящена анализу явлений, которые оказалась центральным пунктом наиболее непримиримых противоречий в истории биологии XX столетия. Полемика развернулась вокруг так называемых «танцев пчел». Согласно одной точке зрения, они выполняют функцию «языка», посредством которого пчела, осведомленная о местонахождении источника пищи, информирует о нем прочих членов общины. Другая гипотеза основана на представлениях о значении запаха, как ведущего стимула в поведении пчел-сборщиц нектара. В 1950-х, 1960-х и 1970-х гг. вопрос многократно обсуждался с участием ряда выдающихся биологов.

На примере противостояния вокруг вопроса, выполняет ли танец пчел «языковую функцию», рассматриваются внутренние пружины научного прогресса и социально-психологических факторов, тормозящих его. Таким тормозом наиболее часто оказывается приверженность ученых господствующей парадигме (термин философа и историка науки Т. Куна), что принципиальным образом ограничивает их поле зрения и препятствует восприятию более адекватных объяснений внешней реальности. Книга знакомит читателя с базовыми сведениями о философии и методологии науки. Она является строгим документом по истории борьбы идей на протяжении более чем полувековой истории биологии. Ее значение, как введения в методологию науки для молодых ученых-биологов трудно переоценить. Этот пласт знаний раскрывает глубинную суть процесса научного поиска, о чем начинающие исследователи оказываются поразительным образом неосведомленными, поскольку не получают какого-либо специального обучения по этому предмету.

ББК 81

ISBN 978-5-9551-0491-1

© Издательство «Языки славянских культур», 2011
© Панов Е. Н., перевод на русский язык, предисловие, 2011

Электронная версия данного издания является собственностью издательства, и ее распространение без согласия издательства запрещается.

Оглавление

Предисловие переводчика и редактора русского издания 7
Предисловие авторов 19
Благодарности 25

Анатомия научного противостояния. Есть ли «язык» у пчел?

Глава 1. Наука, конфликты в ней и вопрос о языковой функции танца пчел 29
Глава 2. Философы и парадигма 43
Глава 3. Реализм и строгое умозаключение 67
Глава 4. Двести лет блужданий в потемках 91
Глава 5. Парадигма поиска по запаху: история и новый взгляд 109
Глава 6. Парадигма языка танцев: развитие идей и их одобрение научным сообществом 131
Глава 7. Парад аномалий: научение 155
Глава 8. Парад аномалий: запах (назад к «изучению» вопроса) 175
Глава 9. Новый подход: тестирование гипотезы языка танцев у пчел 197
Глава 10. Множественные умозаключения и «решающий» эксперимент 221
Глава 11. Социальная сеть 237
Глава 12. Первые попытки реанимировать гипотезу языка танцев 259
Глава 13. Школа реалистов и трактовки поведения 285
Глава 14. Противостояние вокруг гипотезы языка танцев: конфликт двух парадигм 313

Приложения

Эпизоды из истории науки 329
Приложение 1. Аристотель и рекрутирование у пчел 329
Приложение 2. Эдвард Дженнер и история вакцинации людей коровьей оспой 333
Приложение 3. Мнимый плагиат Мориса Метерлинка 336
Приложение 4. Прозрение во время семинара в Ла-Джолла 342
Приложение 5. Переписка с редакцией журнала *Science* 351

Гносеология и методология 365
Приложение 6. Реализм и релятивизм 365
Приложение 7. Эволюция и статус «научного метода» 373
Приложение 8. Телеология 382

Поведение пчел в контексте двух парадигм 388
Приложение 9. Метод тренировки пчел 388
Приложение 10. Пахучая железа Насонова у медоносной пчелы 395
Приложение 11. Ольфакторное поисковое поведение летающих насекомых 404
Приложение 12. Эксперименты на проверку точности в использовании указаний языка танцев 416
Приложение 13. Отрицание гипотезы языка танцев 425
Приложение 14. О чем говорят эксперименты с искусственной пчелой 438

Дополнение к русскому изданию 445

Литература 459
Указатель терминов 477
Указатель имен .....

Предисловие переводчика и редактора русского издания

Если судить по второй части названия этой книги (подзаголовок «Есть ли “язык” у пчел?»), речь в ней идет о сравнительно частном явлении из области коммуникативного поведения насекомых. На самом деле, познавательное значение книги много шире. Ее авторы попытались раскрыть психологические и социальные механизмы удивительной стойкости неких мысленных конструкций, которые полностью расходятся со строем и логикой предшествующего развития знаний в данной отрасли науки. Но вопреки тому, что идея находится в явном несоответствии со всем сделанным ранее и не подтверждена достаточно весомым эмпирическим материалом (а то и противоречит ему), она поразительно быстро завоевывает популярность в научной среде и на десятилетия становится господствующей догмой, попытки борьбы с которой можно уподобить сражениям Дон Кихота с ветряными мельницами.

Парадоксально, что появлению по меньшей мере двух таких догматов мы обязаны как раз медоносной пчеле. Возможно, причина в том, что этот вид насекомых веками привлекал к себе внимание людей

из-за особенностей их социальной организации, созидательной деятельности и практического значения. Об этом написано столь много, что нет смысла повторяться (См., в частности, Панов 2001: гл. 12).

Одна из двух теоретических конструкций, которые я имею в виду, принадлежит английскому эволюционисту Уильяму Дональду Гамильтону (1936—2000). Ему приписывают заслугу внедрения в теорию эволюции таких понятий, как альтруизм и отбор родичей. Так называемая *генетическая теория социальной эволюции*, предложенная Гамильтоном, поставила его, по словам Е. О. Уилсона, в ряд основоположников социобиологии. Р. Докинз называет У. Гамильтона «одним из величайших теоретиков эволюции в XX веке».

Именно активная деятельность этих трех авторов привела в конечном итоге к широко распространенному, но совершенно ложному представлению о том, что начиная «с 70-х годов прошлого столетия эволюционная биология стала наукой не о животных, а о генах» (См., например, Ридли 2008: 172).

Читатель может спросить, а при чем же здесь медоносная пчела? Дело в том, что вся эта линия мышления берет начало от статьи У. Гамильтона «Эволюция альтруистического поведения», опубликованной в 1963 г. (Hamilton 1963: 354—356). У. Гамильтону показалось, что он нашел ответ на вопрос, который ставил перед собой еще Ч. Дарвин. А именно, почему в общине медоносных пчел все самки, кроме матки, не размножаются, но становятся членами касты рабочих. В основе идеи У. Гамильтона лежит то реальное обстоятельство, что у пчел среднее родство самки к собственным детям равно 1/2, а к родным сестрам 3/4. Но вывод, сделанный исследователем из этого, сводился к следующему: естественный отбор среди самок был направлен против их естественного стремления приносить потомство. Вместо этого эволюционное развитие пошло по пути выработки у них стратегии заботы о своих сестрах. Этот феномен У. Гамильтон называл «альтруистическим поведением».

В другой своей работе (Hamilton 1972: 193—232) он так объясняет суть своих построений: «Представим себе, — пишет он, — что ген стоит перед проблемой увеличения числа своих копий и отдает себе отчет в том, что есть возможность следующих выборов: 1) вызвать у своего носителя А поведение, полезное только для него самого и ведущее к увеличению репродукции А, или же 2) “бескорыстное” поведение, некоторым образом приносящее выгоду родичу Б». Если рассматривать данную альтернативу в рамках представлений об инди-

видуальном отборе, на первый взгляд более выгодной представляется первая тактика.

«Жертвуя собственными интересами» сегодня (то есть, не размножаясь), индивид может таким образом получить «выигрыш в будущем» в форме итоговой (результирующей, совокупной) приспособленности (inclusive fitness). Таким образом, распространение «копий своих генов», которое есть главная задача особи в соревновании с себе подобными, осуществится не обычным, «эгоистическим», а обходным — «альтруистическим» путем.

Кастовая организация общины пчел дает пример так называемого репродуктивного разделения труда (репродуктивные самки только воспроизводят потомство, а рабочие особи только опекают его, отказываясь при этом от размножения). Прогрессивное развитие в эволюции репродуктивного разделения труда Гамильтон приравнял к эволюции социального образа жизни как такового.

Однако его алгебраические выкладки, основанные на степени родства индивидов у пчел, действительны только в отношении перепончатокрылых насекомых, для которых характерна особая генетическая система, именуемая гапло-диплоидией (самки имеют двойной набор хромосом, самцы — одинарный). Поэтому рассуждения Гамильтона неприменимы даже к другой группе высоко социальных насекомых, именно термитов (оба пола диплоидны), не говоря уже о позвоночных животных (Подробнее см. Панов 2010: 22—23, 290—317).

Генетическая теория социальной эволюции может служить ярчайшим примером редукционизма в биологии. Суть его в попытках объяснить происходящее на высоких уровнях организации живого (популяция, социум) через события более низких уровней (в данном случае, генетика индивидов), которые подчиняются принципиально иным закономерностям. Только не отдавая себе отчета в этом, позволительно утверждать, что эволюционная биология может, в принципе, стать «наукой не о животных, а о генах»[1].

Я столь подробно остановился на этой системе взглядов, далекой, казалось бы, от темы книги, по следующей причине. Подобные идеи

[1] В этом году журнал Nature опубликовал статью, в которой, наконец-то, поставлены под сомнение искусственные построения Гамильтона и вся вытекающая из них редукционистская идеология. Подзаголовки статьи гласят: «Взлет и падение теории итоговой приспособленности», «Правило Гамильтона почти никогда не соблюдается» и так далее в том же ключе. (См. Nowak, Tarnita, Wilson 2010: 1057—1062).

создают благоприятную почву для выдвижения аналогичных схем, упрощенческих и далеких от реальности, в других областях биологии, в результате чего формируется неадекватное мировоззрение у многих поколений биологов.

Почти одновременно с генетической теорией социальной эволюции родилась вторая «теория» столь же редукционистского характера, появлению которой мы также обязаны медоносной пчеле. Именно причудливой научной судьбе этих идей посвящена предлагаемая читателю книга. Речь идет о так называемой гипотезе «языка танцев», за которую немецкий физиолог Карл фон Фриш получил в 1973 г. Нобелевскую премию. В книге показано, с какой скоростью эта «гипотеза», совершенно не подкрепленная строгими фактами, была принята на веру тогдашним сообществом этологов и сразу же превратилась в неопровержимую догму. Симптоматично, что этому во многом способствовали те самые ярые приверженцы редукционистской теории Гамильтона, о которых я упоминал выше. Я имею в виду Р. Докинза и Е. О. Уилсона.

К. Фриш и его последователи в попытках разобраться в принципах коммуникации у пчел, исходили из схемы парных взаимодействий между конкретными индивидами. Пчела, прилетающая с взятком, сигнализирует другой танцем о местонахождении источника пищи, и та отправляется по указанному ей адресу. Такое объяснение вводило в качестве необходимого информационного посредника феномен передачи абстрактной, символической информации, что не свойственно никаким другим видам насекомых. Авторы книги показали, что поисковое поведение пчел ничем принципиально не отличается от того, что известно для всех летающих насекомых, разыскивающих пропитание по запаху. Оказалось, что это феномен популяционный, необъяснимый в терминах парных взаимодействий[2]. В этом отличие разработанной авторами книги «модели поиска по запаху» от редукционистской гипотезы К. Фриша, нарушающей, к тому же, принцип

[2] В свое время Дж. Крук заметил, что описание социального процесса в терминах парных взаимодействий между особями столь же неприемлемо, как попытка прокомментировать футбольный матч, рассматривая его как ряд последовательных контактов между разными парами игроков. Сама суть игры состоит в неповторимом разнообразии позиций всех членов обеих команд, причем каждая позиция должна рассматриваться по отношению к позициям всех прочих участников матча. То же самое можно сказать в отношении фуражировки пчел, осуществляемой их общиной как единой системой (Crook 1970: 197—209).

Оккама (не умножай сущностей и не прибегай к сложным объяснениям, если действенны простые).

Авторы книги начали изучать поведение пчел с полным доверием к научной весомости идеи К. Фриша. Они пытались развить и уточнить его взгляды. В частности, один из них (А. Веннер) почти полвека назад, в 1962 г., первым обнаружил акустическую составляющую в танце пчел. Однако после 5 лет углубленных исследований ученым стали очевидными многочисленные несоответствия реально наблюдаемых событий предсказаниям гипотезы К. Фриша. Когда же они один к одному повторили опыты Нобелевского лауреата, оказалось, что те были поставлены попросту неграмотно и не подверглись необходимой статистической обработке.

Наконец, в 1969 г. группа исследователей, возглавляемая А. Веннером, опубликовала в журнале *Scince* статью с полным опровержением выводов К. Фриша. После этого ученые стали объектами настоящей обструкции. Например, уже небезызвестный нам Р. Докинз в письме в тот же журнал заявил, что они «позволили себе подвергнуть сомнению изыскания великого биолога». Все попытки возразить ему и выступить в защиту своих доводов, активно опровергаемых поборниками взглядов К. Фриша, упорно отвергались редакцией журнала *Scince*[3] (о переписке ученых с журналом см. прил. 5).

Так началось замалчивание в научной литературе результатов исследований А. Веннера, П. Уэллса и их коллег. Одновременно ложные взгляды К. Фриша, сенсационные с точки зрения обывателя, валом распространялись в научно-популярных изданиях.

То, как это происходило и к каким последствиям привело, можно показать на примере русскоязычной этологической литературы, черпающей сведения о состоянии дел в мировой науке из переводных учебников. Так, специалист по поведению социальных насекомых Ж. И. Резникова в своей недавней статье (Резникова 2008: 293—336) пишет: «Расшифровку символического «языка танцев» медоносной пчелы Карлом фон Фришем (Frisch 1923; 1967*a*) можно считать самым выдающимся достижением в области декодирования естественных коммуникативных сигналов животных». В подтверждение своих слов она цитирует учебник этологии О. Меннинга (Меннинг 1982): «В результате изучения “языка танцев” “...мир вынужден признать, что

[3] Как мне сообщил П. Уэллс, отказы исходили персонально от некоего Джона Е. Рингла (John Ringle). Я упоминаю здесь имя этого человека, который должен войти в историю биологии как ее антигерой, способствовавший сокрытию от научной публики истинного лица гипотезы Фриша.

передавать информацию в символической форме может не только человек — это способно сделать такое скромное создание, как пчела”» (Меннинг: 304).

Говоря о «выдающемся достижении» К. Фриша, Ж. И. Резникова добавляет: «Однако признание было отнюдь не безоговорочно, и споры по поводу этого открытия длились и после того, как в 1973 г. фон Фриш получил за свое открытие Нобелевскую премию». Здесь автор статьи не дает себе труда даже назвать имена целого коллектива ученых, которые, как она верно говорит, выступили с критикой «открытия» К. Фриша еще до того, как он получил свою Нобелевскую премию.

Ж. И. Резникова, к сожалению, не составляет здесь никакого исключения, лишь подтверждая своим примером общее правило. О «языке танцев», как о чем-то реально существующем, сказано в Оксфордском «Зоологическом словаре» (Allaby 1999) и в книге Д. МакФарленда «Словарь (терминов) по поведению животных» (McFarland 2006). Но к такого рода изданиям меньше претензий, чем к узким специалистам по поведению социальных насекомых. Откроем книгу известного энтомолога В. Е. Кипяткова «Мир общественных насекомых» (Кипятков 2007: 408). На 408-ми ее страницах, как и в статье Ж. И. Резниковой, мы не найдем упоминания работ Веннера и его коллег, зато достаточно подробно комментируется «открытие» К. Фриша.

Все это свидетельствует о том, что построения К. Фриша, часто обозначаемые в качестве гипотезы, очень быстро после их признания классиками (такими, в частности, как Е. О. Уилсон, Д. Гриффин, Н. Тинберген, В. Торп) превратились в парадигму. Парадигма, в отличие от гипотезы, «определенно включает в себя, в качестве ключевого момента, процесс усвоения соответствующих идей *на веру, вне зависимости от того, что имеет место в действительности* (Bohm, Peat 1987: 52; курсив мой. — *Е. П.*).

Крупный философ науки П. Фейрабенд писал о теориях, которые быстро завоевывают всеобщий успех, следующее: факт подобного успеха «...ни в какой мере не может рассматриваться как знак ее истинности или соответствия происходящему в природе... Возникает подозрение, что подобный, не внушающий доверия, успех превратит теорию в жесткую идеологию вскоре после того, как эти идеи распространятся за пределы их начальных положений» (Feyerabend

1975: 43)[4]. На мой взгляд, эти слова в такой же степени применимы к построениям К. Фриша, как и к генетической теории социального поведения У. Гамильтона.

Обе эти теории внешне привлекательны простотой и механистичностью предлагаемых ими объяснений. Они превратились в своего рода околонаучные мифы, влияние которых вышло за пределы поведенческих дисциплин и распространилось в область наук о человеке. Так, в миф о «символическом языке» пчел поверили даже профессиональные лингвисты, которые как правило скептически (и не без основания) настроены в оценке «языковых» способностей и возможностей животных. Например, крупный лингвист Э. Бенвенист (Бенвенист 1974: 97—103) так пересказывал идеи К. Фриша: «В определении местонахождения не бывает ни ошибок, ни колебаний: если сборщица выбрала один цветок среди прочих, которые равным образом могли бы ее привлечь, пчелы, вылетающие после ее возвращения, направляются именно на выбранный ею цветок, не обращая внимания на другие». Другой языковед, Ч. Хоккет (Хоккет 1970: 45—76), приписывает сигнальному коду пчел свойство перемещаемости, в котором отказано «языкам» всех прочих животных: рыб, птиц и даже человекообразных обезьян — гиббонов. Согласно этому автору, среди всех земных существ лишь люди и пчелы в состоянии передавать себе подобным детальные сведения об удаленных в пространстве и во времени вещах и событиях.

Что касается популяционной модели поиска по запаху, разработанной А. Веннером и его коллегами, то она, вопреки столь жесткому сопротивлению со стороны консервативной этологии и социобиологии, завоевывает в последние годы все более прочные позиции.

Авторы книги прислали мне 33 отзыва на нее. Они поступили от исследователей из 14 американских университетов, трех европейских, двух австралийских и Университета наук и технологий в Гонконге. Среди авторов отзывов, помимо этологов, экологов и энтомологов, есть также психологи, историки, лингвисты и ученые других специальностей.

Приведу выдержки из некоторых отзывов. Психолог Валтер Бок из Колумбийского университета пишет: «Поздравляю доктора Уэллса и Вас с превосходной, захватывающей книгой... Вообще говоря, я давно пришел к выводу, что большая часть работ, связанных с танцами пчел, а также сама концепция языка пчел представляют собой очень

[4] (Feyerabend 1970: 197—230).

плохую науку с точки зрения экспериментальной техники, логических построений в отношении проблемы, предсказаний гипотезы и ее тестирования эмпирическими данными».

Известный приматолог Стюарт Альтман из Чикагского университета так отзывается об исследованиях главного защитника взглядов К. Фриша Дж. Гулда: «В моем курсе, читаемом для студентов, я делаю упор на критический разбор литературных источников. Одним из заданий был разбор статьи Гулда с соавторами. Студенты с легкостью обнаружили там множество несоответствий. Я был немало удивлен, читая отзыв на эту статью Торпа. Как мог он думать, что эти эксперименты служат окончательным доказательством гипотезы языка танцев?»

Энтомолог Альфред Бойс из Калифорнийского университета пишет: «Я рассматриваю эту книгу как в высшей степени содержательный труд и думаю, что она должна войти в разряд обязательного чтения для выпускников университетов, особенно по биологическим специальностям».

Профессор Яков Ленский из Лаборатории изучения пчел (Еврейский университет в Иерусалиме) так отреагировал на одну из последних статей авторов книги (Wells et al. 2010: 35—40): «Я только что получил номер журнала с Вашей статьей о фуражировании у пчел и роли в нем запаха нектара. Мои поздравления! Вы действительно реальные победители в этом долгом противостоянии».

Важно отметить, что в изучение поискового поведения пчел большой вклад внесли отечественные ученые, пытавшиеся критически проверить гипотезу Фриша. Итог этим исследованиям подводит украинский энтомолог И. А. Левченко. Вот выдержка из заключительной главы его книги. «Пчелы, которые следовали за разведчицей на протяжении 4—9 циклов танца, в большинстве случаев (78 %) успешно находили источник корма[5]. Число таких пчел составило 10 % от общего количества зарегистрированных в свитах разведчиц. Успех обнаружения корма пчелами в значительной мере зависит от их индивидуального опыта. Важным компонентом в мобилизации пчел на

[5] Любопытно понимание автором цитаты понятия «успешность». Он пишет: «Точность целеуказания посредством содержащейся в танцах информации относительна. Истинные координаты места пищевого подкрепления обычно не совсем совпадают с полученными расчетным путем с учетом элементов информации, содержащихся в сигнальных движениях пчел. Площадь вероятного отклонения, возникающая за счет ошибок в указании направления и расстояния, составляет при пищевом подкреплении в 200 м от улья 0.66 га, 500 м — 1.75 га, 2000 м — до 8 га. (Левченко 1966; 1969)». (Цит. по: Левченко 1976).

взяток является запах корма, распространяемый разведчицей во время танца и пищевых контактов. Дополнительное нанесение на поверхность тела танцовщицы ароматических веществ способствует увеличению численности свиты в среднем на 40.9 %. При искусственной ароматизации корма увеличивается эффективность мобилизации и сокращается время поиска пчелами корма. Поиск корма по запаху обеспечивается образованием у пчел, вступивших в контакт с танцовщицей, условного рефлекса на запах корма. Вылетая из улья, они ищут корм с определенным запахом, постепенно расширяя район поиска» (Левченко 1976: 229—230, 236).

Авторы предлагаемой читателям книги были прекрасно осведомлены об исследованиях, которые проводились в СССР в 60—70-е гг. прошлого века. Они высоко оценивают ту роль, которую отечественные исследователи внесли в проблему, изучив в деталях упомянутую Левченко способность пчел к выработке условных рефлексов.

Вот что писал по этому поводу один из авторов настоящей книги Патрик Уэллс. «Нетрудно согласится с тем, что медоносные пчелы демонстрируют способность к пластичному поведению, которое выглядит несовместимым с бытующими представлениями о том, что насекомые — это существа, руководствующиеся исключительно инстинктом. С совершенно иных позиций подходили к вопросу в своих экспериментальных исследованиях Веннер и Джонсон в США, Кувобара и Такеда в Японии, Мензел и Колтерман в Германии, а также Лопатина, Чеснокова, Лобачев и Мазохин-Поршняков в России. Подчеркивая способность пчел к научению, они сильно ограничили сферу парадигмы инстинктивного поведения пчел, и тем самым форсировали в этой области знаний нечто вроде научной революции, как ее понимал Томас Кун» (Wells 1973: 173—185).

Мне остается сделать несколько замечаний, которые облегчат читателю понимание методологической позиции авторов и основных принципов постановки экспериментов с пчелами. В книге постоянно проводится противопоставление двух школ: реализма и релятивизма. В этой оппозиции термин реализм имеет несколько иной оттенок, нежели в привычном нам противопоставлении «реализм — идеализм». Точно так же понятие релятивизм не равноценно категории агностицизм, означающей невозможность познания истины. Речь идет о субъективизме во взглядах, который оказывается объективным следствием ограничений, налагаемых на стиль мышления ученого историческими и социальными факторами. Немалое значение имеет и фактор воздействия исследователя на изучаемый объект. Вот что можно сказать

по этому поводу: «Узнать, что именно происходит в интактной (unmolested) системе, очень трудно либо вообще невозможно, ибо мы не знаем, до какой степени мы нарушаем ее во время исследования. В своих попытках узнать больше мы ставим новые эксперименты, и тем самым вносим новую дезорганизацию неизвестного масштаба. Таким образом, наше вмешательство оказывается препятствием на пути выяснения истины. В биологии нельзя недооценивать важность этого источника неопределенности» (Beck 1961: 86). Я советую, прежде чем начать чтение книги, обратиться к приложению 6, где этот вопрос изложен в деталях.

Авторы книги нередко прибегают к понятию «телеология». Одна из самых сложных проблем теоретической биологии состоит в следующем: являются ли сложные биологические системы целеполагающими системами и корректно ли анализировать их с применением телеологических объяснений? Этот тип объяснений, в которых фактически ставится знак равенства между причиной, породившей тот или иной процесс, и результатом этого процесса, широко используется в эволюционной биологии (подробнее см.: Никитин 1970: 97, 278). Этот подход (отрицательное отношение к которому авторов книги я полностью разделяю) лучше было бы обозначить термином адаптационизм. Суть его в том, что любое свойство биологической системы рассматривается в качестве адаптации, возможность неадаптивных и инадаптивных качеств отбрасывается с порога. Между тем, очевидна принципиальная бесконечность числа функциональных объяснений, которые можно предложить для констатации полезности любой формы поведения, биологический смысл которой не ясен с первого взгляда (Curio 1978: 175—181). Именно этим главным образом и занимается социобиология (Подробнее см. Панов 2010: 18—21, 32—35).

Теперь два слова о том, как проводят эксперименты с пчелами. Привлекательный для них корм помещают в плошку, которую ставят на определенном расстоянии от улья. Здесь на протяжении нескольких дней позволяют собирать взяток только нескольким индивидуально меченым пчелам. Все немеченые, прилетающие сюда, уничтожаются. Меченые особи («регулярные фуражиры») все это время летают между кормушкой и ульем. Перед началом опыта, в котором проверяется, работает ли гипотеза «языка танцев», помимо этой прикормочной, или «экспериментальной», кормушки, выставляют еще несколько контрольных в разных местах. Они содержат тот же корм, на потребление которого тренировали опытных фуражиров.

В ходе опыта подсчитывают всех новичков-рекрутов, прилетающих на каждую кормушку. Чтобы не учитывать по нескольку раз одну и ту же пчелу, насекомых убивают сразу же после их приземления на кормушку. Если абсолютное большинство рекрутов прилетели на «экспериментальную» кормушку, можно допустить, что опыт работает в пользу гипотезы «языка танцев»: предполагается, что фуражиры своими танцами транслировали рекрутам информацию о направлении на источник пищи и о расстоянии до него. Но все оказалось далеко не так просто, о чем читатель сможет узнать из этой книги, которая представляет собой подлинный научный детектив.

И последнее замечание. В США эта книга вышла в 1990 г. На протяжении последних 20 лет ее авторы продолжали изучать поведение пчел, противопоставляя свои открытия наступлению со стороны поборников гипотезы «языка танцев». По моей просьбе Адриан Веннер и Патрик Уэллс написали короткий заключительный очерк с рассказом о всех этих событиях. Так что читателю предоставлена возможность узнать, чем же закончилась интрига в сфере поисков истины, охватившая период длительностью почти в полвека.

Е. Н. Панов

Предисловие авторов

В середине 1960-х гг. авторы этой книги приступили к изучению явлений, природа которых оказалась впоследствии центральным пунктом наиболее непримиримых противоречий в истории биологии XX столетия. Полемика развернулась вокруг так называемых «танцев» пчел. Хотя эту тему как таковую трудно рассматривать в качестве первостепенно важной в биологии, стоит обратить особое внимание на суть проблем, послуживших основой для многолетней полемики относительно поведения этих насекомых.

Затратив много времени на анализ собственных материалов и попытки защитить нашу точку зрения, мы решили воздержаться от дальнейших столкновений с нашими оппонентами. Более 20 лет были потрачены на анализ аргументации сторон в предшествующий период, а следующие 5 лет мы писали эту книгу. В эти годы наши исследования вывели нас на такие вопросы из области философии, социологии, психологии и даже политики, которые обычно остаются вне поля зрения ученых, работающих в области биологии.

Само выражение «научное противостояние» рассматривается в большинстве случаев как отражение несогласия в терминологии,

поскольку принято считать, что сами эмпирические факты[6] не могут быть опровергнуты. Тогда в чем же еще может выражаться несогласие спорящих? Такое понимание сути происходящего приводит к своего рода запрету на противоречие, если речь идет о предмете, который изучаете вы сами. Иными словами, ученый не хочет и слышать о каких-то противоречиях, если тема выходит за рамки его собственных исследований.

Ученые склонны считать также, что научное противоречие лучше не афишировать для широкой публики. В чем же причина такой позиции? Очевидно, ни сам исследователь, ни его аудитория не отдают себе отчета в том, что причины противоречия лежат скорее в сфере социальных отношений, нежели в сути и качестве научных результатов как таковых. Мысль ученого при возникновении некоего противоречия движется совершенно в иной плоскости. Наиболее распространены три тенденции. Во-первых, утверждать, что никакого противоречия нет. Во-вторых, отсылать сомневающихся к «авторитетам в данной области». И, в-третьих, настаивать на том, что не хватает фактов.

Все это служит объяснением, по крайней мере частично, того обстоятельства, почему так мало известно о реально происходящем «за кулисами» научного противостояния. К сожалению, в очерках по истории науки авторы склонны смягчать остроту таких противоречий или даже не упоминать о них вообще. Один из лучших примеров такого сглаживания путей науки можно найти в учебниках по биологии, где речь идет о вкладе в нее в прошлое столетие со стороны Луи Пастера. В этих руководствах даже не упоминаются всевозможные научные конфликты, в которые этот исследователь не раз оказывался вовлеченным на протяжении своей карьеры.

Хотя колоссальная роль науки в жизни социума более чем очевидна, журналистам, социологам и философам, работающим в области популяризации и анализа научного процесса, явно недостает автобиографических свидетельств, изложенных самими учеными. Мы располагаем автобиографиями нескольких преуспевших ученых, но почти нет собственных свидетельств тех исследователей, которые становились участниками серьезных научных противостояний.

Вполне понятно, почему участники такой полемики, находящиеся по разные стороны линии фронта, не стремятся публиковать отчеты о происходящем. «Победители» (по крайней мере, выступающие в та-

[6] По определению Т. Парсонса (1937), научный факт есть «эмпирически проверяемое утверждение, выраженное в терминах концептуальной схемы» (Parsons 1937 — Прим. ред.).

кой роли в данный момент) не нуждаются в этом, поскольку ничто не препятствует им спокойно разрабатывать свою программу исследований. (Приятное исключение составляет книга «Двойная спираль», написанная в 1968 г. Дж. Уотсоном).

Что касается временно «проигравших», они оказываются во много более сложном положении. Чаще всего им приходится сражаться за продолжение своего «профессионального существования». Внезапно становятся недоступными гранты, а возможность публикации в журналах неожиданно становится призрачной (см., например, Feyerabend 1975). И хотя многие ученые отрицают важную роль социополитических факторов в науке (или их существование в этой области вообще), работающие исследователи могут подтвердить, что ситуация, описанная выше, вполне банальна (впрочем, такое признание делается обычно лишь при соблюдении анонимности).

Начинающие исследователи, в особенности работающие в области биологии, на этапе прохождения магистратуры оказываются поразительным образом неосведомленными о том, что представляет собой процесс научного исследования. Обычно они не проходят какого-либо специального обучения по этому предмету. В результате они крайне наивны в отношении социо-политических аспектов своей деятельности. Причина состоит в том, что биологи вообще склонны игнорировать такие сферы знания, как философия науки, равно как и размышления на эту тему социологов и психологов. С точки зрения среднего биолога информация со стороны социальных наук не имеет никакого отношения к осуществляемой им исследовательской программе.

В результате всего этого, наука в представлении широкой публики выглядит совершенно иначе, чем она есть в действительности. Более того, истинные пружины науки остаются непознанной загадкой даже для большинства ученых-биологов. На протяжении двух последних десятилетий это несоответствие между внешней видимостью и реальностью все больше привлекает к себе внимание специалистов, работающих в сфере социологии и психологии науки. Журналисты, пишущие о науке в наши дни, чаще стали изображать ученого более похожим на нормального человека, чем на механического робота, выполняющего некую изначально заданную программу.

Например, Уильям Брод и Николас Вейд, пользуясь своим привилегированным положением в когорте журналистов, пишущих о науке, получили возможность дать откровенное описание одного довольно неприглядного аспекта научной деятельности. В предисловии

к своей книге «Отступники от истины: обман и ложь в храме науки» они пишут:

> В этой книге сделана попытка лучше понять, что представляет собой система знаний, которую в сообществах Запада рассматривают как окончательное свидетельство истины. Мы придерживаемся убеждения, что истинная природа науки обычно остается непонятой ни самими учеными, ни широкой публикой.
> С точки зрения здравого смысла наука есть строго логический процесс, объективность есть сама сущность работы ученого, и научное утверждение пристально проверяется внимательными коллегами и через воспроизводимость экспериментальных данных. С этой точки зрения, кажущейся самоочевидной, ошибки любого рода отсеиваются немедленно и непреклонно (Broad, Wade 1982: 7).

Брод и Вейд приводят в своей книге целый ряд примеров того, насколько уязвимым для привходящих обстоятельств может оказаться научное сообщество. При этом, как пишут авторы, ученые часто оказываются последними, кто обнаруживает происходящие здесь нарушения этических норм.

Соглашаясь с Бродом и Вейдом, мы все же полагаем, что наука развивается, по большей части, достаточно неторопливо. Тем не менее для нас ясно, что ученые не готовы к возможным нарушениям в ее адекватном развитии в тех случаях, когда не удается преодолеть недостатки самой природы человека, несовершенство людских характеров. Важность этого фактора отрицать невозможно. Недавним ярким примером может служить самообман (и последовавшая за ним дезинформация публики) «открытия» в области физической химии, связанного с гипотезой «полимерной воды» (polywater) (Franks 1981)[7].

В то время как Франкс работал над описанием этого эпизода, многие задавали ему вопрос, стоит ли доводить информацию до широкой публики, поскольку в результате для всех станет очевидным, насколько серьезно могут ошибаться ученые (Franks 1981). Говорилось о том, что правдивое описание произошедшего может нанести урон репутации науки как таковой. Якобы конгрессмены заметят публикацию и могут в результате сократить финансирование науки. К счастью, Франкс проигнорировал эти опасения и написал все, что считал нуж-

[7] http://www.geolsoc.org.uk/gsl/views/debates/plumesdebate. Дон Андерсон из Калифорнийского технологического института сожалеет, что оказался инициатором шлейфа распространения «гипотезы».

ным. Тем самым он обогатил литературу экскурсом в весьма важную область социальной реальности.

Примерно так же нам пришлось взвешивать, какую реакцию могут вызвать наши данные о поведении пчел. Мы размышляли о том, не нанесет ли публикация какого-либо ущерба отношению широкой публики к науке. Только после обсуждения вопроса с людьми из разных сфер деятельности мы пришли к выводу, что просто не вправе поступить иначе. Утаивание информации от специалистов, изучающих сам процесс получения научного знания, едва ли совместимо со свободой обмена мнениями, которой ученые привыкли гордиться.

План этой книги повторяет весь ход событий, участниками которых были мы сами. В первых двух главах (2 и 3), следующих за Введением, мы знакомим читателя с некоторыми базовыми сведениями из философии и методологии науки. Эта информация поможет быстро перейти к пониманию сути всего, что будет сказано затем. В следующем блоке из трех глав мы приступаем (в гл. 4) к краткому изложению сути гипотезы «языка» пчел и последующих этапов ее существования в науке о поведении. Мы прослеживаем череду событий в свете противоречий между давно предложенной моделью, основанной на представлениях о значении запаха как ведущего стимула в поведении пчел-сборщиц нектара (гл. 5), и другой, отдающей здесь пальму первенства танцам пчел в их жилище (гл. 6). Речь идет о поисках неопытными пчелами кормовых ресурсов, которые с успехом используются взрослыми членами той же самой пчелиной общины.

В следующих главах с седьмой по десятую, не следуя строго хронологической последовательности событий, мы описываем наше растущее разочарование внешне столь привлекательной гипотезой языкового значения танцев пчел, выдвинутой нобелевским лауреатом Карлом фон Фришем. Мы пишем о том, как по мере приобретения собственного опыта работы с этими насекомыми перед нами открывались новые и новые свидетельства, заставляющие вернуться назад, к «запаховой» модели, о которой в свое время писали, в частности, Метерлинк (Maeterlinck 1901) и сам Карл фон Фриш (Frisch 1939).

В последующих трех главах мы рассказываем о столкновениях мнений относительно поискового поведения пчел и о том, как этот предмет виделся в то время с позиций социологии, психологии и философии науки. В 1950-х, 1960-х и 1970-х гг. вопрос многократно обсуждался с участием ряда выдающихся биологов (гл. 11), множество усилий было затрачено на то, чтобы еще раз подтвердить «истинность» гипотезы языковой функции танца пчел (гл. 12 и 13). Одна

из коллизий, возникших в ходе противостояния, была вызвана игнорированием активного выступления Рут Росин, детально обсудившей проблему (гл. 13). Но оказалось, что тут и обсуждать-то нечего, поскольку гипотеза языковой функции танца всецело поддержана «научным истеблишментом».

В последней главе основной части книги мы суммируем свое отношение к противостоянию, связывая наш анализ с концепциями из области социологии, психологии и философии науки. Кроме того, здесь предложены рецепты для более полного образования в этой области студентов-биологов в наших университетах, особенно тех, что обучаются на последних курсах.

Жанр последней части книги отличается от того, что обычно можно найти в томах научных изысканий. В начальный период работы над ней мы посчитали своей обязанностью подробно остановиться на некоторых эпизодах противостояния, критических для понимания нашей точки зрения. Оказалось, однако, что помещая эту информацию в основной текст, мы нарушаем логику повествования. Чтобы избежать этого, мы собрали все такие отступления в отдельном разделе, названном «Приложениями». Каждое из них дано в таком ключе, чтобы уточнить и развить идеи, изложенные в основном тексте книги.

Эти приложения обладают самостоятельной значимостью и не предназначены для обязательного их прочтения вслед за основным текстом либо параллельно с ним. Мы ожидаем лишь, что эти материалы будут использованы в тех случаях, когда у читателя появится необходимость уточнить то или иное положение. Вероятно, наиболее эффективной процедурой была бы следующая. Читая главу, обратите внимание на отсылки к приложению и после прочтения главы ознакомьтесь с тем или теми из них, которые вас заинтересовали.

Адриан М. Веннер,
Патрик Г. Уэллс

Благодарности

Первым делом мы хотим отдать должное всем нашим коллегам, которые были с нами или против нас во время противостояния вокруг гипотезы «языка танцев». Личное общение с ними и обмен мнениями в печати позволили нам уяснить различия в разных методологических подходах и суть динамики научного процесса, что и послужило темой этой книги. Их огромная роль в ее создании отражена в большом количестве цитирований сказанного ими на эту тему.

Мы высоко ценим усилия Конни Велдника в предоставлении сведений, касающихся социологических аспектов противостояния, о котором идет речь. Эти материалы помогут исследователям науки, понимающим ее как процесс, в их дальнейших размышлениях в этом русле. Особой благодарности заслуживает Р. Росин за ее настойчивость в проникновении в фундаментальные гносеологические основы возникновения научного конфликта вокруг гипотезы «языка танцев». Мы признательны Томасу Куну, который идеями, высказанными в его книге «Структура научных революций», помог нам упорно настаивать на своем мнении. Анализ хода научного процесса, приведенный в его книге, послужил объяснением той негативной реакции, которую наши взгляды вызвали со стороны научного сообщества.

Многих наших коллег мы уже сердечно благодарили за помощь в постановке экспериментов в наших предыдущих публикациях.

За помощь в подготовке и издании этой книги мы особенно признательны Фредерику Шраму, Хильде Е. Веннер и двум анонимным рецензентам, одобрившим рукопись. Мы приносим благодарность также Дженифер Дуган, Марку Пейджу, Мартину Шрейну и Харрингтону Уэллсу, которые взяли на себя труд прочесть те или иные главы рукописи. За подготовку иллюстраций мы благодарны Киму Вайнсу и Ларри Дж. Фризену. Пирл Уэллс и Хильда Е. Веннер терпеливо помогали авторам во всем на протяжении пяти лет работы над рукописью.

За последние 20 лет нашей работе всячески содействовали Отдел биологических исследований Калифорнийского университета в Санта-Барбара и Биологический факультет Западного колледжа. Помимо материальной помощи от этих организаций мы получили интеллектуальную поддержку при проведении исследований, проводимых вне главного русла «нормальной науки» (по выражению Т. Куна), характерной для зоологии того времени. Шанна Боверс, Юлий Готшалк, Мо Лавергрин и Пэтти Турнстон из Института морских исследований оказали наибольшую помощь. Они обеспечили нам доступ к необходимым техническим устройствам на заключительных стадиях подготовки рукописи к печати.

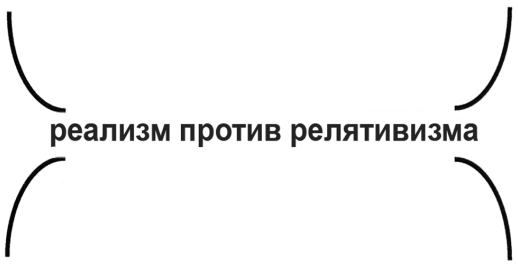
Готовность к содействию всяческого рода проявили редактора и весь коллектив издательства Columbia University Press. Мы хотим специально упомянуть Сусан Кошиелниак, бывшую главным редактором этого издательства, за ее стремление выпустить книгу в свет, и Эдварда Лугенбила (нынешнего главного редактора Издательства Колумбийского университета), который глубоко заинтересовался самой темой противостояния вокруг гипотезы «языка танцев». Оба они пришли к выводу о необходимости предоставить нам возможность высказаться на тему, которую более осторожные персоны могли бы счесть чересчур «противоречивой». Как бы ни велико было доверие, оказанное нам издательством, только мы сами несем полную ответственность за все, о чем сказано в этой книге, в том числе и за возможные неточности и опечатки.

Адриан М. Веннер,
Патрик Г. Уэллс

Анатомия научного противостояния. Есть ли «язык» у пчел?

1

Наука, конфликты в ней и вопрос о языковой функции танца пчел



Кто имел дело с наукой, относится к числу либо эмпириков, либо догматиков. Первые, подобно муравью, только накапливают [знания], используя эти запасы в дальнейшем; вторые, подобно пауку, плетут свои собственные сети. Пчела — нечто среднее между теми и другими. Она собирает пропитание с цветов в саду и в лугах, но обрабатывает добытое и придает ему новое качество собственными силами. Работа философа подобна той, что выполняется пчелой. Она никогда не основывается всецело или главным образом на силе ума своего создателя. В то же время здесь нет накопления в памяти сырых данных, предоставляемых опытом общения с природой либо работой в области механики. Непосредственный опыт преображается и синтезируется в процессе мышления.

— Сэр Френсис Бэкон (Bacon 1620)

Слово «наука» часто воспринимается как обозначение некой «вещи», заключающей в себе ученых, государственные и частные лаборатории, научные труды и руководящие всем этим учреждения. Для меня, однако, слово «наука» означает процесс или процедуры, состоящие в постановке вопросов об устройстве нашего мира и в оценке гипотез, в которые выливаются эти поиски.

— (Sigma Xi study 1987: 7)

Получение научных знаний есть одновременно генерация научных заблуждений и ошибок.

— Наоми Аронсон (Aronson 1986: 630)

Что такое наука? Слова сэра Френсиса Бэкона, приведенные в эпиграфе, рисуют нам три разные стратегии того, что можно назвать научной деятельностью. Один крайний случай представлен учеными преимущественно эмпирического склада. Они склонны игнорировать какие-либо «отвлеченные принципы» и полагаются исключительно на опыт своей «практической» работы. При другой крайности перед нами догматик, для которого «истина» заключена в утверждениях его «авторитетных» коллег. Бэкон, как мы видели, выступает за некий компромисс двух стратегий, то есть за такую третью, которую можно было бы определить как использование постоянно сменяющих друг друга индуктивного и дедуктивного подходов.

Разумеется, наука — это процесс (см., например, Hull 1988), а не застывшая субстанция, и некоторые ученые хорошо осознают ее процессуальный характер. Другие могут рассматривать науку в большей степени как возможность сделать карьеру. Уже эти разнонаправленные перспективы естественным образом обусловливают возможность обострения противоречий, коль скоро они возникли в науке. В то же время работающий ученый может быть совершенно не осведомлен о неизбежности подобных противоречий. Фактически, ученый чаще всего бывает обескуражен и чувствует себя не в своей тарелке, когда разногласия возникают в той сфере, где он работает. Но так быть не должно.

Юдифь Андерсон так интерпретирует возникающую здесь дилемму: «Чтобы прекратить противостояние, ученый должен первым делом понять его суть; однако ученый должен “делать науку”, а не обсуждать ее движение» (Anderson 1988: 18). Эрик Блох, директор Национального Научного Фонда, так комментирует тот же аспект проблемы: «Суть науки лежит целиком в новых идеях. Но как только некто привносит их в научное сообщество, в дело пускаются все защитные механизмы. Все одобряют новые идеи, но только не в том случае, если они меняют привычный образ действий этих людей» (Mervis 1988).

Нежелание активно работающего ученого задуматься о природе научного процесса (вопреки сказанному Бэконом и его последователями) — это одна из причин, почему наука остается одной из наименее понимаемых форм деятельности человека (даже несмотря на то, что успех современной технологии во многом обязан именно ей). Равным образом удивителен тот факт, что прогресс науки очевиден только в отдельных регионах мира. В самом деле, разные этносы, населяющие Землю, используют примерно 4000 языков. Однако лишь в немногих из этого сонма культур наука активно развивается (Kneller 1978).

Отчасти недопонимание самой сути науки и ограниченная активность ученых проистекают из очевидного факта, что наука как процесс благоденствует только в определенных условиях общей культуры (Harding 1986). Другая причина нашей неосведомленности о природе этой деятельности проистекает из острых разногласий между философами науки в вопросе о том, как именно функционирует сам ее процесс. Что касается социологов и психологов, обсуждающих вопросы науки, их мнения на предмет расходятся в меньшей степени.

Все пробелы в нашем понимании сути науки в армии ее служителей проистекают, возможно, из отсутствия необходимого четкого разграничения понятий. Сентенции «Как ученый должен действовать профессионально» и «Как ученый вынужден вести себя в свете того факта, что он в первую очередь смертный представитель вида *Homo sapiens*, и лишь во вторую очередь ученый» могут нести совершенно различный смысл.

Более того, философы и социологи от науки обычно фокусируют внимание на предполагаемых ими причинах успешной карьеры особенно одаренных ученых либо тех, которые особенно активно отстаивали свои взгляды. Понятно, что их труды были рано или поздно замечены. Такая знаменитость склонна распространять свои идеи на более широкий круг явлений и всячески пропагандировать именно тот подход, который разработан ею. В конечном итоге такая персона обычно настаивает на том, что подход, пропагандируемый ею, может способствовать развитию «хорошей» науки.

Можно сказать, что философы и социологи полагаются на некие *предполагаемые* причины успеха таких исследователей как Бойль, Кюри, Галилей, Дженнер, Ньютон и Пастер. Но, к сожалению, большая часть достоверных свидетельств, касающихся достижений этих ученых и тех усилий, которыми их результаты были достигнуты, утрачены задолго до того, как философы и социологи науки заинтересовались этой темой. Иными словами, мы не располагаем надежными документами относительно того, как *в действительности* шла работа этих светил в социальных условиях времени их жизни.

Только на протяжении нескольких последних десятилетий научный процесс стал предметом более широкого и тщательного анализа. До этого большинство философов уделяли недостаточно внимания факторам иным нежели те, которые могли работать в случае особенно успешных ученых прошлого (см. Feyerabend 1975). Теперь социологи и философы науки начали рассматривать более пристально повседневную работу исследователей, причем не только добившихся успе-

ха, но и тех, которые сталкивались со значительными трудностями (см., например, Veldink 1989).

Большая часть публикаций, где с этих позиций обсуждаются рефлексии[8] тех немногих ученых, которых интересуют социологические и психологические аспекты науки, чаще всего не доходят до широкой публики. В результате читатель не находит в учебниках таких текстов, по которым можно было бы судить о самоощущениях исследователя. В этой связи интересно следующее замечание из предисловия к книге Брода и Вейда:

> В процессе получения нового знания ученый не руководствуется исключительно логическими построениями объективного характера. На него влияют такие факторы, далекие от научного рационализма, как риторика, пропаганда и личные предпочтения. Исследователь не может полагаться только на рациональное мышление, которое даже не обладает здесь абсолютной монополией. Мы не можем рассматривать науку в качества цитадели рациональности в обществе. Это есть одна из форм манифестации данной культуры как таковой (Broad, Wade 1982: 9).

Если Брод и Вейд правы, перед нами огромная разница между образом ученого, который он склонен рисовать для себя, и истинной линией поведения исследователя, осуществляемой по ходу его научной карьеры. Надо сказать, что и философы науки, и публика в еще большей степени полагаются, как нам кажется, скорее на *идеальный образ* науки, чем не ее *реальную сущность*.

В попытках выяснить отношение ученых к дисциплинам, в которых они работают, «Общество научных исследований» (Sigma Xi) предприняло в юбилей свого 100-летия 1986 г. анкетирование своих членов (1987). В анкете были сформулированы определенные утверждения относительно процесса научного исследования. Задачей опроса было узнать, действительно ли перечисленное важно для ученых, и с какими проблемами они сталкиваются наиболее часто.

Один из пунктов анкеты приведен выше, в эпиграфе к этой главе. Оказалось, что он был принят с наибольшим единодушием. Так или иначе, более чем 95 % опрошенных согласились с тем, что наука —

[8] Рефлексия — процесс самопознания субъектом внутренних психических актов и состояний. В данном случае, самоконтроль над характером и адекватностью собственного мышления (прим. ред.).

это скорее «процесс», чем некая застывшая субстанция. Авторы отчета писали:

> Столь высокая степень согласия, гораздо большая, чем в ответ на какой-либо другой из 35 пунктов анкеты, представляется весьма значимой, и вот почему. Создается устойчивое впечатление, что взгляд на науку со стороны не включенной в нее аудитории состоит в том, что наука — это скорее «вещь» или «социальный институт», нежели процесс. Эти различия в позициях ученых и широкой публики могут оказаться источником многих других проблем (Sigma Xi 1987: 7).

Общественное мнение и взгляд ученого

Естественно, что в своих выступлениях для публики ученые обычно отрицают какое-либо влияние на их деятельность соображений социального, психологического или политического характера. Свидетельствами такого отрицания то и дело оказываются слушания в Конгрессе (Broad, Wade 1982). Однако в моменты откровенности ученые нередко приводят примеры того, что для них соображения социологического характера могут быть подчас более важными, чем те, что непосредственно связаны с их научной деятельностью. Система финансирования науки в США, которая неявным образом вознаграждает за лояльность, усложняет взаимоотношения в научной среде (см., например, Feyerabend 1975).

Мы не можем сказать, что не были предупреждены об этом заранее. В 1967 г. Гаррет Хардин опубликовал провокативную статью под названием «Попсовые исследования и скоропалительная торговля». Он пишет:

> Неверно распределяемые средства неизменно несут в себе тенденцию к коррупции. Не один оглушительный возглас прозвучал против пустой траты денег на поддержание чистой науки. «Реалист» (в нелестном смысле этого слова) мог бы легко сказать: «Они требуют, чтобы все государственные деньги были растрачены; так какой проект я бы пожелал, чтобы вложить в него средства?» ... Неважно, по причине ли необъективной избирательности, или альтруизма, но следствие одно и то же: наука коррумпирована. Истинная научная ценность заявки на проведение исследования всё более вытесняется

возможностью её «продать». Связи с теми, кто контролирует денежные потоки, становятся важнее всего. Фундаментальные исследования все больше уступают место тому, что будущие историки назовут «попсовыми» исследованиями (Hardin 1967: 19).

В связи со сказанным стоит еще раз вернуться к опросу, проведенному «Обществом научных исследований». Респондентов просили назвать две наиболее существенные проблемы, с которыми они сталкивались при осуществлении исследовательских программ. Восемьдесят пять процентов ответов попали только лишь в пять категорий из 35 обозначенных. На третьем месте по важности была поставлена «сверхполитизация исследований».

Отношение респондентов к социополитическим аспектам проблемы выявилось наиболее четко в ответах на следующий вопрос анкеты: «Зависит ли получение гранта от государственных организаций от того, “кто кого знает”?». Оказалось, что многие заявки на гранты были получены главным образом за счет того, что исследователь был уже известен в организации, предоставляющей грант и делавшей это ранее (Sigma Xi 1987: 21).

Почти 63 % респондентов согласились с такой трактовкой событий. Едва ли можно было ожидать чего-либо подобного в размышлениях философов науки, в выступлениях ученых на тему объективного рецензирования научных статей или в текстах учебников, описывающих научные исследования.

Итак, мы остаемся с тем самым противоречием, о котором речь шла выше. Ученые нередко поддерживают далекий от реальности образ той роли, которую наука играет в обществе. Они достаточно часто преподносят этот образ широкой публике (в результате он принят здесь на вооружение). Этот образ очень напоминает ту картину, на которую полагаются философы науки. По иному относятся к делу Брод и Вейд, изучившие ход событий изнутри (см. выше).

В наиболее выгодном свете подает происходящее Кнеллер. Этот взгляд совпадает с тем, что можно прочесть во многих трудах по философии науки. В лице самих ученых он выглядит следующим образом:

«Ученый обычно старается более строго, чем обыватель, удерживаться от неких личных предубеждений и проверяет себя на возможность ошибок в суждениях. Он стремится выразить свои предположения в явной (эксплицитной) форме и внимательно следит за

работами коллег в своей области исследований. Он излагает свои результаты по возможности скрупулезно и уверен, что его предсказания могут, в принципе, быть тестированы с достаточной точностью... Как правило, он проверяет предсказания своей гипотезы и публикует ее только в том случае, если они подтверждаются. В противном случае он изменяет гипотезу или переходит к другой, и повторяет всю процедуру. Этот процесс можно назвать самокорректирующимся. Путем элиминирования неверных гипотез ученый сужает круг поисков, чтобы остановиться на единственном правильном решении» (Kneller 1978: 117).

Действительно, в большинстве случаев это описание Кнеллера может соответствовать линии поведения биолога в его научном исследовании. Но в то же время немало исследований есть не более чем рутинная деятельность, субъект которой мало заинтересован в ее соответствии идеализированным нормам, описанным выше. Если эксперимент «не работает» или приводит к неожиданным результатам, делается заключение о необходимости большей информации по вопросу.

Результаты и их интерпретации часто порождают предположения для следующего проекта и постановки очередных экспериментов. Ученый отдает себе в этом отчет, но он знает также, что его неудача может вызвать неприятности у кого-нибудь другого, кто станет основываться на обоснованности этих экспериментальных данных.

Общепринятое мнение состоит в том, что ученый проверяет себя, поскольку осознает возможность повторения его эксперимента другими исследователями. Панем подчеркивает этот момент самокоррекции как важную черту различий между ученым и журналистом. Она пишет: «Наука часто выступает как самокорректирующаяся деятельность. Иными словами, здесь есть императив независимой верификации фактов, который приводит к ответственности за опубликованные научные данные. В журналистике давление в пользу подобной ответственности отсутствует» (Panem 1987: 974).

Впрочем, такой взгляд нельзя считать общепринятым, на что указывают Брод и Вейд:

Идея воспроизведения, то есть повторения эксперимента с целью проверки обоснованности сделанных выводов, — это миф, теоретическая конструкция, придуманная философами и социологами от науки... По своей истинной природе ... тест на повторение опыта выглядит как прямой вызов на поединок. Выявление каких-либо де-

> фектов в работе, проделанной ранее другим, ведет к немедленной реакции самозащиты со стороны последнего и к дальнейшему антагонизму между двумя сторонами (Broad, Wade 1982: 77).

Определенно, можно показать и другое важное противопоставление. Если бы научный процесс был настолько совершенен во всех деталях, как это преподносится в учебниках, можно было бы думать, что научный прогресс всегда одинаков и вызревает без каких-либо помех со стороны. История науки, однако, говорит о другом. В каждой отрасли науки противоречия возникали во все времена. Возникнув однажды, противостояние может длиться десятилетиями, вопреки всем провозглашаемым призывам к «объективности» и вере в «тестирование» гипотез и «повторяемость» экспериментов» (Broad, Wade 1982). Кроме того, социальные и политические факторы в столь большой степени ответственны за эти противоречия, что обратили на себя внимание большинства философов науки.

Если ученые строго следуют принципам объективного мышления, повторяемости экспериментов и тестирования гипотез, почему научные противоречия вообще возможны? Почему результаты повторных экспериментов, приводившие к неожиданным («нежелательным») выводам, не приветствуются научным сообществом? И, наконец, если противоречие возникло, почему оно не может быть быстро ликвидировано? Философы науки долгое время уделяли этим вопросам на удивление мало внимания. С недавнего времени они все же заинтересовали социологов от науки. При этом, однако, серьезный недостаток их исследований заключался в том, что они располагали слишком скудным первичным материалом, столь необходимым для соответствующего анализа.

Противостояние вокруг танцев пчел

Немногие гипотезы, выдвинутые в XX в., привлекали к себе столько внимания, как прославленная гипотеза Карла фон Фриша о языковой функции танца пчел (см. некоторые его публикации, датируемые 1947, 1950, 1967(а) гг.). Гипотеза импонировала своей простотой, и немало экспериментов было проведено, чтобы подтвердить ее.

Гипотеза Фриша базируется во многом на наблюдениях, согласно которым пчела, вернувшаяся в улей с взятком, проделывает здесь так называемый «виляющий танец». *A priory* предполагалось, что

характер этих маневров таков, что позволяет извлечь из них информацию о направлении и расстоянии до кормового растения, которое танцовщица посетила до этого. Иными словами, можно было предположить, что танец обладает определенным значением. В середине 1940-х гг. фон Фриш в ходе своих экспериментов получил результаты, которые, казалось, можно было согласовать с этим предположением. Речь шла о том, что пчела-рекрут, *возможно*, в состоянии, подобно самому исследователю, извлечь из танца фуражира[9] ту самую информацию о направлении и расстоянии и, в соответствии с ней, устремиться точно к источнику пропитания, известному ее информатору.

Интересно, что фон Фриш не предоставил какого-либо строгого подтверждения этим своим мыслям. Да этого и не потребовалось, поскольку идея была принята быстро и повсеместно (Rosin 1980a: 797). Никто не заметил и того, что выводы Фриша не соответствовали тем результатам, которые он получил ранее в поддержку его собственной «запаховой» гипотезы (Frisch 1939; см. Rosin 1980a).

В то время как новая гипотеза не была подтверждена какими-либо строгими свидетельствами, на этом раннем этапе появилась детальная информация о том, как именно можно и следует поставить эксперимент, который позволил бы проверить справедливость гипотезы. Однако этого никто не сделал. Были поставлены эксперименты иного рода. Они давали возможность обнаружить некие корреляции, говорившие в пользу гипотезы и воспринятые многими как ее «проверка». В действительности же, «проверочные» эксперименты не были поставлены. Здесь уместно подчеркнуть принципиальную разницу между понятиями «*состоятельность*» (*justifiability*) гипотезы и «*готовность принять*» ее (*acceptability*) со стороны сообщества. Как заметил анонимный рецензент нашей книги, «даже широко принятая гипотеза может быть неподтвержденной».

Таким образом, гипотеза языковой функции танца пчел оставалась непроверенной в течение двух десятилетий, на протяжении которых никто не пытался подвергнуть ее сомнению. Заявления о точности в использовании информации пчелами только накапливались. Так, в 1948 г. фон Фриш писал: «Мы видим, что большая часть пчел разлетается веером в пределах сектора, отклоняясь не более чем на 15 градусов вправо и влево от направления, ведущего к кормовому растению» (Frisch 1948: 10). Тинберген откликается на эту фразу следующим

[9] Здесь и далее: рекрут — пчела в улье перед вылетом за взятком. Фуражир — та же пчела, занятая поисками корма.

образом: «Они летят в определенном направлении на определенную дистанцию (то и другое было сообщено танцором) и начинают поиски цветка» (Tinbergen 1951: 54).

Фон Фриш никогда не отступал от утверждения, что пчелы-рекруты очень точно «используют» инструкции «языка танцев». Позже он писал:

> «На протяжении почти двух десятилетий мои коллеги и я изучали одну из наиболее замечательных систем коммуникации, созданных эволюцией. Это «язык» пчел, танцевальные движения, которыми пчела-фуражир с высокой точностью направляет партнеров по улью к источнику пропитания» (Frish 1962: 78).

Фон Фриш не отступает от этих убеждений даже в своем развернутом обзоре экспериментальных результатов: «Это описание местоположения <кормового растения> дает возможность новичку лететь быстро без колебаний к указанным цветкам, даже когда они растут на расстоянии километров <от улья> — достижение со стороны пчел, которое не имеет параллелей во всем животном мире» (Frisch 1967a: 57). В другом месте читаем: «Настойчивые поиски данной особью на определенной дистанции <от улья> говорят о том, что именно здесь она рассчитывала обнаружить искомое» (Frisch 1967a: 86).

Читателя не должно удивлять, что мы первоначально не имели возражений против такой, например, оценки поведения пчел фон Фришем:

> «Язык пчел поистине совершенен, а используемый ими способ указания направления на источник пищи — это одна из наиболее замечательных особенностей их сложной социальной организации» (Frish 1950: 75).

Не прояви мы полного доверия к справедливости этого утверждения, наши собственные исследования не были бы начаты.

Несоответствие заявлений фон Фриша реальности начало раскрываться перед нами на самой начальной стадии исследования. Тогда мы попытались сконструировать «модель» танцующей пчелы, с помощью которой намеревались направлять неопытных рекрутов на известную нам цель (см. прил. 14). В серии опытов мы «переоткрыли» важность процессов научения и роли запаха в процессе мобилизации пчел на поиски пищи. Чего мы не распознали в то время, это насколько более

интересной, чем сами наши отрицательные результаты, оказалась реакция на них со стороны биологов.

Поскольку интеллектуальный климат (как его описывали в 1982 г. Брод и Вейд) едва ли был благоприятен для высказывания новых взглядов с сомнениями по поводу функции танца пчел, мы решили отложить комментарии на будущее. На протяжении последних нескольких лет обстановка изменилась, о чем можно было судить по оживлению интереса к научному процессу среди философов, социологов и психологов.

Возможность предоставить этой категории исследователей биологический материал для размышлений показалась нам более важной и интересной задачей, чем обсуждать тривиальный (как тогда казалось) вопрос о функциональном назначении танца пчел (как выяснилось позже, этот вопрос имел колоссальное общенаучное значение).

Немногие биологи осознавали, что как «языковая» гипотеза в той или иной ее трактовке, так и гипотеза нацеленности пчел-фуражиров на запах могут в равной степени объяснить экспериментальные данные по поведению этих насекомых, накопленные за несколько предшествующих десятилетий. Биологам не приходило в голову также и то, что оба объяснения были у нас в руках на протяжении нескольких столетий. И по мере изменений в социополитическом климате, предпочтения склонялись то в одну, то в другую сторону (см. гл. 4).

Как же получилось, что относительно частный вопрос о танцах пчел перерос в итоге в ожесточенное противостояние сторонников двух трактовок? По мере того, как мы узнаем все больше об истории этих гипотез (нацеленность фуражиров на запах и наведение их на цель за счет танцев в улье), все яснее становится, что выбор сообщества в пользу той или другой определялся скорее социополитическими, нежели строго научными факторами.

Стандартным мотивом в ходе всего противостояния было утверждение, что для разрешения проблемы научное сообщество нуждается в большем количестве данных. Нам же казалось, что в действительности недостает базовых правил, на которых должен основываться строгий научный подход. Иными словами, если результаты эксперимента рассматриваются без обращения к научной идеологии исследователя (basic assumptions) или в случае пренебрежения к схеме постановки эксперимента, спорный вопрос не может быть разрешен.

Из того, что мы узнали в ходе наших экспериментов, стали очевидными глубокие различия в исходных позициях тех участников дискуссий, которые на протяжении четырех десятилетий либо поддержи-

вали, либо отрицали наиболее позднюю версию языковой гипотезы танцев пчел. Стало ясно также, что позиции оппонентов несовместимы полностью.

В трактате, написанном в 1890 г. Томасом Х. Чамберлином, были заложены основы методологии выбора адекватного экспериментального подхода. Если бы исследователи пчел и биологи вообще последовали предложениям Чамберлина, они смогли бы сравнительно быстро разрешить вопросы, возникающие по поводу самой возможности существования «языка» у пчел. Однако работы Чамберлина ушли в небытие. Вместо этого Морис Метterлинк выступил в 1901 г. с обсуждением вопроса, обладают ли пчелы «языком», или этого быть не может.

В дальнейшем тексте этой книги мы пытаемся воздержаться от того, чтобы заставить читателя принять нашу точку зрения на проблему «языка танцев» у пчел. Строго говоря, для нас этот вопрос сам по себе в настоящее время не является животрепещущим. Гораздо больше нас интересует реакция биологов на нашу попытку предложить альтернативную интерпретацию гипотезы «языкового» поведения пчел. Эта мысль отражена в следующей цитате из одной нашей ранней работы:

> Мы уверены в том, что экспериментами гипотеза не может быть ни «доказана», ни «опровергнута». Они могут лишь показать степень правдоподобности гипотезы. Если это ее свойство определяется в каждый момент времени общим объемом доступной обсуждению содержательной информации, то гипотеза языка пчел казалась весьма правдоподобной в 1946 г., когда фон Фриш выдвинул ее. Однако в настоящее время доверие к ней уменьшилось, поскольку доступная информация включает в себя данные, противоречащие гипотезе... Есть ли язык у пчел? Безоговорочный ответ на этот вопрос не сможет быть получен никогда. Вероятно, более полезно было бы рассмотреть критически и в деталях глубинные основания гипотезы, ее современное состояние и следствия, вытекающие из нее. Затем суммировать эмпирические данные и задать себе вопрос: можем ли мы поверить в то, что у пчел есть язык? Иными словами, выясняется, что противостояние имеет место не вокруг эмпирических данных, а на почве характера самой гипотезы. То есть речь идет не о том, что исследователь наблюдает (данные), а о том во что он верит (или как интерпретирует факты). Это и есть средоточие противостояния (Wells, Wenner 1973: 174).

К этому можно добавить следующие слова анонимного рецензента: «Эта книга представляет собой не только развернутый документ о перипетиях противостояния вокруг танцев пчел. Это также предлог задуматься над утверждением, что приемлемость идей в науке должна базироваться на оценке их состоятельности».

После внимательного прочтения трудов философов, социологов и психологов, занятых проблемами науки, мы не нашли повода изменить нашу основную позицию. Для нас более ясным стал смысл высказывания Бэкона, помещенного в эпиграфе к этой главе. Мы также не сомневаемся в том, что пчелы будут в дальнейшем вести себя так, как это происходило миллионы лет, пока на свет не появились наши теории.

2

Философы и парадигма

Фактически, по сравнению с физикой социология и психология манипулируют с модными конструкциями и неконтролируемыми догмами. Утверждение, что здесь может быть нечто вроде «объективного, строгого описания», определенно ошибочно.

— Сэр Карл Поппер (Popper 1970: 57—58)

Кто усвоил идеи Куна, Полани и Бома, должен понимать, что *скорее наука*, *чем философия* есть та сфера деятельности, которая в конечном счете наиболее адекватно отражает стремление человека познавать (курсив автора цитаты).

— Валтер В. Веймер (Weimer 1979: 75)

Наука — это одно из немногих начинаний человека, где мы коллективными усилиями накапливаем багаж знаний, выраженных количественно, что, в свою очередь, позволяет по возможности быстро двигаться по пути понимания реальности и приобретения нового знания. Однако в философии науки пока что нет единого мнения о причинах подобного успешного продвижения вперед, о том, что, собственно, представляет собой наука и почему она вообще способна успешно функционировать (см., например, Popper 1957, 1970; Kuhn 1962, 1970b; Lakatos, Musgrave 1970; Gutting 1980; Hacking 1983).

Несколько позже Джеймс Аткинсон, анализируя возможные причины разногласий между этими философами, «грубо очерченную модель, которая требует дополнительных достоверных свидетельств из истории науки и данных относительно реального опыта активно работающих ученых» (Atkinson 1985: 734). Он так уточняет эту свою мысль:

> Возможно, мы можем суммировать эту модель, определив науку как процесс, посредством которого способность людей создавать мысленные образы и манипулировать ими ведет к формулированию идей, концепций и теорий. Они вмещают в себя и соединяют воедино свойственный людям чувственный опыт, после чего ассимилируются культурой, воссоздаваясь при этом как бы заново. Эти идеи, концепции и теории формируют запас наших знаний о том, как человек взаимодействует с природой, воспринимаемой им как внешняя реальность. Поскольку реальность есть процесс множественных взаимодействий, а разум и опыт людей обладают способностью создавать практически бесконечный спектр ее образов, научное знание меняется и будет меняться все время, иногда с революционной быстротой, а в другие времена путем медленного постепенного эволюционирования (Atkinson 1985: 734).

С нашей точки зрения, позиции Поппера и Аткинсона резко контрастируют друг с другом. Поппер утверждает, что «объективность» в науке возможна и настаивает на том, что мы можем приблизиться к пониманию «реальности» (школа реалистов; см. прил. 6). Аткинсон, напротив, уверен, что познание объективной реальности никогда не сможет быть полным (школа релятивистов; см. Bernstein 1983; Hacking 1983; Latour 1987). Он говорит о том, что воспринимаемое нами как «реальность» основывается на общности восприятия у людей. Заключение здесь состоит в том, что современные представления о науке, преподносимые в процессе обучения школьников и студентов,

которым предстоит работать в этой области, толкают и тех и других на путь «наивного реализма».

Очевидно, отсутствие подробной и выверенной истории науки, где содержался бы детальный анализ социальных взаимоотношений между учеными, а также скудость документированных конкретных эпизодов — все это не способствует единодушию среди философов науки. Бесспорно, необходимо более глубокое проникновение в эти сферы. Аткинсон подчеркивает, что его модель требует тщательной проработки на основе более пристального изучения истории науки.

Равным образом он признает важность социальных факторов в научной практике, когда пишет, что «социология и психология манипулируют модными конструкциями». В то же время он склонен думать, что социальные факторы играют меньшую роль в таких точных науках, как физика и химия.

Ранжирование биологических дисциплин

Из слов Поппера можно заключить, что научные дисциплины подчиняются иерархии. Она все же не является столь жесткой, как приходится заключить из цитаты, приведенной в эпиграфе. В самом деле, ученые часто подшучивают (а иногда говорят серьезно) на тему «респектабельности» разных сфер исследования, тем самым как бы подтверждая существование некоего «права сильного» (pecking order), аналогичного тому, что этологи наблюдают в группировках птиц и млекопитающих. Например, физик может смотреть свысока на исследования, проводимые биологами, в то время как те и психологи едва ли будут на похожих основаниях критиковать научные проекты в физике.

Подобная же иерархия существует внутри разнородного поля биологии. Разные дисциплины конкурируют здесь за позиции на шкале «респектабельности». Вы могли слышать выражение «передовая биология». Получить грант на исследование проще работникам некоторых дисциплин по сравнению с другими (см., например, Whitley 1984). Биохимик и микробиолог могут задавать себе вопрос, насколько «важно для науки» полевое изучение поведения рептилий или птиц. В то же время герпетолог или орнитолог с меньшей вероятностью станут задавать вопросы о важности изучения биохимических процессов у вирусов и бактерий (см. также Zuckerman 1977; Schram 1979).

В приведенном выше высказывании Карла Поппера он подчеркивает другую сторону дела: степень объективности в подходах исследователя часто рассматривается скорее как свойство, присущее данной дисциплине, чем следствие профессионального тренинга в рамках ее методологии. Слова Поппера можно понять так, что выбирая в качестве специальности физику, человек автоматически становится более объективным ученым, чем если бы он занялся, скажем, социологией.

В то время как философы и историки науки, такие как Поппер, Аткинсон и Кун, поглощены анализом методологических, исторических и (иногда) социальных факторов в науке, эти вопросы редко привлекают внимание лиц, активно занимающихся ею. Обычно ученый слишком поглощен своим исследованием и взаимодействиями с коллегами на этой почве, чтобы сознательно (или подсознательно) оценить свою собственную роль в науке, взятой в целостности. Нельзя также сказать, что ученые часто задумываются о научном процессе как таковом.

Карл Поппер не упоминает биологию в приведенном выше отрывке, что, в общем, неплохо. Как сказано выше, эта наука весьма разнородна, как и экспериментальные подходы в разных ее областях. В этой книге, однако, мы не собираемся избегать темы ранжирования биологических дисциплин. Не будут упущены также вопросы, касающиеся социальных взаимоотношений в сообществе биологов и меры их «объективности», поскольку и то и другое в высшей степени существенно для развиваемых здесь тем (научные противостояния вообще и дебаты относительно языковой гипотезы танцев пчел в частности).

В качестве примера мы поведаем историю того, как на социополитической основе было улажено одно мало известное противостояние, имевшее место в XIX столетии.

Противостояние между Томпсоном и Вествудом

Ожидание, которое мы можем составить себе из слов Поппера, сводится к тому, что наш мир реален, а не воображаем, и что ученый в состоянии убедится в его реальности. Впрочем, с этим согласны не все. История изучения Джоном В. Томпсоном (Thompson 1835*a*, *b*) образа жизни крабов и циклов их развития может служить иллюстрацией того, насколько трудно бывает для ученого дать «объективное, строгое

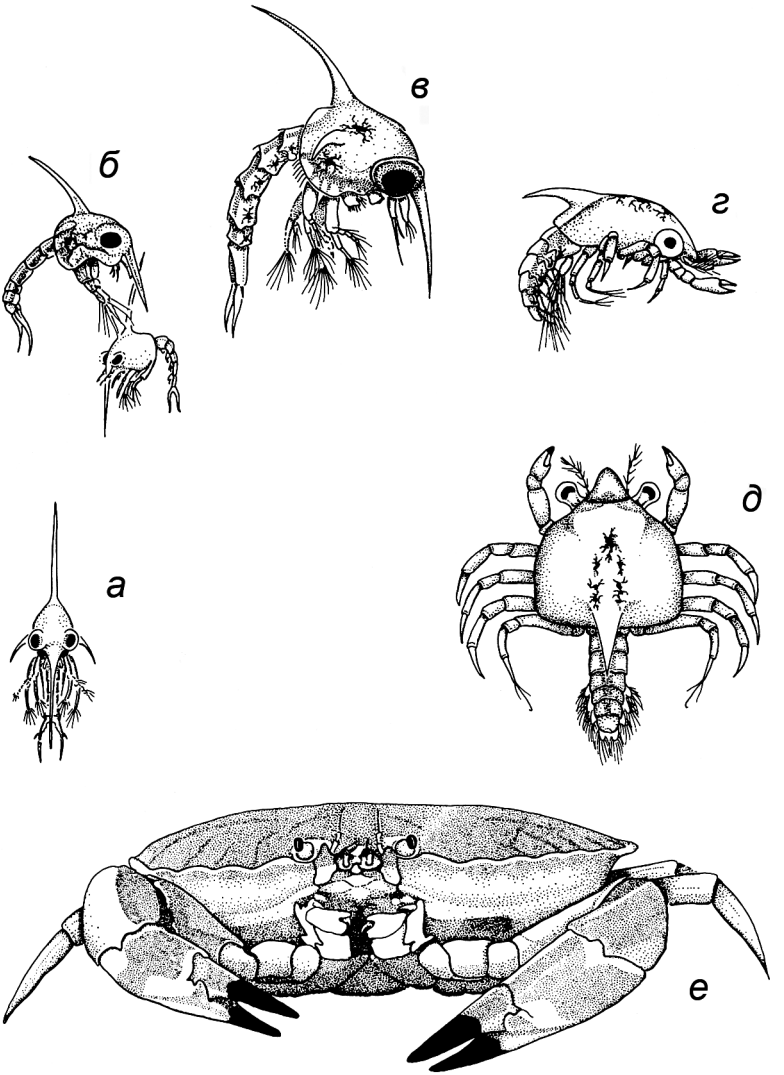


Рис. 2.1. Жизненный цикл крабов (по часовой стрелке с *а* до *е*). *а—г* — очень мелкие прозрачные зоэа (одна из составляющих зоопланктона). После многих линек от одной стадии зоэа к последующим происходит линька в сидячую стадию полупрозрачной мегалора (*д*). Она затем преобразуется в молодого подвижного краба, а тот после нескольких линек достигает половозрелой стадии (*е*).

описание», рекомендуемое Поппером, даже в той дисциплине, которую с определенных позиций можно рассматривать как «точную».

«Случай Томпсона» (Coffin 1960) —это эпизод, в ходе которого были отвергнуты результаты его изысканий относительно метаморфоза у ракообразных. Тот факт, что впоследствии эти данные были признаны верными, показывает, что может случиться, когда полученные сведения не соответствуют «известным» фактам и принятым их интерпретациям. Научное сообщество было не готово принять выводы Томпсона. Позже разногласие «было улажено» (правда лишь на время) скорее социополитическим, чем научным способом.

Кое-что следует знать по теме, чтобы оценить вклад Томпсона в зоологию. Большинству видов ракообразных, в том числе десятиногих (например, креветок, крабов и лобстеров), свойственен сложный жизненный цикл, в котором некоторые стадии сильно отличаются морфологически друг от друга (см. Wenner 1985). Например, прозрачная личинка, которая у крабов называется зоэа, вылупляется из яйца после периода эмбрионального развития и начинает свою жизнь как частица океанического планктона. На этой стадии прозрачной личинки краб претерпевает несколько линек (и может несколько раз менять свой облик — см. рис. 2.1), и чаще всего совершенно не похож на взрослого окрашенного краба в объизвествленном панцире.

До эпизода с Томпсоном морские биологи не располагали соответствующим оборудованием, которое позволило бы содержать личинок в морской воде до достижения ими стадии взрослой особи. Поэтому у исследователей не было возможности последить судьбу конкретной личинки и быть уверенными в том, что они имеют дело именно с личинкой, а не с взрослой особью какого-нибудь еще не описанного вида.

В те времена сложности работы были даже большими. Здесь не было уверенности даже в том, что представляют собой личинки-зоэа в таксономическом плане. Для простоты их опознавания личинки нескольких видов крабов, обладавшие наиболее сходным обликом, были помещены в новый род *Zoea*. Томпсон оказался первым, кто показал непосредственными наблюдениями, что такая личинка со временем преображается в особь хорошо известного вида ракообразных. Эти наблюдения и были тем «объективным, строгим описанием», о котором говорит Поппер. Нетрудно также видеть, что Томпсон «создал образ», отличный от тех, которые владели другими учеными до него (здесь уместно вспомнить точку зрения Аткинсона приведенную выше).

Гарольд Коффин суммирует результаты Томпсона следующим образом:

> Разнообразные личинки десятиногих были известны и описаны в самом начале XIX в., но их считали взрослыми животными и поместили в новый род, принадлежащий, как оказалось позже, несуществующему подотряду... Томпсон (Thompson 1828, 1829, 1831) первым высказал подозрение, что род *Zoea*, объединявший некоторые наиболее нетипичные для класса организмы, целиком состоит из личиночных форм. Несмотря на то, что Томпсон подтвердил свои выводы прямыми наблюдениями и великолепными иллюстрациями, открытие не было принято всерьез.
> ...впрочем, старым взглядам пришел конец, как это следовало из многочисленных противоречий в возражениях Томпсону. Вествуд (Westwood 1835) проанализировал абзац за абзацем в работе Томпсона и пришел к выводу, что методы исследования у его оппонента были совершенно иными по сравнению с принятыми в то время при изучении метаморфоза ракообразных. Был сделан вывод, что по этой причине все в работе неверно. Вествуд пошел дальше и высказался в том смысле, что те зоэа, вылупление которых наблюдал Томпсон в лабораторных условиях, — это паразиты, заразившие раннее яйца крабов (Coffin 1960: 1)

Обратите внимание, что Вествуд осуждает мимоходом методы работы, проделанной Томпсоном. Что касается влияния социальных факторов в этом эпизоде, Коффин пишет: «Вествуд воспользовался поддержкой лиц, авторитетных в то время, в частности, Латрейля и Г. Милн-Эдвардса (1830). Он получил золотую медаль Лондонского Королевского Общества за полное отрицание открытия Томпсона в области метаморфоза у ракообразных (Bate 1878)». Коффин добавляет: «Но Томпсон знал, что его наблюдения не могли быть оптической иллюзией, и продолжил свои исследования» (Coffin 1960: 1—2).

В научных биологических журналах и учебниках вы едва ли найдете много информации, подобной той, что изложена Коффином. То ли потому, что биологи уверены в торжестве «объективности» в науке, или из-за их ощущения, что наука — процесс самокорректирующийся, так что такие инциденты случаются редко. Или, наконец, вследствие недостатка места в журналах, чтобы помещать «незначимую информацию».

Сам Коффин предваряет описание этого случая следующими примечательными словами: «*Необычные обстоятельства*, случай в истории изучения ракообразных отодвинули в будущее развитие верных представлений о ходе метаморфоза у десятиногих» (Coffin 1960: 1 — курсив наш). Сегодня мы можем спросить, действительно ли обстоятельства были столь необычными.

Если эпизоды, подобные описанному Коффиным, не находят для себя места в научных журналах, как мы можем с уверенностью судить том, насколько стандартной может быть подобная ситуация? Действительно ли философы и историки науки склонны привычно игнорировать информацию такого рода в своих построениях? Недостаток подобных сведений может быть ответственным за разногласия в среде философов науки, где мы видим сегодня очевидный раскол между двумя течениями интеллектуальной мысли (см. Lakatos, Musgrave 1970 и гл. 3 в этой книге).

Во главе одной школы долгое время стоял сэр Карл Поппер (см. например, его работу 1957 г.), который утверждал, что наука прогрессирует быстро потому, что ученые готовы принять новые интерпретации сразу же, как только им предоставлены данные, превосходящие по качеству те, что были известны до этого. Возможность иного подхода была провозглашена Томасом Куном (1962), который чувствовал, что дело обстоит гораздо сложнее того, как его видел Поппер. Кун писал, что меру готовности научного сообщества воспринять новые взгляды диктуют неписанные правила поведения (исследователей. — *Е. П.*).

Позже другие философы и социологи науки высказались в том смысле, что новый и лучшие, по сравнению с предыдущими, результаты исследований (в частности, экспериментальных) и их интерпретации могут не вызвать интереса, если «климат» в сообществе окажется неподходящим (см., например, Griffith, Mullins 1972; Feyerabend 1975, 1978; Schram 1979; Whitley 1984).

Например, детальное «объективное описание» метаморфоза у ракообразных, сделанное Томпсоном, должно было, согласно Попперу, заслужить высокую оценку по шкале «приемлемости» (acceptability) с научной точки зрения.

К счастью, сегодня работы Томпсона получили высокую оценку как важный вклад в наше понимание жизненного цикла у ракообразных, который представляет собой один из наиболее сложных процессов в природе. В качестве примера нынешней оценки его достижений приведем следующую цитату:

> С самого начала становления зоологической систематики усоногих раков относили к классу Моллюски, к его подразделению Testacea. Сенсацией стало наблюдение Джона Вогана Томпсона, сделанное им 8 мая 1826. Он видел, как личинка ракообразного прикрепилась ко дну стеклянного аквариума и превратилась в юного усоногого рака (Winsor 1969). Дальнейшие исследования не оставили сомнения в том, что усоногие раки — это сидячие ракообразные. Таким образом, Томпсон и другие исследователи обитателей установили, что многие планктонные организмы есть не что иное, как личиночные стадии хорошо известных беспозвоночных, и что даже свободно живущиее ракообразные могут проходить метаморфоз со сменой нескольких личиночных стадий (науплиус, зоэа, ципрус) (Mayr 1982: 204).

Майр утверждает, что открытие, сделанное Томпсоном, было своего рода прорывом в ходе научного процесса. Даже точная дата открытия указана Майром. Однако ученого отнюдь не приветствовали аплодисментами, как он того заслужил. Создается впечатление, что будь принята в те времена наша система субсидирования науки, Томпсон едва ли получил бы грант на продолжение своих исследований (см. Muller 1980).

В итоге, создается впечатление, что поведение научного сообщества во времена Томпсона больше соответствует видению проблемы Куном, чем тому, что следовало бы ожидать с позиций Поппера (см. ниже об этих философах).

Вествуд, с другой стороны, несмотря на поддержку научного сообщества и полученную им золотую медаль, канул в неизвестность. Так, например, Чарлз Сингер в своем труде «Краткая история научных идей до 1900 года» (Singer 1959) вообще не упоминает Вествуда. Но, к сожалению, и сама эта история с отрицанием достижений и возникшем на этой почве противостоянием двух ученых остается в наши дни мало кому известной.

Получается так, что не наука, а история оказывается самокорректирующейся дисциплиной.

Школа более поздних последователей Карла Поппера

Взглядов сэра Карла Поппера в наши дни придерживаются многие ученые. Примером может служить принцип так называемой «нулевой гипотезы». Одно из наиболее четко сформулированных выражений его позиции мы находим в книге: «Философия науки: точка зрения автора». Как бы ни относиться к ней, нет сомнений в том, что это классика интеллектуальной мысли. Приведем в сокращенной форме основные ее положения.

1. Нетрудно получить подтверждение почти любой теории, если есть намерение подтвердить ее.
2. Подтверждения должны считаться таковыми только в том случае, если они получены из предсказаний, которые неочевидны, то есть не предусмотрены данной теорией. При этом, однако, при дальнейших рассуждениях следует ожидать результата (в оригинале event. — *Е. П.*), не совместимого с теорией, то есть такого, который, будь он получен, должен вести к опровержению теории.
3. Каждая «хорошая» научная теория такова, что она запрещает саму возможность некоторых моментов. Чем большее их число запрещено теорией, тем она лучше.
4. Теория, которую не удается опровергнуть какими-либо аргументами, не может рассматриваться как научная. Неопровержимость теории есть не достоинство теории (как часто думают), но наоборот.
5. Каждый истинный тест для проверки теории — это попытка отвергнуть (фальсифицировать) ее (testability is falsifiability). Может существовать несколько степеней доступности для проверки: некоторые теории тестируются сравнительно легко и более уязвимы для отрицания их истинности, чем прочие. Можно было бы сказать, что они подвержены большему риску быть отвергнутыми.
6. Данные, подтверждающие теорию, не следует принимать во внимание, *за исключением тех случаев, когда они оказываются результатом реального ее тестирования.* Это значит, что они представляют собой неудачную, но серьезную попытку фальсификации теории.
7. Некоторые теории, которые реально поддаются тестированию, оказываются ложными. При этом некоторые ее приверженцы продолжают поддерживать теорию. Они приводят какие-либо вспомогательные суждения *ad hoc* (задним числом) либо тем же

способом интерпретируют теорию по-новому, так что она *избегает опровержения.* Такие процедуры возможны всегда, но они спасают теорию от опровержения только ценой ее разрушения или понижения ее научного статуса.

Все это можно суммировать таким образом, что *критерием научного статуса теории является ее подверженность фальсификации или, что то же самое, отрицанию ее истинности* (refutability) (Popper 1957: 159—160 — курсив Поппера).

Впрочем, Поппер хорошо понимал, что люди совершенно не обязательно будут вести себя в соответствии с этими его рекомендациями. Он пишет:

Свойство нашего сознания выявлять регулярность событий и полагаться на существование законов в природе ведет к психологическому феномену, именуемому *догматическим мышлением* или, в более общей форме, догматическим поведением. Мы ожидаем регулярности событий везде и пытаемся обнаружить ее даже там, где она отсутствует. Те события, которые не поддаются этим ожиданиям, мы склонны рассматривать как разновидность «*фонового шума*» (background noise). Мы настолько привержены этим ожиданиям даже тогда, когда это совершенно неуместно и мы неизбежно будем обмануты ими. Такой догматизм в определенной степени необходим. Он требуется в ситуациях, когда наши ожидания помогают нам справиться с непредсказуемостью внешнего мира (Popper 1957: 175).

Принципов, выдвинутых Поппером еще в 1919 г. (Ibid 1957), до сих пор придерживаются многие. Значимость Поппера в развитии идей философии науки специально подчеркнута Аткинсоном:

Вероятно, наиболее влиятельная и широко принятая точка зрения в этой области знаний принадлежит Карлу Попперу. В своей модели гипотетико-дедуктивной системы рационального поведения он наибольшее значение придает принципу опровергаемости (falsifiability) [научных построений]. Гипотеза предлагается, ее следствия выводятся и экспериментальные тесты проводятся с целью доказать, что гипотеза «не работает» (Popper 1968). Но поскольку мы ищем объяснений происходящего в природе как чего-то универсального, мы не можем доказать справедливость нашей гипотезы из-за того, что универсальность лежит за пределами нашего опыта. Таким образом, мы должны стремиться устранить неверную гипо-

тезу путем ее экспериментального тестирования. Все это, разумеется, следует рассматривать как процесс бесспорно рациональный. В идеале он достигает строгости математической логики, так что в случае экспериментальных данных, не отвечающих предсказаниям теории, дело идет либо к переформулированию дедуктивных выводов, либо к отбрасыванию первоначальной гипотезы. Поппер понимал, разумеется, что на практике процесс фальсификации никогда не может быть столь простым. Так или иначе, опровергаемость ментальных конструкций для Поппера и его последователей есть главная линия демаркации между научным и ненаучным знанием (Atkinson 1985: 728).

Начало революции, связанной с именем Томаса Куна

Томас Кун был первым, кто осознал значение социального фактора в научном процессе и провозгласил это во всеуслышание. В 1962 г. он заявил, что ход научных исследований отличается от того, как это ранее представляли себе философы науки (и Поппер в том числе) и как процесс выглядел в глазах научного сообщества.

До выхода в свет книги Куна «Структура научных революций» ученые были привержены пониманию науки как процесса градуального (по аналогии с «градуализмом» в теории эволюции). Иными словами, было принято считать научный прогресс кумулятивным и что научное сообщество с готовностью дает дорогу предлагаемым ему новым данным высокого качества (в том смысле как их понимал Поппер). Кун выступает против этих воззрений, причем его концепция в ряде отношений резко контрастирует с идеями, предлагавшимися ранее Поппером и другими философами.

Предшествующие взгляды часто выражались сентенцией «Мы стоим на плечах титанов» (таких, в частности, как Ньютон), что означает приверженность заслугам великих ученых, работавших в прошлом. Сегодня речь идет о том, что большая часть этих завоеваний разума будет существовать века в качестве базиса для дальнейших исследований.

Понятие «парадигма»

В небольшой книге Куна, которая сейчас многими рассматривается как классический труд, дана аргументация идеи, согласно которой основные продвижения науки идут вперед скорее скачкообразно (аналог пунктуализма в теории эволюции), а не путем постепенного накопления фактов. Кун вводит также понятие «парадигма», которое служит одним из центральных моментов его позиции в отношении хода научного прогресса.

Кун (1962) утверждает, что в каждом научном сообществе ученые работают в рамках определенных доктрин и социальных ограничений и, таким образом, оказываются «в плену» привычных традиций и принятых объяснений. Имеющаяся на данный момент сумма подобных точек зрения диктует исследователям и подходы к оперированию ими. Кун пишет: «парадигма» — это усвоенная сумма знаний и приемов, которая в данное время служит моделью актуальных проблем и способов их решения для практикующих исследователей».

При всей кажущейся простоте и безобидности этих утверждений (которые для ученых выглядели как некая аналогия с прогрессом в технологии), они вызвали очевидное беспокойство в среде философов науки. Для них было очевидно, что в этих словах содержится большой запас скрытого смысла и потенциальных следствий, которые не удавалось раскрыть в однозначных терминах. Истинное значение этих идей начало проясняться в последующие годы в работах философов, несогласных с революционным выступлением Куна (см., например, Masterson 1970).

В ранней версии концепции парадигмы присутствует понятие «гештальт»[10]. Кун осознавал, что ученый, работающий в рамках данной парадигмы, рассматривает стоящие перед ним вопросы и возможные подходы к их решению в явно ограниченной перспективе видения мира, которая сложилась в рутине, господствующей в его научном окружении (см. также Griffith, Mullins 1972). Как Кун говорил впоследствии, «парадигма может быть более всеохватывающей (prior to), более обязующей и более дифференцированной, чтобы ее можно

[10] Гештальт (от нем. Gestalt — форма, структура) — основное понятие гештальтпсихологии, обозначающее целостные фрагменты сознания, несводимые к сумме своих частей.

было недвусмысленным представить себе в виде некоего свода правил для исследователя» (Kuhn 1962: 46).

Проще говоря, Кун полагал, что ученый в ходе разработки стоящих пред ним задач может быть в высокой степени привержен к неким концепциям и методическим подходам, которые в комплексе образуют «гештальт» (или, по-другому, «власть парадигмы»). При таком положении вещей существует высокая вероятность того, что некий полученный им результат может оказаться абсолютно необъяснимым, то есть никак не согласующимся с привычными интерпретациями. В этом случае ученый и его коллеги оказались бы совершенно не готовыми объяснить причину различий между предыдущими результатами и вновь полученными.

Важно заметить, что, по мнению Куна, подобная приверженность к парадигме совершенно не обязательно сдерживает развитие первоклассных исследований. В самом деле, многое может быть достигнуто, если исследователь не обращается все время вспять, уходя тем самым достаточно далеко от свой стартовой позиции. Что касается исследований в жестких рамках парадигмы, Кун относит их к категории «нормальной науки». Он иллюстрирует необходимость и важность этой сферы деятельности в третьей и четвертой главах своей книги, заключая эту часть текста следующими словами: «Нормальная наука... — это копилка наших знаний (highly cumulative enterprise). Она всемерно преуспевает в своих устремлениях, являя собой прочное обоснование завоеваний науки и ее стремления к точности» (Kuhn 1962: 52).

В то же время Кун обрисовывает недостатки нормальной науки, имманентно присущие ей. Среди прочих он подробно останавливается на ситуации, в которой исследователь или небольшая группа ученых приходит к заключениям, совершенно отличным от интерпретаций, принятых в данной конкретной области знаний. Прекрасным примером могут служить выводы Томпсона, согласно которым «род» *Zoea* оказался в действительности скопищем личинок нескольких видов крабов, хорошо известных в то время во взрослом состоянии.

Согласно Куну, социальные факторы (действие которых зачастую не осознаются) могут препятствовать восприятию научным сообществом и распространению в нем таких альтернативных интерпретаций, которые могут оказаться превосходящими объяснения, принятые ранее. Однако в ходе процесса неспособность авторитетной науки (establishment science) осознать возможность существования

плодотворных взглядов, альтернативных господствующей парадигме, рано или поздно приводит к кризису. Именно в неизбежности кризиса Кун видит необходимую предпосылку процесса принятия научным сообществом новых, дотоле непривычных точек зрения на предмет. Он так описывает первоначальную реакцию ученых на кризис, ставший уже очевидным:

> Давайте предположим, что кризисы есть необходимая прелюдия к появлению новых теорий, после чего зададимся вопросом, какова будет реакция ученых на происходящее. Часть ответа, одинаково важная и очевидная, состоит в том, чего они делать не будут даже перед лицом очевидных и длительно существующих аномалий[11]. Даже начав терять веру в правильность привычных объяснений и будучи готовыми обратить внимание на альтернативные трактовки, они не откажутся от парадигмы, которая привела их к кризису (Kuhn 1962: 77).

Кун приходит к заключению, что в истории науки противостояния обычно возникали именно как следствие этой неспособности научного сообщества оценить потенциальную важность новых идей до тех пор, пока научный процесс продолжается в рамках принятого гештальта мышления (или, иными словами, под властью парадигмы).

При этом *качество* аргументации имеет, с точки зрения возможности «разрешения» конфликта, несравненно меньшее значение, чем влияние этой самой власти парадигмы и ее базовых представлений (basic assumptions) на научное сообщество.

Примеры, приводимые Куном и касающиеся кризисов в истории физики и химии, дополнены в его книге описанием длительного неприятия идей таких ученых как Галилей, Лавуазье и Пастер. Если же говорить о биологии, достаточно вспомнить Дарвина, не говоря уже о Томпсоне и многих других.

[11] Аномалиями Кун называет любые результаты исследований, не укладывающиеся в господствующую парадигму (прим. ред.).

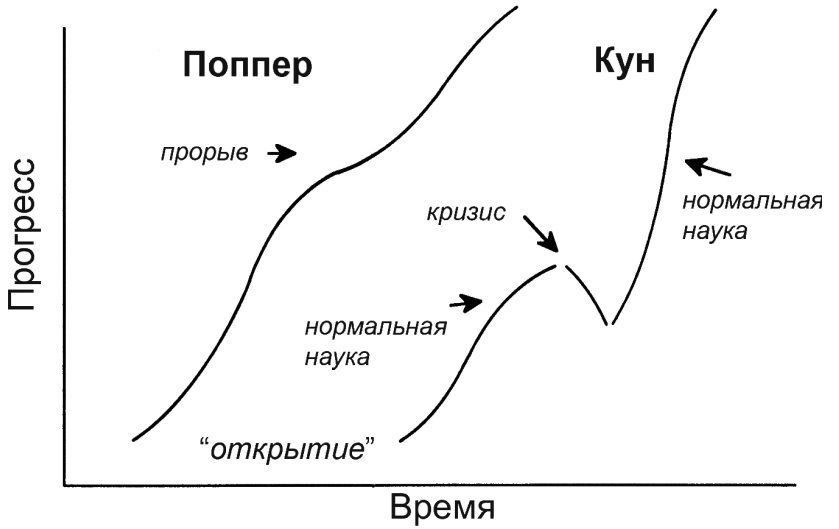


Рис. 2.2. Упрощенная схема прогресса в науке как функции времени. Слева — постепенный прогресс, как его видят представители школы реализма (в частности К. Поппер). Справа — прерывистое развитие с временными спадами, по модели Т. Куна (объяснения в тексте; см. также прил. 6).

Социальная структура, наука и прогресс

Несоответствие во взглядах Поппера и Куна многие рассматривали как конфронтацию между традиционным «логическим эмпиризмом» (школа реализма) и прагматическим подходом, точная принадлежность которого той или иной философской традиции пока что не вполне ясна (хотя, возможно, он близок школе релятивизма: см. Bernstein 1983). То есть, предмет конфронтации не очевиден (см. Lakatos, Musgrave 1970), иными словами, Поппер и Кун в действительности не были в прямой оппозиции друг к другу (см. прил. 6).

В то время как Поппер утверждает, что крупные ученые преуспели в результате строгой, устойчивой ориентации на логику (и поддерживает такой стиль действий), Кун рисует научный прогресс как периодические броски вперед (рис. 2.2). Интересно, что Кун не является проповедником какого-либо конкретного способа действий. Он лишь описывает ход событий так, как видит его. Пауль Фейерабенд констатирует это следующим образом: «Читая Куна, я постоянно задавал

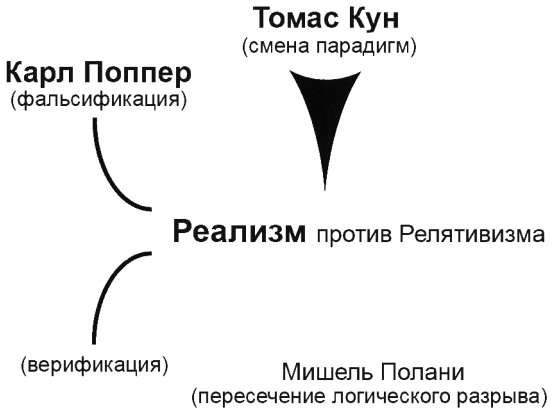


Рис. 2.3. Соотношение взглядов К. Попера и Т. Куна. М. Полани в действительности был отчасти первопроходцем в идеях, развитых Куном (внезапная смена взглядов возможна всякий раз, когда данные, не соответствующие ранней позиции, открывают новые перспективы). В момент возникновения противоречий между точками зрения Поппера и Куна школа релятивистов еще не была четко оформлена.

себе вопрос, дается ли здесь некое *методологическое предписание* того, как должен действовать ученый, или же перед нами *описание* процесса, свободное от каких-либо оценок тех операций, которые принято считать элементами “научного исследования”»? (Feyerabend 1970: 198).

Поппер отстаивает свою позицию, которую можно считать «непротиворечивой» (общее представление людей о науке). Ее сторонники верят, по-видимому, в то, что истина (или «истинная» реальность) может быть познана, либо что мы можем существенно уяснить ее путем строгого экспериментирования. В таком случае противоречия, возникающие в науке, могут быть приписаны несовершенству методов, используемых теми или иными учеными (как пример см. прил. 9).

Кун, напротив, пытается описать то, что реально происходит в науке. При этом он временами склоняется к прагматизму, позже получившему этикетки «релятивизм», «антиреализм» и некоторые другие. Иными словами, он склонен думать, что возникновения противоречий можно ожидать в случае, если с появлением абсолютно неожиданных результатов произойдет кардинальная смена интерпретаций того, что казалось очевидным ранее.

Внезапное появление противоречий вызвано не тем, что конкретные исследователи не могут договориться о качестве тех или иных доказательных данных. Противоречие возникает тогда, когда не удается примирить новый взгляд на такого рода свидетельства с привычной точкой зрения, отстаиваемой сложившимся научным сообществом.

Несовпадения во взглядах Поппера и Куна проиллюстрированы рисунком 2.3. Из сказанного ранее очевидно, что Поппер *отстаивает* методологию фальсификации, исходя из своей веры в то, что крупные ученые прошлого преуспели, придерживаясь такого подхода. До выступления Куна позиция Поппера оставалась, в целом, вне критики. «Логический эмпиризм», как ее называли, был доминирующим направлением мысли философов науки, широко принятым в научном сообществе в качестве вполне адекватной методологии (см. прил. 7).

Вероятно, наиболее глубокой идеей в последующих построениях Куна оказался его акцент на роль позиции, занимаемой «научным сообществом», как некой части внутри более обширной армии исследователей (research establishment) (см. также Griffith, Mullins 1972; Atkinson 1985).

Хотя никто не думал до Куна, что ученые работают в вакууме, он высветил важность активности членов «групп сверстников» (peer groups)[12] внутри научного сообщества и ее связи с устойчивостью парадигмы. Он пишет:

> Нормальная наука, участию в ходе которой большинство ученых неизбежно уделяют большую часть своего времени, зиждется на представлении, что научное сообщество знает, как устроен наш мир. Успешность всего процесса в большой мере обусловлена готовностью защищать это представление, при необходимости — даже значительной ценой… (Kuhn 1970*a*: 5). Обучение студентов в рамках парадигмы... готовит их к роли членов того или иного научного сообщества, в составе которого они собираются работать... Люди, исследования которых базируются на одной и той же парадигме, неизбежно будут придерживаться в своей деятельности одинаковых правил и стандартов. Все это, вкупе с очевидным консенсусом во взглядах, — это предпосылки для функционирования в нормальной науке (Kuhn 1962: 11).

[12] Социальная группа, состоящая из персон примерно одного возраста, статуса и равного уровня образования, которые придерживаются сходных взглядов (в данном случае, на те или иные аспекты научной рутины).

Эти высказывания Куна заметно контрастируют с представлениями ученых о себе и таят в себе не вполне приятный для них подтекст. Возникают вопросы, не поставленные явным образом в самом цитированном тексте. В самом деле, свободен ли ученый в своих размышлениях, или сделанные им выводы требуют одобрения со стороны коллег по научному сообществу? Обладают ли стоящие выше в иерархии сообщества большей свободой самовыражения (в частности, при формулировании рискованных проектов), чем прочие, и если да, то по причинам социального или научного характера? Является ли «научная объективность» отчасти эфемерной, меняющейся в соответствии с превалирующими мнениями, или она абсолютна в гораздо большей степени? Действительно ли неизменно соблюдается известный воодушевляющий лозунг, что все точки зрения имеют право на существование?

Шумный успех идеи парадигмы оказался любопытным примером справедливости его точки зрения, как это следует из высказывания Маргарет Мастерсон: «Парадигма Куна, как я полагаю, — это новая фундаментальная идея в философии науки» (Masterson 1970: 61).

Предыдущая «парадигма реализма», прочно устоявшаяся в философии науки, покоится на допущении, что понять, как идет развитие науки, можно, перечитывая эпизоды из ее истории (например, о достижениях Галилея, Лавуазье, Пастера и Дарвина). В согласии с этой старой парадигмой, предполагается также, что быстрые изменения в науке могут быть стимулированы новыми и лучшими доказательствами. Парадигма Куна, напротив, свидетельствует о том, что внезапная «смена парадигм» не есть прямое следствие появления новых идей, противоречащих ранее признанным. Кун утверждает, что базовые ценности в науке сменяются только после того, как научное сообщество (как социальный институт) оказывается не в состоянии цепляться за старую, эмоционально близкую ему парадигму.

Немногим известно, что Мишель Полани (Polanyi 1958) на несколько лет опередил Куна, предложив концепцию «пересечения логического разрыва», аналогичную «смене парадигм» или «переключению гештальтов» Томаса Куна. В построениях Полани речь идет, в сущности, о том же самом феномене внезапного появления новых решений давно существующей проблемы (рис. 2.3).

Несходство мнений двух философов («реализма» Поппера и революционной неопределенности, провозглашенной Куном) вскоре вылилось в международный коллоквиум по этой тематике (Lakatos, Musgrave 1970). Его участники смогли обменяться мнениями отно-

сительно того, что Кун рассматривал в качестве разных философских школ. Но, как сам Кун комментировал это обсуждение, консенсус достигнут не был:

> Я делаю заключение, что концепция «переключения гештальтов» разделила читателей моей книги на две или несколько групп. То, что некоторым видится как удивительная параллель (между Куном и Поппером. — *У. П.*), остается совершенно неразличимым для других... Как могу я убедить сэра Карла..., что он призывает видеть в утке кролика? Как я могу показать ему, каков будет мир, увиденный через мои очки, если он уже научился смотреть через свои на все, о чем говорю я? (Kuhn 1970б: 3)

Наука: самокорректирующаяся деятельность?

Как мы могли видеть, ученые, которые принимают активное участие в научной деятельности (особенно делающие «нормальную науку»), обычно не задаются вопросом о том, как развивается сам процесс. Обычно у них в этом нет и необходимости, хотя, читая лекции студентам, они могут упоминать о некоторых громких, вошедших в историю противоречиях. Отчасти такая безмятежность оправдана представлением о том, что наука сама себя корректирует и что любое несогласие в ее среде будет быстро ликвидировано, как только мы увеличим объем данных и улучшим их качество, как это себе представлял Поппер.

Но кое-что делает такое положение вещей не столь простым. В учебниках редко удается найти детальные сведения о длительности противоречий, об эмоциональном напряжении его участников и даже о возможности остракизма, налагаемого сообществом на того или иного из них. Не упоминается и о тех несправедливостях, которые подчас оказываются важным следствием такого рода событий. То, что при чтении учебника покажется кое-кому кратким эпизодом, в действительности охватывало годы эмоционального травмирования ученого, как это было в случае с Луи Пастером (см. Duclaux 1896/1920, DuBos 1950).

Действительно, наука, возможно, есть самокорректирующаяся деятельность на больших промежутках времени, но все может быть по другому, если брать частные случаи, охватывающие небольшой период. Одним из ярких примеров может служить обида, нанесенная

Томпсону после его открытия истинного хода метаморфоза у ракообразных.

Факт восстановления справедливости в этом случае может повлечь за собой вопрос «Насколько часто такое случается?». К сожалению, мы не располагаем статистикой на этот счет. Дело в том, что ученые, «проигравшие» научный спор, часто уходят из науки, меняют в ней область приложения своих сил или теряют роль активных ее участников — даже в тех случаях, когда позже оказывается, что они были правы. В любом случае, трудности, с которыми они столкнулись в ходе противостояния, никогда не описываются в деталях, а их личный опыт в таких ситуациях не служит предметом рассмотрения со стороны философов науки.

Тот факт, что Томпсон, несмотря ни на что, продолжил свои исследования, рисует скорее исключение из общего правила. В конечном итоге важность его изысканий была по заслугам оценена потомками, несмотря на то, что золотую медаль получил не он, а очернитель его трудов Вествуд. В качестве удачи Томпсона, достигнутой им еще при жизни, Коффин (Koffin 1960: 1) рассматривает опубликование его статьи о метаморфозе у усоногих раков в том же томе «Философских трудов Лондонского Королевского общества» (Thompson 1835b), в котором было напечатана работа Вествуда.

Парадигма как контролирующий фактор

Внутри парадигмы, которой ученый бессознательно подчиняется и в рамках которой работает, естественным образом поддерживается единомыслие относительно исходных посылок (basic assumptions) (Kuhn 1962). Занимаясь своими исследованиями в сфере «нормальной науки», ученый и не нуждается в постоянных обращениях к ним. Другие члены сообщества также не ожидают этого от коллег, поскольку разделяют те же взгляды. Кун специально подчеркивает этот факт единства мнений, которое может приводить к быстрому прогрессу «нормальной науки».

К сожалению, каждая монета имеет свою оборотную сторону. Как писал Дюкло: «Хотя есть личности с широким кругозором, они всегда в той или иной мере рабы своего образования и прошлого» (Duclaux 1896/ 1920: 272). Если бы ученые лучше осознавали, что они почти всегда работают под контролем установок парадигмы и способны видеть их, сама парадигма и ее основания проверялись

бы время от времени на предмет ее аргументированности. Вместо этого, как подчеркивает Кун, мы видим слабость той научной активности, которая была бы направлена на контроль «власти парадигмы». Он утверждает, что научное сообщество подвержено ненужным ограничениям со стороны неких неписанных правил. Бом и Пит повторяют ту же мысль: «Платой за парадигму оказывается ситуация, при которой сознание удерживается в просвете некоего фиксированного канала, дно которого со временем углубляется, так что ученый уже не осознает всю ограниченность своей позиции» (Bohm, Peat 1987: 53).

Как следствие, аномалии накапливаются в ходе исследований, и наступает момент, когда парадигма теряет свою устойчивость. Такое нарастание количества отрицательных результатов подготавливает, в свою очередь, стадию «кризиса», сначала в неком данном проекте, а затем и в научном сообществе в целом. В конце концов, отдельный исследователь (иногда несколько или много) осознает, что не все в порядке, и быстро переходит на новые позиции.

Впрочем, для тех, кто осознает существование аномалий сразу после их появления и тут же выбирает новую дорогу, исследование на первых порах может прогрессировать стремительно. Серия неверно поставленных экспериментов имеет место прежде, чем человеку удастся поставить опыт в рамках традиционно принятого подхода. При этом «ожидаемый» результат чаще всего не бывает получен сразу и в том виде, как предполагалось сначала. Таким образом, только один или два последних опыта оказываются достаточно убедительными, чтобы их описание могло быть принято в научный журнал.

Только после того как широкая научная общественность признает важность такого доказательства, неблагоприятного для господствующих точек зрения, наступает время «смены парадигм» по Куну (Kuhn 1962). Этот процесс может быть достаточно скоротечным, как в примерах, приведенных этим автором, но возможно и постепенное его развитие по нарастающей.

Здесь возникают и дополнительные вопросы. Действительно ли судьба всех новых парадигм одинакова (именно, трудно воспринимаемы), или степень их воспринимаемости находится в обратной зависимости от важности той темы, которая затронута той или иной из них? Может ли новая парадигма быть принятой с большей готовностью, если ее инициатором оказывается «классик» в данной области знаний? Должен ли инициатор новой парадигмы попытаться «обратить в свою веру» классика, прежде чем публиковать свои идеи? Может ли

в этом случае классик принять на себя ответственность (или славу) за новую парадигму, если его мысли шли в том же направлении до того, как открытие было опубликовано его автором?

Каждый может найти ответы на эти вопросы, обратившись к своей собственной карьере исследователя. Тогда ему станет ясно, насколько был прав Кун. В любом случае очевидно, что роль социальных отношений между учеными гораздо более важна, чем то, что сказано в учебниках об их достижениях в науке.

3

Реализм и строгое умозаключение

Действительно ли товарищи, которые сонмом летят к сокровищнице нектара, просто следуют за пчелой, первой обнаружившей ее, или она посылает их, а они находят искомое, следуя ее указаниям, ее описанию места, где произрастают цветы? Между этими двумя гипотезами, которые приводят нас к вопросу о степени интеллекта пчелы и о том, как он работает, налицо огромная разница.

— Моррис Метерлинк (Maeterlinck 1901: 167)

Противоречие между «языковой» гипотезой фон Фриша и ольфакторной гипотезой Веннера... в объяснении поведения пчел-рекрутов — это различие между трактовками поведения насекомых с позиции человека и с позиции самих насекомых.

— Р. Росин (Rosin 1978: 589)

Заслугу опубликования первого очерка о том, как именно пчелы мобилизуются на поиски пропитания, иногда приписывают Аристотелю (например, Frisch 1967a; Gould 1976). Впрочем, совершенно неясно, что именно он имел в виду, поскольку переводы трудов Аристотеля разнятся от случая к случаю в зависимости от интеллектуального климата того или иного времени и собственных личных пристрастий исследователей пчел (David Young из Калифорнийского университета, Санта-Барбара, личное сообщение).

Профессор Янг перевел для нас тот фрагмент из Аристотеля, непосредственно касающийся вопроса о мобилизации пчел на взяток (см. прил. 1). Он проанализировал содержание фраз, которое древние греки обычно вкладывали в языковые конструкции, подобные словам Аристотеля.

Получается, что, по мнению Аристотеля, три или четыре пчелы, о которых речь идет в этом отрывке, «сопровождают» пчелу-фуражира, вернувшуюся в улей со взятком, при ее последующем вылете за пропитанием.

Первое описание того, что, вероятно, соответствует виляющему танцу пчел, относится к 1609 г. Рассказывая о том, что происходит во время роения пчел, Батлер писал:

Если день ясный, все сообщество стремится в луга, осознавая нужду в пище, и работает не покладая рук. Но если пасмурная погода удерживает их в гнезде целый день, они чувствуют себя весьма удрученными (discouraged); если же следующий день не слишком хорош, они едва ли будут выглядывать наружу, не решаясь подвергать свои нежные, сейчас пустые тельца холоду, царящему вокруг. И если и на третий день продолжится то же самое, они не будут вилять брюшками до тех пор, пока погода не исправится (Butler 1609/1969: гл. 5, разд. 62).

Упоминание о «танцующих» пчелах мы находим и в работе Вилдмана (Wildman 1768). Он писал: «Они *понимают* друг друга, *когда* движениями крыльев словно бы просят освободить их от груза воска, собранного в лугах. Подобным же образом действуют, *когда* в утренние часы, проснувшись, они понуждают друг друга вылетать на работу» (1768: 30; курсив Вилдмана).

Только 20 лет спустя немецкий ученый Эрнст Шпитцнер (Spitzner 1788), дал красочное описание «танца» пчел:

> Если пчела нашла богатый источник меда, вернувшись домой она извещает об этом других следующим замечательным способом.

> Переполненная счастьем, она вальсирует кругами, несомненно для того, чтобы те заметили запах меда, принесенного ею на себе. Когда же она снова вылетает наружу, другие сразу же следуют за ней толпой. Я рассмотрел все это через стеклянную стенку улья, поместив предварительно немного меда на траву недалеко от него и посадив туда только двух пчел из улья. Всего за несколько минут они показали другим путь к лакомству, и те толпой устремились к моей приманке (цит. по: Ribbands 1953: 147).

Еще через 50 с лишним лет Джон Барроуз привел более детальные сведения о том, как пчела мобилизует других на поиски корма. Он описывает так называемую «охоту на пчел», то есть принципы поиска пчелиных общин в лесу («диких» пчел на «пчелиных деревьях»). Охотник помещает пчел, пойманных на цветах, в специально предназначенную для этого коробку, куда кладет и кусочек сота. Насытившись медом, пчелы сразу же устремляются в свое гнездо, и некоторые вскоре возвращаются назад за новым взятком. Барроуз писал:

Пчела обычно проделывает три или четыре экскурсии из коробки домой, прежде чем возвращается к кусочку сота в сопровождении компаньонов. Я подозреваю, что пчела не сообщает другим членам общины, что она нашла, но они узнают все по ее запаху. Запах, исходящий от ее лапок и хоботка, несомненно указывает, что та побывала на соте, а не на цветах. Усвоив это, осведомленные пчелы неизменно прилетают всего через несколько секунд (Burroughs 1875: 53).

Моррис Метерлинк, удостоенный в 1911 г. Нобелевской премии по литературе, был, вероятно, первым, кто ясно осознал различие между наведением неопытных (naive) рекрутов на источник пищи по запаху, с одной стороны, и тем, что он называл «словесной или магнетической коммуникацией», с другой. Метерлинк индивидуально метил пчел, которые отведали меда на втором этаже его лаборатории, и записывал, как часто сюда прилетают другие пчелы. Он писал:

> Я откровенно признаю, что... меченая пчела часто возвращается в одиночку... Мой друг, который стоял рядом и следил за моими опытами, уверенно утверждал, что лишь эгоизм или тщеславие заставляют столь многих пчел воздерживаться от совместного использования столь изобильного источника пропитания. Но случалось также, что пчела возвращалась в компании двух или трех сотоварищей (Maeterlinck 1901: 164).

Метерлинк сопоставляет свои наблюдения со сведениями, приводимыми Леббоком:

> Мне известно, что сэр Джон Леббок... суммировал результаты своего исследования в больших подробных таблицах; из них можно заключить, что только в редчайших случаях за пчелой, которая обнаружила источник пищи, следует лишь одна преемница… мои собственные таблицы, составленные с большим тщанием, и опыты, проведенные со всеми возможными предосторожностями, чтобы запах меда не попал на пчелу, показывают, что пчела приводит за собой других в среднем в четырех случаях из десяти (Maeterlinck 1901: 162).

Метерлинка и его предшественников без сомнения волновал вопрос о том, как именно пчелы могут рекрутировать партнеров по улью на экскурсии за взятком. То есть, просто ли рекруты «следуют» за осведомленной пчелой, или руководствуются ее запахом.

В своем обзоре фон Фриш дает краткий исторический обзор перечисленных ранних свидетельств, не включая сюда, однако, работы Метерлинка. Он завершает этот обзор следующими словами: «Ни одно из этих наблюдений не привело к дальнейшим исследованиям. Они оставили без внимания все то, о чем я расскажу в этой книге» (Frisch 1967a: 6).

В этой работе 1967 г. Фриш не упоминает о том, какой вклад в проблему внес Метерлинк, и не ссылается на его эксперимент, приведший к «строгим умозаключениям» [как это интерпретировал Платт (Platt 1964); см. ниже].

Таким образом, Фриш сумел уйти от обсуждения отрицательного вывода относительно «языка» пчел, сделанного Метерлинком на основе строго продуманных данных. А читатели книги Фриша так и остались в неведении, отчего Метерлинк утратил стимул к продолжению исследований.

Чтобы показать, почему у Метерлинка *не было необходимости* следовать по тому пути, которым затем пошел фон Фриш, полезно более подробно обсудить словосочетание «строгие умозаключения». Мы вернемся к опытам Метерлинка после рассмотрения сущности этого экспериментального подхода. Это также позволит нам определить координаты основных противоречий в представлениях о танцах пчел в более широком контексте философии науки.

Строгое умозаключение: «великая интеллектуальная находка» Чемберлина

Как следует из эпиграфа к этой главе и из предыдущего раздела, Метерлинк ясно представлял себе преимущество противопоставления двух гипотез друг другу. Его взгляды — прекрасный пример того, что Джон Платт в своей статье, опубликованной в журнале *Science*, назвал подходом на основе «строгого умозаключения» (Platt 1964).

Статья послужила ответом на поставленный автором вопрос: «Почему ученые столь быстро продвигаются вперед в некоторых областях знаний (вероятно, особенно важных), таких как молекулярная биология и ядерная физика?» По мнению Платта, здесь есть две причины: 1) применение попперовского принципа «опровергаемости» гипотез (Popper 1957) *вместе* 2) с использованием «второй величайшей интеллектуальной находки, а именно, «метода множественных [рабочих] гипотез» (курсив наш), предложенного в 1890 г. Томасом Чровдером Чемберлином[13].

Платт осознавал, что «принцип опровергаемости» Поппера (рассмотренный в гл. 2) — «доктрина чересчур жесткая», чтобы можно было следовать ей всегда. Он писал: «Если у вас есть одна гипотеза, а у меня другая, очевидно, что какая-то из них может быть отброшена. Похоже, в таком случае ученый не имеет иного выбора, кроме как отступить или продолжать спор. Возможно, именно поэтому столь многие предпочитают держаться в стороне от строгого аналитического подхода. По той же причине великие ученые были отчаянными спорщиками» (Platt 1964: 350).

Чемберлин предложил свой «метод множественных рабочих гипотез» в качестве альтернативы подобным жестоким спорам. Он писал:

> Я думаю, что следует учитывать любое рациональное объяснение феноменов, суть которых пока не ясна. Полезно разрабатывать все правдоподобные предположения, касающиеся причин и хода таких явлений. Тогда исследователь окажется отцом целого семейства гипотез. И, как у создателя их всех, ему будет не с руки относится с существенно большим одобрением к той или иной из них (Chamberlin 1890/1965: 756).

В этой своей статье Чемберлин высказал много идей, вполне применимых даже сегодня. Именно поэтому в 1965 г. Платт убедил ре-

[13] Один из авторов гипотезы происхождения Солнечной системы.

дакторов журнала *Science* напечатать статью Чемберлина целиком. В своей собственной статье, вышедшей годом ранее, Платт настаивал: «статья Чемберлина должна быть прочитана каждым студентом — и каждым профессором». Здесь будет полезно привести некоторые наиболее важные положения Чемберлина, в особенности те, которые могут иметь отношение к «языковой» гипотезе танца пчел и к работе Метерлинка, опубликованной в 1901 г.

Структура разнообразия воззрений

Понять, как движется наука, нелегко. Можно думать, что разногласия философов на этот счет отражают затруднения в самой науке. Как писал Кун, «у нас попросту нет здравых представлений о механизмах будущего развития науки и о том, что есть научный прогресс» [Kuhn, цитировано Винклером (Winkler 1985)].

Мы решили схематически изобразить соотношения между разными философскими школами и подходами (рис. 3.1). Из этой схемы видно, что участники научных конфликтов могут придерживаться диаметрально противоположных идей, если они восприняли воззрения лидеров некоторых школ, показанных на диаграмме.

Из этой схемы [которая приведена с дополнительными подробностями в работе Веннера (Wenner 1989)] видно, что Карл Поппер и Рудольф Карнап, хотя нередко расходятся в отношении некоторых философских вопросов, в главном оказываются близки друг другу (Hacking 1983). Оба они принадлежат к школе реализма (поскольку верят, что истина существует и может быть обнаружена или доказана).

В то время как Поппер настаивает на тестировании гипотез, Карнап полагает, что сильные доводы в пользу гипотезы достаточны для того, чтобы считать ее «доказанной». Школа Поппера использует для обозначения поддерживаемого ею подхода понятие «опровергаемость». Для обозначения взглядов Карнапа мы используем здесь термин «подтверждаемость».

На противоположном фланге нашей схемы оказываются Чемберлин, Платт и Аткинсон. Первые два проповедуют индуктивно-дедуктивный подход, суть которого в отбрасывании одной гипотезы в пользу другой или других. Аткинсон (Atkinson 1985) делает упор на то, что формулирование гипотезы базируется на «создании некоего образа».

Ни Мишель Полани (Polanyi 1958), ни Томас Кун (Kuhn 1962) не поддерживают какой-либо конкретный подход. Это обстоятельство не

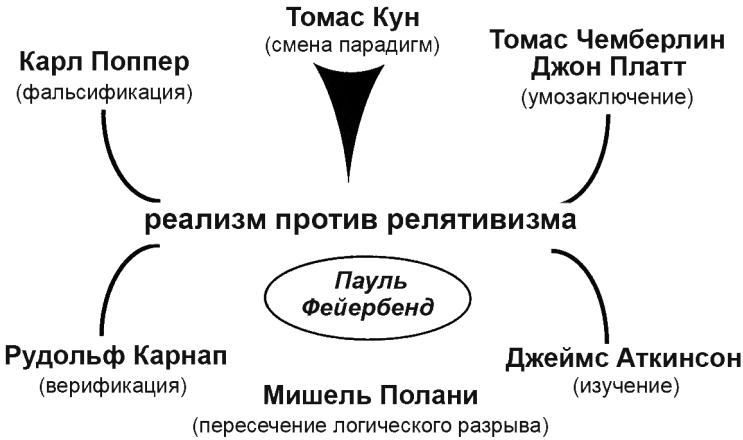


Рис. 3.1. Детализированная схема, показанная в заставках к главам и на рис. 2.3. Соотношение между разными направлениями взглядов на ход научных исследований. Представители школы реализма Поппер и Карнап полагают, что «истина» существует и может быть достигнута, но по разному смотрят на средства, «необходимые» для ее поиска. С точки зрения Поппера, отсутствие результативности в попытках фальсифицировать гипотезу можно рассматривать как свидетельство того, что она может быть истинной. Карнап считает, что уже множество фактов, накопленных в качестве подтверждения гипотезы, позволяют считать истину «открытой» и доказанной.

«Релятивисты» не стремятся познать абсолютную (ultimate) истину, хотя и не отрицают всего значения накопления знаний. Чемберлин и Платт настаивают на том, что процесс познания ускоряется экстренным тестированием и аннулированием неадекватных объяснений. Кун заострил эту проблему, указав на барьеры, воздвигаемые неосознанным конформизмом ученых в приверженности общепринятым догмам (концепция парадигм). Таким образом, прогресс идет не плавно и постепенно, но скачкообразно (см. рис. 2.2).

Аткинсон пошел дальше прочих релятивистов. Он настаивает на идее креативности научного процесса: ученый, генерирующий гипотезу и доводы в ее пользу, сам создает виртуальную реальность в статусе «истины», а затем старается обратить («convert») научное сообщество в свою веру.

было очевидно для нас в те первые несколько лет, когда мы почувствовали слабость языковой гипотезы танца пчел. Мы были не одиноки в этом неведении. И другие исследователи думали, что Кун поддерживает либо один, либо другой из двух обозначенных выше подходов. Позже нам стало ясно, что это не так.

Халл почувствовал, что Кун умалчивает об этой стороне вопроса, и высказался на этот счет следующим образом:

> Размышляя об откликах в адрес своего замысла, Кун (Kuhn 1970a) был обескуражен. Все, что люди, как им казалось, извлекли из его книги, оказалось неверным. В частности, исследователи социального процесса считали, что в этой области Кун придерживается релятивистских взглядов, как если бы истина была ничем другим как то, что сказано учеными. Кун не собирался делать такого заключения (Hull 1988: 112).

Скорее, Полани и Кун повествовали о том, что они думают о позициях разных философов. А именно, что контроль людей над их мыслями не столь силен, как нам того хотелось бы, в силу существования «власти парадигмы» (того, что еще Бэкон называл *идолами* мышления). В то время как Полани оказал большое влияние на людей, не занятых в науке, Кун апеллировал к ученым и помог ослабить влияние на них идей философии реализма, которые исходили от таких мыслителей как Поппер и Карнап (см. Lakatos, Musgrave 1970).

Что касается Аткинсона, то он утверждает даже, что многое из того, что мы считаем «раскрытой истиной», в действительности может быть не более чем идеями, которые генерируют наш мозг и сознание. В 1986 г. Аткинсон (в частной беседе) использовал для процесса познания термин «изучение» (exploration). Иными словами, каждый из нас может начать исследовательский проект по методу изучения, без каких-либо заранее продуманных намерений по поводу того, какую «истину» мы рассчитываем получить. Если позже значительное число ученых с высоким статусом в иерархии, построенной по «праву сильного» (аналог pecking order у животных; см. гл. 11), повернутся к новым идеям, генерируемым нашим мозгом, они станут общепринятой «истиной» и базисом для дальнейших исследований.

Таким образом, восприятие новой идеи не происходит автоматически. В этом пункте Аткинсона отчасти предвосхитил Киллер: «Новая идея, новая концепция рождается в уединенных раздумьях конкретной персоны. Но для того чтобы эти мысли стали частью научной теории, они должны быть одобрены сообществом, членом которого является первооткрыватель» (Keller 1983: XII).

Пауль Фейерабенд (Feyerabend 1970, 1975, 1978) весьма энергично высказывал свою собственную точку зрения. Поэтому на нашей схеме ему отведено особое место. Представляется, что по большинству пунктов он не был согласен ни с одним другим философом науки. Он воинственно настаивал на том, что ни один из известных подходов не может быть рекомендован в области научных исследований (см. гл. 14 и Wenner 1989). По поводу взглядов на процесс принятия новых идей он писал:

> Факт успеха [одобренной теории] *ни в какой мере не может рассматриваться как знак ее истинности или соответствия происходящему в природе... Возникает подозрение, что подобный не внушающий доверия успех превратит теорию в жесткую идеологию вскоре после того, как эти идеи распространятся за пределы их начальных положений* (Feyerabend 1975: 43; курсив автора цитаты).

Вклад Чемберлина

Чемберлин проводит различие между двумя ситуациями. В одном случае исследователь «тщательно следует по пути, проложенном другими и стремится повторить их результаты». В другом «ученый мыслит независимо или, по крайней мере, в соответствии со своей индивидуальностью и стремится прийти к новой истине».

Чемберлин классифицировал интеллектуальные процедуры, выделив стадии продвижения науки вперед, имевшие место до 1890 года. По его мнению, «удается выделить три типа методологий. Первый — господство теории, второй — постановка рабочей гипотезы, третий — применение метода множественных рабочих гипотез» (Chamberlin 1890/1965: 754).

Некоторые замечания этого автора могли бы показаться «старомодными» по нынешним стандартам. Например, «как в прежние дни, так и теперь некоторые привыкли торопливо придумывать самоочевидные, казалось бы, объяснения для ранее неизвестных феноменов. Такого рода интерпретации появляются с такой скоростью, словно обязанность высказаться тяготеет над новоявленным мудрецом» (Chamberlin 1890/1965: 754).

Обратите внимание на присутствующий в этом отрывке скрытый намек на чересчур поспешное принятие телеологических трактовок явления (см. прил. 8). Чемберлин продолжает: «Будучи похвальным в качестве попытки дать хоть какое-то объяснение, подобный способ действий следует осудить, если он предшествует сколько-нибудь серьезному изучению явления» (Chamberlin 1890/1965: 754).

Если приравнять то, что Чемберлин называет «господством теории», к понятию «власть парадигмы» Куна (Kuhn 1962; см. выше в гл. 2), можно придти к выводу, что первый опередил второго примерно на 70 лет, по крайней мере в вопросе об опасности подводных камней при слишком строгом следовании правилам превалирующей (господствующей) теории. Здесь налицо также близкое соответствие

между идеей «господства теории» и принципом подтверждаемости, который отстаивается Карнапом (см. рис. 3.1).

В самом деле, Чемберлин предостерегает против самообмана тех, кто ведет свои исследования в условиях ограничений, накладываемых превалирующей теорией:

> Вероятно, некая теория существует какое-то время как бы в предварительной форме, допускающей определенную степень беспристрастности по отношению к ней. В этой ситуации господствует своего рода обманчивая моральная успокоенность: предполагается, что дело движется неторопливо и с полным беспристрастием к выяснению конечной истины. Но до тех пор, пока поле зрения ограничено, а исследования не полны, от сознания субъектов остается скрытым тот факт, что на самом деле ничто в развиваемой теории не удовлетворяет ее исходным основаниям (Chamberlin 1890/1965: 754).

Чемберлин говорит также об «отцовской привязанности» к гипотезе. Речь идет о ситуации, при которой некто следует какой-либо единственной гипотезе (или теории). По мнению философа, «эволюция науки такова: несовершенное объяснение преобразуется в предварительную теорию, затем — в широко принятую теорию и, наконец в господствующую теорию. Когда достигнута последняя стадия, все уверены, что конечная цель достигнута (не рассматривается ситуация, в которой теория по случаю оказалась верной)» (Chamberlin 1890/1965: 755).

С учетом всего сказанного мы можем вернуться к вкладу Метерлинка в конфликт (существовавший, как можно видеть, изначально) между представлениями о «языке пчел» (высказанных в той или иной форме) и теми наблюдениями, где речь идет о мобилизации пчел посредством запаховой стимуляции.

Эксперимент Метерлинка с использованием «строгих умозаключениий»

Размышления Чемберлина о процедурах тестирования гипотез едва ли предшествовали осознанию той же самой проблемы Метерлинком, который пришел к ее пониманию совершенно независимо. Он чувствовал, что исследователь может оказаться «блокированным» своей, по словам Чемберлина, «отцовской приверженностью» гипотезе.

Осознание Метерлинком возможности предубеждения в пользу некоего единственного объяснения (что Кун позже назвал

«властью парадигмы») ясно проиллюстрировано в сноске к изданию его классического труда 1901 г., выпущенного на французском языке в 1939 г.

В этом примечании Метерлинк описывает свои впечатления от обмена мнениями с пчеловодом, узнавшим о негативном результате одного из экспериментов. Он проводился для проверки представлений о возможности существования языка у пчел (см. ниже описание этих опытов). Метерлинк писал:

> С другой стороны, один мой друг, разводящий пчел, очень опытный, прирожденный наблюдатель, которому я поведал суть вопроса, написал мне, что у него в руках четыре бесспорных доказательства (противоположных моим), полученные тем же методом, который использовал я. Но я убежден, что мой друг был движим желанием, весьма естественным, увидеть то, что он ожидал увидеть (Maeterlinck 1901/1939: 129; перевод с французского Яна Рикарда).

Стремление Метерлинка избежать чего-либо подобного привело его к постановке эксперимента, построенного на основе взаимоисключающих следствий («решающий» шаг с использованием «строгих умозаключений», как это проиллюстрировано далее в гл. 10). Он пометил пчелу, собиравшую мед на втором этаже его лаборатории, и проследил за ней до возвращения насекомого в улей. Потом он поймал ту же пчелу, прежде чем она снова покинула гнездо. При этом он дал возможность другим пчелам (потенциальным рекрутам) вылетать из улья. Таким путем Метерлинк рассчитывал узнать, действительно ли они смогут самостоятельно найти тот же самый источник пищи. Исследователь описал эти события в следующих выражениях: «Насытившись, она улетела и вернулась в улей. Я последовал за ней, видел, как она проследовала поверх толпы обитателей улья, сунулась головой в пустую ячейку, отрыгнула туда порцию меда и снова приготовилась к полету. На выходе из улья я поймал ее и посадил в стеклянный ящичек. Теперь пчела была оставлена здесь в качестве пленника» (Maeterlinck 1901: 170).

Метерлинк отдавал себе отчет в необходимости повторных экспериментов, так же как и в том, что следует индивидуально пометить пчел, имевших в улье непосредственный контакт с той, которая осведомлена о местонахождении приманки. Вот что он писал по этому поводу:

> Я повторил тот же опыт с использованием еще 12 пчел поочередно. Когда меченная пчела вновь появлялась у меня в одиночку, я помещал ее в заключение, как и первую. Но восемь из них возвращались к летку улья в сопровождении двух или трех попутчиков. С помощью моей ловушки я имел возможность изолировать меченую пчелу от ее компаньонов и держать ее в заключении в первом отсеке отдельно от них. Затем, пометив сопровождавших ее насекомых каждого своим цветом, я открывал второй отсек и выпускал этих пленников. Сам же быстро поднимался на второй этаж и ожидал здесь их появления (Maeterlinck 1901: 170—171).

Метерлинк четко сформулировал процедуру, которая сегодня может быть названа проверкой на фальсификацию. Вместе с тем, он сделал предсказания относительно возможного результата своих опытов. Все это вместе представляет собой подход, основанный на нулевой гипотезе. Суть его в данном случае сводится к следующему предположению: «“Неосведомленные пчелы” не смогут найти источник пищи, если они не следуют за успешным фуражиром». Метерлинк писал:

> Теперь стало очевидным, что если *имела место словесная или магнетическая коммуникация,* указывающая место, описывающая маршрут и так далее, некоторые пчелы, получившие эту информацию, должны были найти дорогу на мой второй этаж. *Я вынужден признать, что ничего подобного не произошло*. Было ли это случайностью, или же они не следовали полученным инструкциям? (Maeterlinck 1901: 167 — курсив наш).

Метерлинку была свойственна столь необходимая ученому осторожность в интерпретации полученных результатов. Он пишет: «Опыты были не закончены, но обстоятельства не позволили мне продолжить исследование». Впрочем, позже он повторил эксперимент «в первые солнечные дни этой неприветливой весны» и добавил, что «они привели к тому же самому негативному результату» (Maeterlinck [1901] 1939: 129; перевод Яна Рикарда).

Заметьте важное обстоятельство: очевидно, Метерлинк не считал, что получил «ответ» на вопрос, как именно фуражир мобилизует пчел-новичков. Он просто уяснил себе, что те добивались успеха лишь в случае, если осведомленный фуражир свободно перемещался из улья к месту кормления и обратно. «Я выпустил “прикормленных тружениц”, и мою лабораторию вскоре наполнила жужжащая масса

пчел, путь которым к лакомству показали освобожденные пленники» (Maeterlinck 1901: 167).

Так или иначе, Метерлинк использовал два весьма действенных подхода. Это, прежде всего, принцип «опровергаемости» (falsifiability approach), предложенный Поппером в 1920—1921 гг. (Popper 1957; показан в левом верхнем углу рис. 3.1). Другой подход отвечал принципу «строгих умозаключений» Чемберлина (правый верхний угол той же схемы), позже формализованный Платтом (Platt 1964).

Позиция Фриша и кое-кого еще в отношении эксперимента Метерлинка

Фриш определенно знал о существовании книги Метерлинка (см., например, Frisch 1954), но либо игнорировал сказанное там, либо не читал приведенных здесь выдержек. Позже он полностью отверг вклад этого исследователя в следующих выражениях: «Замечательная книга Метерлинка “Жизнь пчелы”... дает [превосходный пример] наблюдений натуралиста и радости познания; но для читателя, далекого от науки, будет трудно понять, где кончаются наблюдения и начинается поэтическая фантазия» (Frish 1967a: VII).

Роберт Ардри[14] (Ardrey 1963) еще строже взыскал с Метерлинка, воскресив долгое время игнорировавшееся обвинение его в плагиате. Мы знаем, впрочем, что первоначально выдвинутое Маре, оно не имело под собой никаких оснований (см. прил. 3).

Нам известен только один человек, откликнувшийся на опыты Метерлинка. Это Джеймс Гулд. В своей докторской диссертации (Gould 1975a), в более поздней обзорной статье (1976) и в популярной книге (Gould, Gould 1988) он интерпретирует результаты Метерлинка так, словно они свидетельствуют в пользу языковой гипотезы танцев. Он пишет:

> Метерлинк (1901) проверял это объяснение, позволяя фуражиру искать корм и возвращаться в улей. Затем он ловил такую пчелу на обратном ее пути в улей. Даже если мобилизованные пчелы не следовали за фуражиром, некоторые из них, тем не менее, находили ис-

[14] Один из представителей «школы инстинктивизма» в представлениях о поведении людей (в нашей стране она представлена популярными текстами В. Р. Дольника). О научной несостоятельности взглядов Ардри см.: Фромм 2006: 159—160 (прим. редактора русского перевода).

точник пищи. *Фуражир должен сообщать рекрутам информацию, достаточную для того, чтобы они могли найти корм самостоятельно*. Метерлинк предполагал (speculated), что некая «*тактильная или магнетическая интуиция*» могла иметь место» (Gould 1976: 211 — курсив наш).

Разумеется, не исключено, что ложная интерпретация Гулдом результатов и заключений Метерлинка (как и ошибка в цитированном отрывке) может быть объяснена избытком юношеского пыла у выпускника университета, оказавшегося перед возможностью еще раз подтвердить знаменитую гипотезу (см. гл. 11). С другой стороны, в последующих выступлениях Гулда и его супруги на эту тему важность вклада Метерлинка еще более занижена. Его слова извращены таким образом, что стали еще больше соответствовать «господствующей теории» Фриша. Их содержание перефразировано и имеет не много общего с тем, что хотел сказать Метерлинк. Вот пример этого текста:

> Удар по идее, согласно которой фуражир ведет рекрутов в нужном направлении, был нанесен в 1901 г., когда Морис Метерлинк проводил исследования для своей книги «Жизнь пчелы». Метерлинк ловил фуражира и, пока она кормилась на капле меда, переносил насекомое от летка улья в другое место. После мечения фуражира цветовой меткой он возвращался к улью и ожидал здесь его прилета. В момент возвращения пчелы Метерлинк ловил ее и бегом устремлялся к месту подкормки, чтобы увидеть рекрутов, прилетающих сюда без участия фуражира (Gould 1988: 55).

Фришу и его приверженцам ничего не стоило повторить эксперименты Метерлинка. Тот факт, что никто из них этого не сделал, имеет прямое отношение к вопросам философии. Те, кто работает в традициях школы реализма и следует в своей исследовательской программе принципу верификации, полагаются в основном на данные, которые подтверждают «господствующую теорию» (ruling theory), как о том говорил Чемберлин (Chamberlin 1890/1965).

Причины того, почему ни Фриш, ни его последователи (как и мы сами) не повторили опытов Метерлинка, станут более очевидными при чтении последующих глав книги.

Промежуток в 45 лет

Когда вполне очевидные и негативные (для гипотезы. — *Е. Н.*) результаты бывают получены и опубликованы, дальнейшие исследования в рамках данной гипотезы часто затухают. В случае изучения мобилизации у пчел нам представляется, что в плане «оправдания» факта существования «языка» у этих насекомых после публикации книги Метерлинка в 1901 г. было сделано очень мало.

Фриш опубликовал несколько статей незадолго до и после 1929 г. В них описан факт существования танца, как и корреляции между его исполнением пчелами и характером эксплуатации ими источников нектара и пыльцы при сборе взятка. Однако Фриш четко осознавал в то время, что поиск пищи по запаху играет определенную роль в поведении пчел (Frisch 1939). Он, по-видимому, не уяснил еще все возможные следствия подобных танцевальных движений, в том числе и тех, которые можно было истолковать как способ мобилизации рекрутов с помощью «языка танцев» (то есть как сложного «информационного кода, в существование которого трудно поверить», как это казалось в то время). Более 20 лет прошло после описания Фришем виляющего танца, прежде чем он провозгласил свою гипотезу о мобилизации рекрутов с помощью некоего «языка» (Lindauer 1985: 130).

В течении всего этого времени Фриш работал скорее в области сенсорной физиологии пчел, чем над изучением процесса мобилизации рекрутов как такового. Очевидно также, что Фриш и тогда, и позже не делал различий между повторной мобилизацией (rerecruiment) на взяток опытных пчел и тех, которые еще не имели индивидуального опыта в поисках корма (см., например, Wenner 1962, 1974). Это обстоятельство привело позже к дополнительным трудностям в интерпретации его экспериментальных результатов, как это будет показано в главе 7.

Предостережение, сделанное Платтом: философский подтекст

В своем блестящем эссе Чемберлин (1890/1965) указывал на полезность принципа «множественности гипотез» («великое интеллектульное изобретение», как этот подход был охарактеризован Платтом). Чемберлин работал также над тем, что он считал двумя менее продуктивными подходами. Следующий, ниже по значимости, был

«метод рабочей гипотезы» (возможно, эквивалентный современному принципу «нулевой гипотезы» в процедуре фальсификации, как это показано на рис. 3.1). Наименее действенным, по мнению Чемберлина, был «метод превалирующей теории» (который, как показано на рис. 3.1, мы приравниваем к процедуре верификации).

Три подхода, предложенные Чемберлином, могут сегодня рассматриваться как работающие на разных уровнях эффективности научного исследования. Наименее эффективной оказывается процедура соответствия превалирующей теории, при использовании которой делается попытка собрать данные в ее пользу. Следующий шаг (выдвижение нулевой гипотезы, своего рода оплот в ряде разделов биологии) не столь свободен, однако, от оплошностей, как обычно принято думать (см., например, Mahoney 1976: 100—103). Наиболее эффективен метод «строгих умозаключений», или «анализа множественных выводов», который Платт рассматривает в качестве приема, обеспечившего быстрый прогресс в таких областях знаний, как ядерная физика и молекулярная биология.

«Трехуровневая» концепция Чемберлина касается двух тем, затронутых в главе 2. Это разграничение между реализмом и релятивизмом, а также между понятиями «делать открытие», «доказывать» и «строить гипотезу».

В подходах школы реализма истина рассматривается в качестве некоего абсолюта, сущность которого может быть раскрыта или «доказана» (то есть установлена вне всяких сомнений). Этот подход допускает также приверженность какой-либо конкретной точке зрения, то есть тому, что Чемберлин понимает как соответствие превалирующей теории, а Кун обозначает словосочетанием «власть парадигмы». Исследователи этой школы, однако, осознают эфемерность познания и планируют свои исследования соответствующим образом. Такое положение вещей очевидно и для Чемберлина, и для Платта.

Мехони (Mahoney 1976) говорит, в частности, об искусственности такого формата научных статей, который навязывается их авторам со стороны рецензентов и редакторов журналов. Рукопись готовится таким образом, чтобы она соответствовала теоретическому «научному методу» (см. прил. 7), который якобы используется в данном исследовательском проекте.

Сэр Френсис Бэкон говорил примерно о том же, хотя и другими словами, еще в 1620 г.: «знания никогда не бывают представлены в той форме, в которой они были задуманы» (цитировано по: Blissett 1972: 50). Использование Бэконом слова «задуманы» (invented) говорит о

том, что он не принимает принцип соответствия превалирующей теории. Можно быть уверенным, что понятия «делать открытие», и «доказывать» были не столь близки Бэкону как «выдвижение гипотезы». Нам представляется, что выражение Бэкона «задуманная истина» может соответствовать понятию «создание образа» у Аткинсона.

Блиссет добавляет ко всему этому следующее замечание: «Под покровом безмятежной внешней видимости живет скрытый от глаз научный мир конфликтов и противоречий, суть которого не в абстрактных, сдержанных дискуссиях, но в активности эгоистической и агрессивной — мир, мучимый *идолами* сознания, которые Бэкон мечтал уничтожить». Этот автор разъясняет сказанное в сноске: «Слово *идолы*, использованное Бэконом, обозначает концептуальные “предвзятые мнения”, столь характерные для природы человека» (Blissett 1972: 50, 51).

Если все сказанное здесь справедливо, становится понятным, почему в науке столько противоречий. Ученые, принадлежащие к числу последователей разных философских школ, приступают к своим исследованиям с разнящимися представлениями относительно того методологического фундамента, который будет положен в основу всей работы. В таком случае приверженцы разных исходных позиций не смогут плодотворно общаться друг с другом. Аткинсон видит в такой пропасти общения «отголосок старой легенды о слепцах и слоне»:

> Каждый незрячий, ощупывая ту или иную часть слона, провозглашает свое мнение о том, что есть объект в целом; каждый частично прав, но заблуждаются все. Точно так же разные историки науки, наравне с философами, социологами и психологами, занятые ее проблемами, ухватывают, как кажется, только некоторую часть того интеллектуального «толстокожего», которого мы называем наукой. Однако ни одной из школ, ни одному из «измов» не удается быть окончательно правдивым (Atkinson 1985: 727; см. прил. 6).

Вероятно, все, о чем здесь сказано, послужило толчком для написания Платтом статьи о строгих умозаключениях и для того, чтобы уговорить редакторов журнала *Science* опубликовать статью Чемберлина, впервые увидевшую свет в 1890 г. По сравнению с Чемберлином Платт продвинулся вперед, приведя примеры, тому неизвестные. Он писал:

> Мне кажется, что Чемберлин случайно натолкнулся на объяснения многих проблем науки, решение которых могло бы стать лекарством для нее. Конфликт, предполагающий отрицание альтернативных по-

> зиций, необходим для строгих индуктивных умозаключений. Такой конфликт слишком часто перерастает в противостояние между конкретными людьми, каждый из которых придерживается единственной Теории, Управляющей им. Когда же оппоненты располагают несколькими рабочими гипотезами, несогласие становится конфликтом идей. В таком случае каждому из нас много легче ежедневно стремиться к убедительному опровержению путем *строгих* доводов, без гнева и воинственности (Platt 1964: 350).

Платт идет дальше и формализует свой подход следующим образом:

> В каждой научной проблеме строгое умозаключение в норме включает в себя следующие шаги, представленные здесь в эксплицитной форме:
> 1. Разработка альтернативной гипотезы;
> 2. Продумывание решающего эксперимента (или нескольких), предполагающего возможность альтернативных результатов, каждый из которых исключает, насколько это возможно, ту или иную из сравниваемых гипотез;
> 3. Постановка эксперимента в надежде получить четкий ответ на вопрос.
>
> Многократное повторение всей процедуры на основе вновь создаваемы дополнительных гипотез (subhypotheses) или гипотез, дочерних по отношению к первоначальной. Это позволит прояснить вновь возникающие вопросы (Platt 1964: 347)

Платт указывает, что этому методу следует обучать (как это происходило уже в его дни в ядерной физике и молекулярной биологии) и что процедура описана во многих вводных курсах химии как «саморазвивающееся индуктивное» («conditional inductive tree») либо «логическое древо» («logical tree»), применяемое при количественном анализе веществ неизвестного состава. Дихотомические ключи, которые используются полевыми биологами для определения растений и животных, можно отнести к той же категории процедур.

Платт объясняет преимущества изложенного подхода: «Ясно, почему предложенный способ действий ведет к быстрому и плодотворному развитию науки. Нет более экстренного метода с меньшим количеством последовательных шагов при необходимости понять суть дотоле неизвестного. Здесь любое заключение, которое ведет к исключению из рассмотрения того или иного предположения, оказывается неполным и должно быть перепроверено. Любая отсрочка в переходе

к следующему шагу в проверке гипотезы является только временной» (Platt 1964: 347).

Хотя способ логического обоснования кажется простым в принципе, ученые зачастую не считают необходимым для себя следовать этой на редкость эффективной методологии. Между тем, при постановке задач они явно или неявно опираются на многообразие мнений, которые так или иначе влияют на результаты и выводы исследователя. Именно об этом говорит Аткинсон: «Концепция науки, как она видится данному конкретному ученому, включает в себя, наряду с его собственным опытом, также опыт и разнообразные мнения философов, социологов и историков науки» (Atkinson 1985: 731).

Полимерная вода

Прекрасный пример того, насколько социальные и политические факторы воздействуют на науку, дает история «открытия» так называемой «полимерной воды» и дальнейших событий вокруг этого (см. Franks 1981). В 1962 г. ничем дотоле не прославившийся советский физик провозгласил существование воды в полимеризованном состоянии. Другой деятель советской науки из Института физической химии одобрил идею и развернул широкие исследования «новой субстанции». В 1966 г. во время поездки в Англию он ознакомил с новшеством мировую научную общественность.

Представитель американского Ведомства военно-морских исследований прореагировал на подозрительную молчаливость британских ученых, работавших над вопросом на протяжении двух лет. Он выяснил в чем дело, и проинформировал о происходящем своих соотечественников. Тогда американские ученые, опасаясь после запуска советского спутника очередного конфуза, поспешили в 1969 г. выяснить, насколько все это серьезно. На проблему были выделены солидные средства, и вскоре она стала одним из важнейших проектов американской науки. И только в конце 1971 г. стало очевидным, что «полимерная вода» есть не что иное, как результат неаккуратного эксперимента (попросту загрязнения сосудов органическими веществами).

Из этого эпизода становится очевидным, насколько важную роль играют социально-политические факторы в продвижении вперед тех или иных исследований. К сожалению, философы и историки науки слишком часто игнорируют эту сторону вопроса.

Некоторые другие проблемы философии науки

На одну из них указывает Аткинсон. Он пишет:

> Создается впечатление, что философия науки страдает чем-то вроде «раздвоения личности». Иногда провозглашается, что эта область знаний чисто описательная, в другое время она видит своей задачей наставить ученых на путь истинный, указывая им, как именно двигать науку вперед... Нередко философы науки в попытках узаконить свои формальные выкладки предлагают некую идеальную картину того, чему, по их мнению, должны следовать ученые. Лучше бы философы по возможности тщательно и правдиво описывали пути, по которым наука движется в действительности (Atkinson 1985: 731).

Эта глава оставляет нас в некотором замешательстве относительно того, как же все-таки наука функционирует и как ей следует делать это. Вместе с тем, все потенциальные возможности, обсуждавшиеся здесь и в главе 2, связаны некой единой нитью. Она была во многом распутана Чемберлином в его работе 1890 г. Нам кажется, что этот философ принадлежит к категории «законодателей», как ее трактует Аткинсон. Мысль Чемберлина направлена на поиски рецепта, который помог бы науке прогрессировать быстрее. Но в то же время, он близок к описательному стилю, когда предлагает свою модель трехуровневого повышения эффективности исследований.

Все, о чем рассказано в этой книге, очень близко по своему духу методологической схеме Чемберлина. Напомним еще раз три уровня приближения к пониманию сущего, предложенные им.

1. *Господствующая теория*. Противоречия возникают с наибольшей вероятностью, когда ученые строго следуют превалирующей гипотезе («тиски парадигмы» по Куну, «правящая теория» Чемберлина). Такие явления, как «смена парадигм» у Куна и «пересечения логического разрыва» у Полани, возможны только в ситуациях, рассматриваемых Чемберлином в данном контексте.
2. *Концепция рабочей гипотезы* (как было сказано выше, она может быть приравнена к принципу «нулевой гипотезы») укладывается в доктрину «опровергаемости» Поппера. Последняя видится нам как важнейший элемент процедуры «анализа множественных выводов» в трактовке Чемберлина или «строгих умозаключений» Платта.
3. *Анализ множественных выводов.* Прогресс в науке представляется наиболее быстрым, когда используется подход, основанный

на процедуре «строгих умозаключений» (отчасти упрощенная версия «анализа множественных выводов» Чемберлина). Здесь перед нами возможность выбора из числа нескольких альтернативных гипотез.

Поведение ученых, принадлежащих школе реализма, часто бывает предсказуемым, что выражается в готовности отвергать гипотезы, потенциально конкурентные по отношению к господствующим взглядам. Суть происходящего при этом показана на рис. 3.2. Исследователь может полагать, что истина существует и достижение ее возможно путем либо верификации, либо фальсификации (нулевая гипотеза). При таком подходе даже длинная череда все более совершенных экспериментов приводит субъекта к такому результату, который он рассматривает как лишь приближение к истине. Когда же данные, подтверждающие ее, накопились в «достаточном количестве», ученый часто достигает «точки невозврата» (заштрихованная область на рис. 3.2, оказываясь полностью во «власти парадигмы» (Kuhn 1962).

Отсутствие универсальности в научном процессе

Ни один из методологических подходов, о которых речь шла выше, не может быть универсальным даже для одного и того же исследователя на разных этапах его работы. При работе над одним проектом он может двигаться, например, от изучения (exploration) к верификации, а затем — к фальсификации гипотезы. Не исключено, что на ранней стадии исследования даже альтернативная гипотеза может быть принята во внимание. Последнее наиболее вероятно, если проект не несет какой-либо угрозы существующей парадигме (ситуация «нормальной науки» по Куну).

С другой стороны, ученый, следующий методу «строгих умозаключений» в одном из своих проектов, может искать верификации гипотезы в другом. Если он находится в «тисках парадигмы», его исходной посылкой будет вера в «истинность» существующей теории. Чем сильнее эта вера, тем сильнее «кризис» при накоплении данных, опровергающих гипотезу, которой исследователь привержен (Kuhn 1962).

Содержание и главная идея книги

Задачей этой главы было обрисовать тот методологический фон, который совершенно необходим для понимания центральной темы книги, а именно — сложного переплетения мнений, эмпирических данных и роли социальных взаимоотношений в реальном научном процессе. Если нам удалось достаточно ясно очертить роль всех этих факторов в общем случае, читателю станет понятным, каким образом относительно частный вопрос о сущности танца пчел перерос в сложнейшее противостояние между учеными (это и есть та красная нить, которую мы попытались провести через всю книгу). Различия в исходных позициях, которых придерживались участники событий, охвативших четыре десятилетия, были слишком значительны, чтобы оказалась возможной согласованная, координированная мозговая атака на проблему. Эта сторона событий, описываемых в книге, станет более очевидной при чтении ее последующих глав.

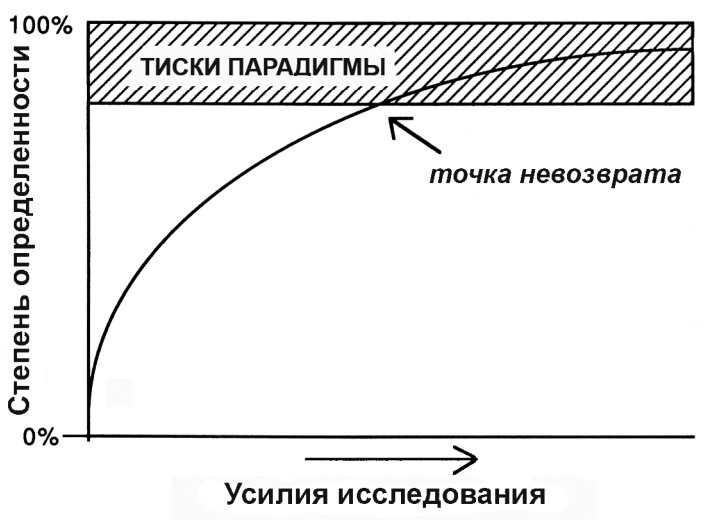


Рис. 3.2. Прогресс в науке с точки зрения представителей школы реализма. В рамках подходов, основанных на верификации либо фальсификации (принцип нулевой гипотезы), непрекращающееся экспериментирование ведет к упрочению веры в «истинное понимание» происходящего в исследуемой системе. Однако в своей конкретной работе исследователь может оказаться в «точке невозврата». Иными словами, появляется иллюзия, не оставляющая сомнений в том, что разрабатываемая гипотеза истинна. В этот момент ученый оказывается в «тисках парадигмы», как такую ситуацию определил Кун (Kuhn [1962] 1970*a*).

Резюме

Фактически, уже в трактате Чемберлина был предложен эффективный набор подходов, с помощью которых вопрос о «языке» пчел мог бы быть разрешен сравнительно быстро. Так, в 1901 г. Метерлинк описал схему постановки опытов, которая в целом соответствовала рекомендациям Чемберлина. Когда Метерлинк применил ее на практике, гипотеза «языка» пчел была опровергнута полученными результатами. Она оказалась фальсифицирована именно тем самым способом, о котором почти 20 лет спустя говорил Карл Поппер.

Вероятно, благодаря отчету Метерлинка, возможность существования языка у пчел долгое время никто не рассматривал всерьез. Позже вклад этого ученого был забыт или проигнорирован. Затем Фриш «создал мысленный образ» того, как рекруты могут находить источник пищи, следуя «описанию места, где он находится», что было опровергнуто Метерлинком (Maeterlinck 1901: 167). Тем не менее, несмотря на опровержение гипотезы в этой публикации, в 1945 г. Фриш выступил с ее усложненным вариантом (см. Lindauer 1985).

Стоит заметить, что в период стремительного признания этой гипотезы было упущено из виду очень важное обстоятельство. А именно, что и опыты Метерлинка, и гипотеза Фриша в действительности явились лишь недавними эпизодами в длинной истории споров вокруг вопроса, как пчелы мобилизуются на поиски пропитания.

Только немногие отдавали себе отчет в том, что две точки зрения на этот счет высказывались на протяжении столетий, во многом более в «романтической», нежели в научной перспективе. Мы имеем в виду две парадигмы: поиски пищи по запаху и сбор взятка в местах, указанных посредством танца. В следующей главе мы дадим краткий обзор истории борьбы идей между этими двумя точками зрения.

4

Двести лет блужданий в потемках

Один мой друг, разводящий пчел... написал мне, что у него в руках четыре бесспорных доказательства... Но я убежден, что мой друг был движим желанием, весьма естественным, увидеть, что эксперимент удался.

— Метерлинк (Maeterlinck [1901] 1939: 129)

Вероятно, пчела, обнаружившая [нектар или пыльцу], оставляет пахучий след в воздухе, тем самым давая возможность другим следовать за ней. Это предположение кажется настолько фантастичным, что мы не решались бы высказывать его, если бы не факты, которые позволяют рассматривать эту теорию почти доказанной.

— Брюс Лайнбург (Lineburg 1924: 531)

Пчелы общаются друг с другом и даже в состоянии передавать такие сообщения, точность которых иногда выглядит поразительной (курсив автора текста).

— Жюльен Франкон (Francon 1939: 107)

Сегодня, после двух лет экспериментирования, я пришел к выводу, что эти замечательные существа могут, действуя способом почти немыслимым, сообщать друг другу точные сведения о местонахождении источника пищи.

— Кал фон Фриш (Frisch 1947: 5)

Вопрос о так называемом языке пчел, хотя и возникал периодически на протяжении длительного времени, не казался сколько-нибудь важным до середины 1940-х гг. Что же случилось в те дни, и почему вообще могло возникнуть противостояние на этой почве?

Ответ на этот вопрос тесно связан с несколькими темами общенаучной значимости, которые сложным образом пересекаются друг с другом на нескольких уровнях. В немалой степени он касается темы социальных взаимоотношений между самими учеными (см., например, Mahoney 1976; Veldink 1989; гл. 11 этой книги). Немалую роль играет здесь отсутствие строгих определений и ожиданий того, что должно следовать из предсказаний той или иной гипотезы.

Если говорить об этом последнем обстоятельстве, то не надо далеко ходить за примером. Очень маловероятно, что сегодня биологи смогут восстановить в памяти следующие важные пункты: 1) строгое формулирование Фришем его гипотезы языка танцев; 2) его данные в поддержку этой гипотезы; 3) перечень предсказаний, проверка которых могла бы быть осуществлена объективным образом, даже теми, кто верит в существование «языка танцев» у пчел. Хотя в 1940-х гг. ученые могли уяснить себе общий смысл предложенной Фришем гипотезы (см. гл. 1), накопление свидетельств против нее в последующие годы привело к потере ясности сути дела (гл. 13) и сделало гораздо более сомнительной правдоподобность ее самой.

Точно также маловероятно, что каждый наугад взятый биолог осведомлен об истории попыток утвердить гипотезу «языка танцев» (в той ли иной ее трактовке) до Фриша, а также о конкурирующей с ней «запаховой» гипотезе, которая была с таким шумом замещена гипотезой «языковой». Эта гипотеза, предполагающая поиски пчелами пищи по запаху, тем не менее продолжает существовать в области изучения поведения насекомых вообще при поисках ими корма и полового партнера, а также имеет веские основания в поведенческих исследованиях, проводимых на других группах животных (см. гл. 5 и прил. 11).

Прежде чем мы перейдем к детальному рассмотрению двух конкурирующих гипотез и обсудим свидетельства в пользу каждой из них, давайте коснемся некоторых основополагающих тем, важных для последующего изложения. Они касаются ранней истории вопроса, некоторых дефиниций, формальных предсказаний гипотезы «языка танцев», контрастирующих характеристик двух парадигм и особенностей их смены в пользу гипотезы Фриша.

Зарождение интереса к самой возможности существования «языка» пчел

Большая часть исследований, выполненных до Фриша в этой области, базировалась на принципе верификации. Риббандс (Ribbands 1953) опубликовал обзор некоторых попыток продемонстрировать реальность «языка» пчел. Перечень начинается с упоминавшейся уже работы Шпитцнера (Spitzner 1788; см. гл. 3 нашей книги). Упоминаются также другие наблюдения (в частности, Dujardin 1852; Emery 1875; Bonnier 1906; Root 1908). Все эти работы включали в себя либо эксперименты, либо наблюдения за танцами пчел, которые предположительно рассматривались авторами в качестве «языка».

Важно подчеркнуть, что и отрицание языковой гипотезы, основанное на фактах, имело место до выступления Фриша. Например, тот же Риббандс упоминает работу Леббока и описывает усилия этого ученого как «безуспешные в попытках продемонстрировать коммуникацию» (Lubbock 1953: 147). К сожалению, Риббандс почему-то не упоминает опыты Метерлинка, которые, по общему признанию, не смогли подтвердить существование языка у пчел (гл. 3). Не включил Риббандс в свой обзор и теорию Лайнбурга (Lineburg 1924), в соответствии с которой пчелы мобилизую рекрутов посредством запаха (см. эпиграф к этой главе и гл. 5), хотя другие работы этого автора в обзоре процитированы.

Не упомянув важные исследования Метерлинка и Лайнбурга, Риббандс не привел также глубоких рассуждений Леббока по поводу самой сущности мобилизации у пчел, которые наилучшим образом отражены в его собственных словах:

> Каждому известно, что муравей или пчела во время своих экскурсий вне гнезда находит источник пищи, и что многие другие члены того же жилища тоже вскоре находят туда дорогу. Это, однако, не предполагает обязательным образом, что у этих насекомых есть способность описывать (для других. — *Е. П.*) место находки. Тут могут быть использованы очень простые знаки, и требуется совсем мало сообразительности для того, чтобы муравей просто следовал за другим, обнаружившим дорогу к источнику корма. С другой стороны, если муравей или пчела способны описать, где находится пища — это нечто совершенно иное (Lubbock 1882: 160).

В начале 1920-х гг. Фриш первым провозгласил, что пчелы обладают «речью» (Sprache). Тогда он ошибочно интерпретировал их «круговой танец» как стимул для сбора нектара, а «виляющий танец» как сигнал, что следует собирать пыльцу. Однако даже в конце 1930-х гг. он еще настаивал, что пчелы пользуются только запахом в поисках корма, обнаруженного раньше них опытным фуражиром (Frisch 1939).

«Языковая» гипотеза в своей первой продуманной версии: Жюльен Франкон

Морис Метерлинк (см. эпиграф) пользовался большой популярностью, а его книга «Жизнь пчелы» (1901) имела широкий круг читателей. Таким образом, в то время никто не относился серьезно к возможности того, что у пчел существует «язык» или нечто вроде сложного коммуникативного кода. Так, Барроуз писал в 1921 г.: «это абсурд, что пчелы могут рассказывать друг другу о местонахождении запасов меда» (Burroughs 1921: 158).

Однако спустя почти 40 лет после опубликования результатов Метерлинка, исследователи процесса мобилизации пчел или перестали рассматривать их в качестве значимых свидетельств, или же о них попросту забыли. Сделанное Метерлинком было проигнорировано (см., например, Francon 1939), отвергнуто (в частности, Frisch 1954) либо полностью искажено (Gould 1976: 211 и др.). Любопытно, что даже Барроуз неверно истолковал результаты Метерлинка (Burroughs 1921: 158).

Так или иначе, дела пошли активнее после того, как француз Жюльен Франкон «создал образ» [по выражению Аткинсона (Atkinson 1985)] того, как, по его представлениям, может происходить процесс рекрутирования у пчел. Он пришел к выводу, что эти насекомые могут находить источники корма только в том случае, если будут следовать «описаниям места, где они находятся» (выражение Метерлинка).

Франкон (Francon 1939) предложил свою изощренную гипотезу коммуникации у пчел в 1938 г., но не смог продолжать ее дальнейшее продвижение из-за начала Второй мировой войны. В серии экспериментов он заметил, что фуражир мобилизует рекрутов на определенное место поисков в том случае, если найти его легко, но не делает этого, когда задача оказывается более трудной. Он осознавал, что

гипотеза обнаружения пищи по запаху и визуальным ориентирам, предполагающая, что рекруты просто следуют за успешным фуражиром, не способна прояснить загадку неизменного успешного поиска. Поведение пчел, с которыми экспериментировал Франкон, не укладывалось в эту простую гипотезу. Это натолкнуло ученого на мысль, что пчелы могут обладать способностью каким-то образом извещать партнеров по улью о местонахождении и физических свойствах источника пищи (см. эпиграф к этой главе).

Франкону не удалось склонить [«to convert», по выражению Аткинсона (Atkinson 1985)] многих поверить в его гипотезу. Причиной тому могло послужить несоответствие между объявленным «открытием» и слабостью эмпирических свидетельств в его пользу. Так или иначе, Франкон почувствовал, что пчелы в улье получают от фуражира какую-то информацию о содержимом прикормочного оборудования, его цветовых характеристик, степени влажности прикормки и даже степени ее доступности. Франкон раньше Фриша высказал мнение и о том, что в сообщении фуражира, возможно, содержится также информация о дистанции до источника корма.

Франкон не смог найти последователей среди сколько-нибудь видных ученых. Впрочем, Г. Элтрингем, известный энтомолог (член Королевского общества), перевел книгу Франкона «Разум пчел» с французского языка на английский. В своем предисловии к английскому изданию книги Элтрингем писал:

> Пчелы не обязательно *следуют* за пчелой-пионером, но часто появляются в нужном месте независимо друг от друга. Прибыв сюда, они выглядят хорошо знающими местоположение и качество искомого... Можно подумать, что все это не могло бы произойти, если бы пчела-первопроходец не дала неизвестным для нас способом достаточно точные и подробные указания другим обитателям улья (Francon [1938] 1939: V).

Фриш не цитировал книгу Франкона в своих статьях, хотя, в конце концов, упомянул о ней в обзорной работе 1967 г. Здесь он методично занижает значимость результатов своего предшественника и игнорирует его приоритет в формулировании идеи, что пчелы могут информировать друг друга о расстоянии до источника пищи. Вместо этого Фриш критикует способы постановки экспериментов Франкона:

> Когда мы обращаемся к рассмотрению блюдечек с приманкой и к прочим деталям экспериментального оборудования, которые используются экспериментатором повторно, возникает мысль, что пчелы оставляют устойчивые следы запаха, привлекательного для их компаньонов. Если бы Жюльен Франкон (1938, 1939) заметил этот источник своих ошибок, он бы не расписывал в такой приукрашенной форме «прозорливость пчел», как это сделано в его фантастических рассуждениях... В действительности, пчела, прилетевшая в нужное место, воспринимает запах места, где побывал ее предшественник (Frisch 1967a: 22).

Вклад Франкона был забыт или проигнорирован в период весьма быстрого и всеобщего признания «языковой» гипотезы Фриша в середине 1940-х гг. Одна из причин столь серьезного несходства в судьбах двух исследователей непосредственно связана с важным различием между понятиями «парадигма» и «гипотеза». В отношении первого из них Бом и Пит писали: «Парадигмы определенно включают в себя, в качестве ключевого момента, процесс усвоения соответствующих идей на веру, вне зависимости от того, что имеет место в действительности» (Bohm, Peat 1987: 52).

Таким образом, и в прошлом были люди, исходившие из предположения, что «язык» пчел может быть «открыт» или, другими словами, что его существование может «быть доказано». Такое предположение в дальнейшем оказалось стартовой позицией, не требующей строго формального определения. Франкон, в частности, работал в рамках этой «языковой» парадигмы и не видел необходимости в таком определении.

В противоположность сказанному, многие считали, что Фриш *сформулировал* «гипотезу» языкового поведения пчел, выведя ее из результатов своих экспериментов. В действительности, Фриш определенно повторил ошибку Франкона. Более узкое понимание того содержания, которое вкладывается в понятие «гипотеза», по сравнению с тем, что представляет собой «парадигма», требует четкого формулирования исходных положений гипотезы, недвусмысленного определения (61) терминов и столь же ясного представления об ожидаемых результатах в случае ее применения (см. гл. 1).

Первым делом следует обсудить некоторые недоразумения, имевшие место в прошлом при обсуждении танца пчел. Среди них неизменно присутствовала путаница в понимании того, что, собственно, есть «коммуникация» в мире животных. В качестве примера

приведем высказывание на этот счет Льюиса: «Мы все верим, будто интуитивно чувствуем что такое «коммуникация». В то же время здесь существует много определений, подчас противоречащих друг другу... Бургхард (Burghardt 1970) считает, например, что коммуникация у животных содержит элемент целеполагания и потому адаптивна» (Lewis 1984: 1—2).

Позиция Бургхарда кажется нам неприемлемой, поскольку в ней очень сильно чувствуется привкус телеологии (см. прил. 8). Может ли кто-нибудь знать о «намерениях» того или иного животного?

В наших исследованиях мы следовали совершенно иным взглядам. Выясняется, что до Фриша не было четких представлений о сути ни «языковой», ни «запаховой» парадигм: определения постоянно менялись. Эра Фриша перекрывается с принятием новых взглядов и более адекватной терминологии в поведенческих дисциплинах, которая уже не требует апелляций к «намерениям» животных (см. табл. 1 в работах: Wenner 1969, 1971a).

Гипотеза, в том виде как ее представил Фриш, говорит о некоем «инстинктивном языке». Он считал, что его результаты указывают на получение рекрутами дискретной информации, содержащейся в виляющем танце осведомленного фуражира. Рекрут декодирует эту информацию, а затем летит точно в то самое место, которое до этого посещал отправитель сообщения (см. гл. 1 и ниже). Позже Фриш и его последователи собрали ряд свидетельств в поддержку этих построений, применяя поход, основанный на принципе верификации.

Более того, ученые всего мира последовали тому же принципу, повторяя опыты Фриша в той же самой манере, как они были сделаны им, и получая дополнительные подтверждения его идей. К сожалению, на протяжении двух десятков лет их существования никому в голову не приходило *тестировать*[15] гипотезу.

Софистика на почве «языковой» гипотезы

Как говорилось выше, в конце 1930-х гг. Жюльен Франкон на основании своих экспериментов пришел к убеждению о существовании у пчел «языка». При этом, однако, Франкон не смог представить себе, каков мог бы быть реальный механизм такого рода коммуникации. Он писал:

[15] Имеется в виду отсутствие попыток *фальсифицировать* ее (прим. ред.).

> Мы установили с определенностью, что пчелы общаются друг с другом и обнаружили всю глубину тех инструкций, которые они могут транслировать (партнерам. — *Е. П.*)... Но мы совершенно не представляем себе, каков может быть механизм трансляции сообщений: посредством звуков или вибраций (Francon 1939: 143).

Фриш стал рассматривать возможность языка у пчел более пристально, чем этот его предшественник, не обращая внимания на негативные результаты, полученные Леббоком (Lubbock 1882), и на «решающий» эксперимент Метерлинка (Maeterlinck 1901). Не принимал он во внимание и запаховую гипотезу Лайнбурга (Lineburg 1924), как и свою собственную, ранее непоколебимую приверженность запаховой гипотезе (Frisch 1939).

В исторической перспективе собственный вклад Фриша в гипотезу «языка танцев» у пчел проходил три стадии. Первая, неясно очерченная гипотеза «речи» (Sprache) у пчел была выдвинута им в начале 1920-х гг. Затем, осенью 1944 г. он понял, каким образом фуражир мог бы транслировать рекрутам информацию о направлении к источнику пищи и расстоянии до него. Иными словами, он «декодировал» движения виляющего танца, выполняемого фуражиром, вернувшимся в улей со взятком (Frisch 1947). Это озарение позволило Фришу сформулировать гипотезу «языка танцев [«создание образа» по Аткинсону (Atkinson 1985)].

Структура танца, как она была описана Фришем, оказалась позже принятой в качестве «установленного» механизма передачи сообщений от фуражира рекрутам, что хорошо согласовывалось с телеологическими мотивами. Иными словами, биологи поверили в то, что рекрут получает возможность лететь из улья в определенном направлении и на отмеренное расстояние, пользуясь информацией, содержащейся в танце фуражира, осведомленного обо всем этом (см. гл. 1).

В третьей фазе этой своей деятельности, в начале 1950-х гг., Фриш поставил серию экспериментов с целью установить *точность* наведения впервые мобилизуемых, то есть неопытных (naive) пчел на источник корма. Сделанное заключение, согласно которому такая пчела может эффективно «использовать» содержащуюся в танце информацию о направлении и расстоянии, стало важным компонентом гипотезы «языка танцев». При этом Фриш не осознал, что сам способ постановки (design) экспериментов может предопределить их результат (см. прил. 12).

Вопреки накопленному массиву данных, противоречащих языковой гипотезе в той или иной ее версии, а также аргументам, которые сам Фриш опубликовал ранее в защиту запаховой гипотезы, общественная позиция биологического сообщества претерпела изменения. Оно восприняло обновленную (во второй половине 1930-х гг.) версию гипотезы «языка» пчел.

Между гипотезой «коммуникации пчел» Франкона и гипотезой «языка танцев» Фриша есть сходство и различия. Они оба предполагали, что пчелы способны к антропоморфному поведению (см. Rosin 1978 и гл. 13). Оба шли по пути верификации своих идей посредством эксперимента, то есть искали подтверждения гипотезам. Сами экспериментальные тесты были выполнены как раз таким образом, что предполагали получение позитивных результатов. Оба пришли к выводу, что пчелы могут транслировать абстрактную информацию (например, о расстоянии от улья до источника пищи).

Одно из главных различий состояло в том, что Фриш изучал поведение пчел в улье. Это позволило ему уловить корреляции между элементами прославленного виляющего танца и теми местами, которые пчелы посещали при сборе взятка. Фриш решил, что он может «декодировать» структуру танцевальных движений и вычислить таким образом местоположение источника пищи, который фуражир использовал перед прилетом в улей. Франкону не удалось уловить таких корреляций.

Второе важное различие между экспериментами Франкона и Фриша состояло в количестве испытуемых. Франкон постепенно усложнял задачу для единичных пчел, чтобы добиться от каждой «безукоризненного» выполнения задачи. Из такого рода экспериментов можно было получить результаты в пользу гипотезы лишь на *качественном* уровне. Фриш, напротив, ставил эксперименты так, что они могли дать *количественные* результаты (относительное число рекрутов, прилетающих в то или иное место), которые, как ему казалось, подтверждали информативную роль танца.

Кроме того, Франкон не все свои эксперименты ставил повторно, тогда как для Фриша такая повторяемость была необходимым элементом работы. Вообще говоря, ученый может без особого труда получать дополнительные, благоприятные для него данные. Такая повторяемость — это один из краеугольных камней в науке [см. гл. 4 в книге Брода и Вейда (Broad, Wade 1982)]. Как писал Дональд Гриффин, «Я откровенно признаюсь, что пока я сам не проделал эти

простые эксперименты, я не мог избавиться от некоторой доли скептицизма» [Griffin, предисловие к книге Фриша (Frisch 1950: VI)]. Тот факт, что логическое обоснование феномена виляющего танца («язык телодвижений») было прямолинейным и простым в принципе, очевидным образом способствовало быстрому всеобщему одобрению гипотезы.

Гипотеза языковой функции танца пчел под пристальным взглядом

Теперь мы обратимся к формальным характеристикам этой гипотезы в том ее виде, как она была первоначально высказана Фришем. Мы рассмотрим также в чем ее отличие от расплывчатой по форме парадигмы «языка танцев». В сжатом виде это логический разбор был опубликован ранее и состоял в следующем.

Исходные посылки

1. Пчела, преуспевшая в поисках пищи за пределами улья, преуспевает также в стимуляции других пчел (рекрутов) покинуть улей и разыскивать тот же самый источник корма.
2. Преуспевший фуражир, стимулируя прочих, выполняет на соте нечто вроде «танца». Он содержит в себе количественную информацию о направлении «правильного» полета и о дистанции до источника пищи. Человек может «прочесть» содержание сообщения и установить (путем дедукции) место, откуда прилетел успешный фуражир.
3. Рекруты, контактировавшие с успешным фуражиром, вскоре появляются в том месте, где тот собрал взяток, или поблизости от этого места.

Вывод

Рекруты могут *использовать* информацию о направлении и расстоянии, транслированную осведомленной танцующей пчелой, и летят прямо в указанное ею место (Wenner 1971a: 30)

Как это ни удивительно, но то никто не попытался проверить, устоит ли эта гипотеза против ее критической проверки. Только более чем 20 лет спустя после выдвижения Фришем гипотезы, нами были поставлены такие эксперименты (Johnson 1967a; Wenner 1967; Wenner, Wells, Johnson 1969).

Никому до нас не приходило в голову и то, что новые интерпретации, предложенные Фришем, основывались на косвенных свидетельствах. Потому недовольство большинства тем, что мы осуществили первую реальную проверку его экспериментов, было вполне понятным и, в общем, неизбежным.

Смена парадигм во взглядах Фриша

Все те, кто поверил, что Фриш «открыл» «язык танцев» или что он «доказал», будто у пчел есть язык, очевидно не были в достаточной степени осведомлены ни о теоретических основаниях этой идеи, ни об истории более ранних попыток выдвижения такого рода гипотез. Возможно, они не знали также о существовании альтернативных гипотез механизма мобилизации пчел на взяток, предложенных другими исследователями (например, Франконом) или самим Фришем (Frisch 1939; Rosin 1980b). Более ранние исследования Леббока, Метерлинка, Лайнбурга и Франкона, как и последующий вклад самого Фриша, — это только некоторые из многих эпизодов в истории проблемы, касающейся способов мобилизации пчел на поиски пропитания.

В любом историческом очерке некоторые важные моменты бывают упущены. В частности, в нашем случае после быстрого торжества гипотезы языка танцев почти все, как кажется, забыли, что сам ее автор ранее был убежден, что при поисках источников корма рекруты пользуются исключительно своим обонянием. В 1939 г. Фриш так описывал поисковое поведение рекрутов:

> Я прикормил несколько индивидуально помеченных пчел из экспериментального улья на кормушке, находившейся в 40 футах к западу от него... Если бы пчела, танцующая в улье, сообщила, где именно находится место прикормки, все пчелы-новички прилетели бы на эту западную кормушку. Однако через несколько минут после окончания танца пчелы-новички появились одновременно на всех моих кормушках: на юге и на севере, на западе и на востоке. Они не знали,

> где находится прикормка. Они летели во всех направлениях, чтобы разыскать ее...
> Но не только поблизости от улья!.. После длинной череды экспериментов стало ясно, что по окончании танца пчелы сначала ищут [корм] неподалеку от улья, а затем улетают дальше и, наконец, обшаривают всю свою кормовую территорию.
> Так что язык пчел представляется очень простым (Frisch 1939: 428).

Можно видеть, что на этом этапе Фриш еще не «создал мысленный образ», предложенный им лишь позже (по мнению Линдауэра, до 1945 г. — Lindauer 1985) в гипотезе «языка танцев». Это произошло через семь лет после того, как Франкон выступил с очень похожими идеями.

Гипотеза Фриша, как мы очертили ее выше, утратила свои четкие границы сразу же после ее появления на публике. В научном сообществе произошел стремительный поворот от восприятия ее как *гипотезы*. Вместо этого ученые стали работать в рамках концепции «языка танцев» как полностью установившейся парадигмы. К тому времени, как мы стали обдумывать значение обнаруженных нами аномалий, маятник качнулся еще сильнее в сторону мнения, что пчелы обладают «языком». Теперь гипотеза стала трактоваться как безусловный факт.

А зачем проверять то, что является «фактом»?

Предмет разногласий и множество конкурирующих парадигм

Хотя ученый может быть знаком только с одной системой взглядов и при осуществлении научного проекта работать преимущественно в рамках данной парадигмы, обычно все же в каждый данный момент времени ход исследования контролируют несколько парадигм. Томас Кун рассматривал такую множественность подходов как типичную для «нормальной науки». В своей книге он отвел довольно много места описанию преимуществ такой ситуации для исследователя. «Если же ученый, — писал он, — принимает только одну парадигму, он не сможет затем по ходу своей основной работы попытаться пойти по новому пути, начав с иных стартовых позиций и применяя новые идеи» (Kuhn 1962: 19—20).

Надо сказать, что когда Кун впервые предложил концепцию «парадигмы», он в действительности использовал этот термин в двух разных смыслах:

> С одной стороны, — как общее понятие для комплекса мнений, ценностей, технических приемов и многого другого, разделяемого членами данного научного сообщества. С другой стороны, термин «парадигма» обозначал у него один из элементов такого комплекса, именно «разгадывание головоломок», конкретных частных задачек. Будучи приняты на вооружение как модели по типу «делай как я», они становятся образцом для разгадывания следующих вопросов-головоломок, вытесняя тем самым эксплицитную методологию (Kuhn 1962: 175).

Тот факт, что Кун использовал термин «парадигма» несколько расплывчато, послужило почвой для многих дебатов в среде философов (см. Lakatos, Musgrave 1970). Однако исследователи, не столь близкие к философии, относились более одобрительно к построениям Куна. Например, Бом и Пит охарактеризовали сущность его концепции в следующих выражениях:

> Подразумеваемая, по большей части бессознательно, инфраструктура науки пронизывает весь ход исследований, так же как и стиль мышления научного сообщества... Следует также понимать, что парадигма есть мощный фактор, удерживающий работу всего научного сообщества в пределах «пространства» более или менее общего для всех его членов. Иными словами, речь идет о бессознательной, молчаливой форме консенсуса (Bohm, Peat 1987: 52—53).

Для нас, как и для этих авторов, позиция Куна вполне приемлема и помогает нам выстраивать логику наших рассуждений.

В то время как многие восприняли нашу критику гипотезы языковой функции танца пчел неубедительной, другие усмотрели в ней фундаментальный вопрос, а именно: «Как движется процесс научного поиска?». Были и такие, которые оказались безнадежно сбиты с толку нашими доводами, отчасти потому, что не смогли уяснить разницу между гипотезой и парадигмой, отчасти — из-за неспособности уследить за сложной цепью приводимых нами аргументов.

Для обозначения противоположных позиций в спорах вокруг вопроса мобилизации рекрутов у пчел, мы используем словосочетания

«парадигма языка танцев» и «парадигма поиска по запаху». Вполне очевидно, что все, работающие в рамках как той, так и другой парадигмы, в каждом случае разделяют весь комплекс мнений, ценностей, технических приемов и многого другого. Однако нет сомнения в том, что отдельные элементы такого рода комплексов в том и другом случае могут различаться весьма существенно.

Далее мы кратко обрисуем три пары парадигм, конфликт в которых между их членами оказывается важнейшим аспектом всего противостояния, обсуждаемого в этой книге.

Парадигма поиска по запаху и парадигма языка танцев

Хотя свои собственные исследования мы начали в рамках парадигмы языка танцев и первоначально были лояльными членами соответствующего сообщества, экспериментальные результаты, полученные нами в ходе тестирования гипотезы языка танцев, привели нас в замешательство. Сначала зародились сомнения, потом мы склонились в строну релятивизма (см. прил. 6), а затем были вынуждены уйти еще дальше от консенсуса, достигнутого ранее в том сегменте научного сообщества, которое было занято изучением коммуникации животных.

В любом случае, мы были склонны считать, что ни один вид животных, кроме человека, не может обладать «языком». Наше стремление уяснить базовые предпосылки того комплекса мнений, ценностей и всего прочего, который был нашей парадигмой, все более отдаляло нас от прочих членов сообщества (Veldink 1989).

В среде приверженцев гипотезы языка танцев тиски парадигмы, по выражению Куна, были очень жесткими (и остаются таковыми по сей день). Они очень охотно принимали данные в ее пользу, но ни одно негативное свидетельство не рассматривали как значимое.

Две другие парадигмы: «поведение насекомых» и «поведение человека»

Розин (Rosin 1978, 1980*a*, *b*, 1988*b*) была первой, кто сделал упор на это разграничение в контексте противостояния, о котором идет речь. «Открытие» и «доказательство» существования «языка» за пределами вида *Homo sapiens* не должно базироваться на одних лишь

эмпирических данных. Только единицы могли «поверить», что эта способность может быть присуща насекомым. Правда, до середины 1930-х гг. возможность существования «языка» у животных допускали многие. Что касается гипотезы языка танцев, то она преуспела в такой мере лишь потому, что довольно многие энтомологи считали пчел способными на такой «подвиг». Противодействие гипотезе первоначально возникло среди психологов той школы, во главе которой стояли Шнейрла и Лерман (см. Rosin 1980a). Ее члены работали в рамках совершенно иной парадигмы, нежели сторонники идеи «языка» пчел.

Короче говоря, вопрос стоит так: «Может ли кто-нибудь действительно поверить в то, что маленькая медоносная пчела, собирающая нектар с цветов, обладает языковыми способностями?» (см. описание других подобных же талантов в работе: Gould, Gould 1988). На наш взгляд, это равносильно вере в чудеса, описанные в Библии.

Третья пара парадигм: реализм и релятивизм

Как говорилось ранее, Томас Кун первым указал на различия между тем, что думали о науке философы до начала середины XX в. (его книга вышла в свет 1962 г.), и что есть научный процесс в действительности. Термины «реализм» («объективизм») и «релятивизм» («антиреализм») с тех пор стали достаточно популярными. Они могут служить ярлыками для двух групп (как философов, так и ученых), в каждой из которых поиски объяснений внешнего мира базируются на разных комплексах мнений, ценностей и всего прочего или, иными словами, на двух разных парадигмах.

Мы приходим к заключению, что приверженцы гипотезы языка танцев принадлежат к школе реализма (куда и мы первоначально входили) и работают в этой парадигме с момента признания гипотезы научным сообществом. Именно на этой системе представлений базируется консенсус, позволяющий считать, что существование «языка» у пчел может быть «открыто» или «доказано». Как только его существование оказалось «установленным фактом», места для обсуждения исходных положений гипотезы уже не осталось.

Значение разногласий вокруг «языка» пчел

История исследования механизмов мобилизации пчел на поиски взятка во второй половине прошлого века (после повторного рождения «языковой» гипотезы) подробно рассмотрена в работе Фриша (Frisch 1967a) и в ряде других источников (например, Wilson 1971; Wenner 1974; Gould 1976, Rosin, 1980a, b; Lindauer 1985), поэтому мы не будем повторять сказанного там. Сотни исследователей последовали за Фришем и опубликовали результаты многочисленных экспериментов, посвященных этому поистине уникальному феномену «языковых» способностей у существ, не имеющих ничего общего с людьми. К сожалению, твердой основой для этих верований оказались этология и социобиология. Это произошло «прежде, чем стала понятна необходимость более тщательно рассмотреть сущность гипотезы Фриша с позиций общей теории поведения» (Smith 1988: 250).

Восприятие научным сообществом этой сенсации, согласно которой существование языка оказалось возможным за пределами мира людей («открытие» и «доказательство» этого «факта»), дало возможность начать исследования того же типа на дельфинах, обезьянах и других животных. Забавно, что все эти работы основывались и основываются до сих пор на приверженности «господствующей теории», против чего предостерегал еще Чемберлин.

Когда мы стали изучать процесс мобилизации пчел на взяток, мы ничего не знали о богатой истории вопроса и о том интересе, который ученый издавна проявляли к двум противоречащим друг другу гипотезам. Так оказалось, что мы интенсивно взялись за гипотезу «языка» и стали работать над ней с использованием принципа верификации. Мы и не представляли себе тогда, что придем к результатам, противоречащим ей, как случилось и с Метерлинком за 65 лет до нас. Не знали мы в то время и о стойкой приверженности Фриша «запаховой» парадигме (Frisch 1939; Rosin 1980a), поскольку и он, и его последователи перестали упоминать об этом, как только оказались в ловушке «языковой» гипотезы.

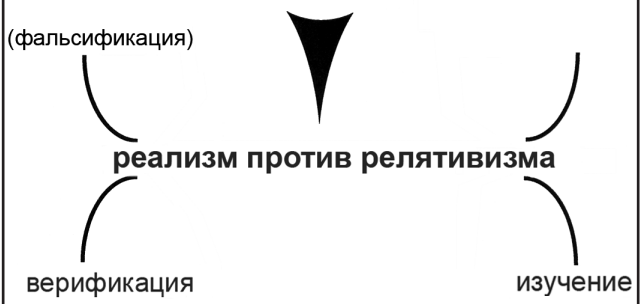
Таким образом, вопрос оказался куда более сложным, чем ранее полагали все те, кто так или иначе принимал участие в описываемом нами противостоянии. Проблема не только в том, какая из гипотез лучше соответствует массиву полученных экспериментальных данных. Наряду с этим рассмотрению подлежат фундаментальные исходные предположения о том, на что насекомые способны в

принципе, а также вопрос, какова должна быть стратегия методологических подходов при постановке экспериментов, учитывая, что она неодинакова у исследователей, принадлежащих школам реализма и релятивизма.

В последующих главах и приложениях мы рассмотрим примеры того, как приверженность парадигме (или нежелание следовать ей) определяет направления научного поиска.

5

Парадигма поиска по запаху: история и новый взгляд



Для всех насекомых как класса, благодаря связи между их пищей и ее запахом, характерно острое обоняние, которое позволяет им узнавать о присутствии пропитания на расстоянии, даже если оно очень велико. Это относится, в частности, к пчелам.

— Аристотель [330 г. до н. э.] 1931: т. 4, отр. 444

Их чувство запаха развито превосходно, поэтому, перемещаясь высоко в воздухе, они быстро опознают находящийся внизу любимый корм, такой как мед и смола, даже если они укрыты чем-нибудь; как только выступает древесный сок, они сразу же летят сюда, даже если дубы, дающие его, произрастают очень далеко.

— Чарлз Батлер (Butler [1609] 1969: ч. 1, отр. 42)

Теория пахучего следа усиливает свои позиции в силу очевидной неработоспособности других теорий, таких как поиски корма с помощью зрения или поисков наугад.

— Брюс Лайнбург (Lineburg 1924: 536)

После длинной череды экспериментов стало ясно, что по окончании танца пчелы сначала ищут [корм] неподалеку от улья, а затем улетают дальше и, наконец, обшаривают всю свою кормовую территорию. ... Таким образом, можно видеть, что запах цветов несет биологическую функцию, неизвестную прежде. Танцующая пчела может передавать информацию обо всех разновидностях цветущих растений посредством запаха, сохранившегося на ее теле.

— Карл фон Фриш (Frish 1939: 428, 429)

Вопрос о том, каким образом пчела, обнаружившая богатый источник пищи, сообщает об этом своим сестрам, долгое время занимал пчеловодов и натуралистов. Объяснение оказалось в действительности очень простым, и все волшебные сказки о том, что одна пчела рассказывает другим о местонахождении пищи, могут быть забыты. Когда пчела возвращается в улей, насытившись медом или нектаром, она начинает танцевать на соте своеобразным образом, трепеща крыльями и так распространяя вокруг себя запах цветов, осевший на ее тельце. Прочие пчелы, заинтересованные действиями танцовщицы, собираются вокруг и летят на поиски соответствующего запаха.

— Ганс Кальмус (Kalmus 1960: 96)

Сейчас мы находимся в той фазе противостояния, когда защитники гипотезы языка танцев вынуждены признать, что у пчел информация передается в норме посредством одного лишь запаха.

— Р. Росин (Rosin 1980a: 798)

Этот основной механизм «дистантной» ориентации во время полета на летучие химические вещества, переносимые ветром, основан на оптомоторной реакции, химически индуцирован и ориентирован в наветренном направлении (*анемотаксис*); он получил широкую поддержку как обоснованный значительным объемом экспериментальных данных.

— Ринг Карде (Carde 1984: 111)

Мысль о том, что мобилизация на взяток у медоносных пчел происходит как реакция на запах, проходит через столетия (см. гл. 4). Поэтому совершенно удивительно, что почти все биологи моментально ухватились за гипотезу языка танцев Фриша, как только она появилась в середине 1940-х гг. (см. гл. 6). Готовность воспринять ее продемонстрировали даже многие из тех, кто до этого отстаивал ольфакторную гипотезу (и сам Фриш в их числе Frisch 1939), столь хорошо подтвержденную фактами.

То, что эта ранняя гипотеза Фриша оказалась вне поля зрения ученых, можно объяснить распадом научного сообщества во время Второй мировой войны. Именно в эти военные годы, после длительного периода инактивности ученых, он предложил свою новую гипотезу. Таким образом, она словно бы заполнила собой интеллектуальный вакуум.

Примеры следования ранним взглядам Фриша, верившего тогда в ведущую роль ольфакторного поведения, можно найти в высказываниях ученых того периода. Так, Баззард писал:

> Это был фон Фриш, баварский исследователь, который несколько лет назад обнаружил, что пчелы, собравшие нектар с определенного растения, например огуречника, возвращаются в улей и проделывают здесь, среди других его обитателей, особый танец, привлекающий внимание последних. Пчелы немедленно собираются вокруг танцовщицы и, опознав запах нектара, разлетаются *во всех направлениях* от улья в поисках огуречника (Buzzard 1946: 58 — курсив наш).

Баззард, ссылаясь на упомянутую ранее книгу Жюльена Франкона «Разум пчел» (Francon 1939; см. выше, гл. 4), дает понять, почему это объяснение Фриша лучше предложенного Франконом, который считал, что пчелы пользуются неким «языком». Вот как он описывает точку зрения Франкона:

> Франкон, проводивший свои хорошо продуманные опыты на протяжении восьми лет или более, был совершенно убежден, что пчелы не только информируют своих партнеров по улью о присутствии цветущих растений, но сообщают им досконально, как их можно найти... Читатели этой книги, которая содержит описание интереснейших экспериментов, во всех подробностях, будут изумлены полученными результатами и, возможно, на первых порах согласятся с заключениями автора, что пчелы могут описывать

другим местоположение мест, наиболее трудно достигаемых, с высокой точностью (Buzzard 1946: 155).

Баззард, тем не менее, не принимает объяснений Франкона и отдает предпочтение взглядам Фриша, который в то время настаивал, что после вылета из улья пчелы руководствуются исключительно запахом. Далее Баззард так объясняет свое недоверие к гипотезе Франкона:

Я решил, что Франкон не знал о хорошо обоснованных выводах фон Фриша. Балденспергер был свидетелем экспериментов последнего и рассказал мне о них. Не знал он также и об опытах доктора Мичауда, и моих собственных, сделанных независимо и подтвержденных Ротамсденом, работавшим на экспериментальной станции в Англии... Франкон проводил свои опыты на открытом воздухе, и если бы первая пчела сообщила в улье, что нашла мед, вся округа наполнилась бы сразу пчелами, разлетающимися во всех направлениях. Те, которым не удалось бы найти лакомство сразу, летали бы в поисках его кругами все увеличивающегося диаметра. Поэтому не удивительно, что в опытах Франкона пчелы, увидевшие первую, вернувшуюся со взятком, сразу же отправлялись на поиски того же корма (Buzzard 1946: 166).

Можно видеть, что в умах ученых в то время преобладала идея мобилизации пчел по запаху. В этих обстоятельствах крутой поворот научного сообщества к одобрению языковой гипотезы Фриша, диаметрально противоположной по смыслу, выглядит очень странно. Тем более, что для этого надо было отказаться от массы хорошо обоснованных данных, накопленных в пользу «запаховой» гипотезы и противоречащих «языковой» (см. Rosin 1980a, b).

Такой поворот кажется трудно совместимым с закономерностями, определяющими ход научного исследования под знаком школы реализма, где преобладает принцип верификации (см. гл. 3). Таким образом, произошедшее можно объяснить тенденцией возврата научного сообщества к телеологическим трактовкам (см. ниже и прил. 8).

Казалось бы, два важных обстоятельства должны были противодействовать принятию гипотезы «языка танцев» в этот начальный период ее торжества. Первое состояло в том, что в это время некоторые исследователи поведения животных стали пропагандировать количественный способ его описания в механистической манере (парадигма

механицизма, которой многие придерживались еще в момент написания этой книги). Гипотеза «языка танцев» плохо согласовывалась с этим подходом (Rosin 1980b).

Другое обстоятельство, которое должно было поколебать уверенность в истинности гипотезы «языка танцев», состояло в следующем. В 1930-х и 1940-х гг. негласно считалось, что при поисках того или иного объекта по запаху животные всегда движутся против ветра («положительный анемотаксис»). Другими словами, способность пчел находить корм вне зависимости от направления ветра, предполагаемая в соответствии с новой гипотезой Фриша, попирала принцип экономии (law of parsimony), диктуемый механистической гипотезой анемотаксиса.

Школа механицизма

На протяжении десятилетий, предшествовавших появлению гипотезы «языка танцев», поведение насекомых описывали преимущественно в терминах механицизма. Это стало результатом попыток уйти, при постановке экспериментов и их интерпретациях, от чрезмерного влияния антропоморфизма и телеологизма (Loeb 1918/1973; Fraenkel, Gunn 1940/1961; см. также прил. 8).

В тот период поведенческие акты описывали в качестве «таксисов» и «кинезисов». Их рассматривали как «инстинктивные» ответы на непосредственно действующие дискретные стимулы. Задача состояла в том, чтобы описать поведение в простых, объективных терминах и устранить аналогии с поведением людей, которые преобладали в науке ранее. Так, например, понятие «положительный фототаксис» обозначало, что животное перемещается (идет, плывет или летит) в направлении к источнику света. Как уже упоминалось, под «положительным анемотаксисом» понимали перемещение животного против ветра или течения воды.

С появлением этологической школы под предводительством Конрада Лоренца внимание ряда исследователей оказалось сконцентрированным на «внутренних системах координации врожденных паттернов поведения, с одной стороны, и видоспецифичных сенсорных механизмов восприятия, с другой» (Thorpe 1963: 20; см. также Burkhardt 1988). Торп характеризует научный климат того времени следующим образом:

> Психологи... рассматривали психологические аспекты инстинктивного поведения как наиболее важные. В противоположность им, школа психологов-механицистов настаивала на строго фиксированном характере многих форм инстинктивного поведения... Эти исследователи были склонны игнорировать восприятие и проблему внешней стимуляции (releaser problem). Вместо этого они сконцентрировались на гораздо более легко объяснимой теме стереотипности фиксированных схем действий в сфере инстинктов и, таким образом, пытались объяснить все поведение в качестве цепи рефлексов (Thorpe 1963: 21)[16].

Если в момент возникновения этологической школы ее основное внимание было сосредоточено на изучении спонтанных инстинктивных актов, позже в этом научном сообществе произошел довольно быстрый переход в сторону анализа «целенаправленного» поведения, идея всеобщности которого стала затем преобладающей[17] (прил. 8). Так что пчелы с их владением «языком» оказались прекрасным примером такого «целенаправленного» способа действий. Суть этого подхода излагается Линдауэром в следующем отрывке:

> Один из наиболее плодотворных принципов в биологии состоит в том, что каждая морфологическая структура и каждый поведенческий акт выполняет некую специальную функцию. Только лишь на основании этого кажется крайне невероятным, что информация, содержащаяся в виляющем танце пчел, не транслируется другим обитателям улья (Lindauer 1971: 89).

Первая часть этого высказывания часто служит стартовой точкой исследований. Однако вторая фраза голословна, поскольку функция, «назначенная» наблюдателем, может и не быть истинной функцией структуры или поведенческого акта.

Чемберлин (Chamberlin 1890/1965) хорошо понимал, вероятно, разрушительную роль подобных точек зрения, присущих «управляющей теории» (см. гл. 3). Такое невозможно, если принять предложенный

---

[16] Неясно, о какой школе говорит Торп. Если речь идет о классической этологии (что можно подозревать при чтении отрывка), то эти ее характеристики вызывают серьезные сомнения (о сути концепции К. Лоренца см. Панов 1975: 63 — прим. ред. русского текста).

[17] Имеется в виду адаптационизм Н. Тинбергена (прим. ред. русского текста).

им принцип множественных умозаключений, когда исследователь одновременно рассматривает все *возможные* функции. Это следовало бы сделать Линдауэру в его попытках дать свое, столь прямолинейное объяснение танцам пчел.

Одна из попыток примирить гипотезу языка танцев с позициями механицизма принадлежит Леппику (Leppik 1953), который ввел новый термин «melittolexis» (буквально, лексика пчел). Разумеется, никто никогда не использовал это нелепое словосочетание позже.

В то время как многие исследователи поведения животных уступили напору телеологии и антропоморфизма, биохимия пошла в противоположном направлении. Вот комментарий Киллера (Keller 1983: 175) на этот счет: «Жакоб Моно... говорил о себе: “Я придерживаюсь линейного способа логического мышления — в противном случае я бы пропал [как ученый]”». Он преуспел в своей научной деятельности и дал мощный толчок дальнейшему развитию молекулярной биологии.

Ранняя версия парадигмы поиска по запаху

Важным обстоятельством, заставившим ряд ученых, таких как Кальмус (см. эпиграф к этой главе), усомниться в правдоподобии гипотезы языка танцев, была единодушная поддержка парадигмы поиска по запаху (хотя и не вполне четко очерченной) со времен Аристотеля. Он писал, в частности:

> «Моллюски, ракообразные и насекомые обладают всеми чувствами, такими как зрение, обоняние и вкус. Что касается насекомых, крылатых и бескрылых, они могут почувствовать присутствие пахнущего объекта, находящегося очень далеко от них. Таковы, в частности, пчелы и муравьи, которые издалека узнают по запаху, где можно найти мед» (Aristotle (330 B. C.) 1931: т. 3: 534; см. также эпиграф к этой главе).

Спустя две тысячи лет эти взгляд не изменились (см. эпиграфы из Батлера). Через 160 лет после выступления этого автора Уилдман писал: «Природа наделила пчел превосходным чувством запаха, и они узнают о присутствии меда и воска с большого расстояния» (Wildman 1768: 26).

Уклоняясь в строну, заметим, что Батлер говорил не только о меде, но также о «смоле», а Уилдман упоминает в том же контексте воск, как будто эти материалы пчелы собирают с цветов. Батлеру (Butler 1609/1969) было известно, что пчелиный воск, из которого эти насекомые строят соты, вырабатывается особыми железами на нижней части брюшка рабочих пчел (Ribbands 1953). Тем не менее, оба исследователя думали, что материал для изготовления воска пчелы собирают с растений, поскольку комочки пыльцы, которые они приносят на задних лапках, при растирании между пальцами ощущаются как нечто сальное. Кроме того, дикие пчелы (живущие в дуплах) собирают смолу с сосен и других пород деревьев. Эту смолу они смешивают с воском при изготовлении клея, который служит им в качестве замазки для ремонта входа в пустоты. Очевидно, все это и имели в виду Батлер и Уилдман.

Знания людей относительно способности пчел издалека реагировать на запах меда издавна использовались в практических целях, при поиске пчелиных общин в лесу (так называемая «охота на пчел»). См. об этом в начале главы 3, где приведена соответствующая цитата из работы Джона Барроуза (Burroughs 1875: 53). О том же позже писали Рут с соавторами (Root et al. 1947: 55—58).

Фриш и его современники работали в рамках той же парадигмы более четверти века (см. эпиграф к этой главе, а также Lineburg 1924; Frisch 1939; Rosin 1980a). Более того, Лайнбург разработал модель поискового поведения пчел, основанную на использовании ими обоняния, она во многом соответствует той, которая была предложена нами много лет позже (см. ниже и прил. 11). Мы полагаем, что Лайнбург не смог разработать эту модель в законченной форме по двум причинам. Во-первых, из-за его веры в аттрактивную функцию так называемой железы Насонова (что позже оказалось неверным — см. прил. 10); и, во вторых, потому, что он считал, будто пахучий след может быть проложен в воздухе одной-единственной пчелой (а не многими, следующими «воздушной трассой»; см. прил. 11).

Лайнбург сформулировал «четыре условия, необходимые для того, чтобы одно животное могло следовать за другим по пахучему следу» (Lineburg 1924: 531). Эти четыре позиции полезно сравнить с тем, что происходит, по нашим данным, при полете пчелы от улья к месту сбора взятка:

1. «Ведущий должен обладать запахом». Далее в этом пункте своих рассуждений Лайнбург добавляет: «Пчела не только должна нести на себе запах, как это известно для многих других животных, но ей следует также обладать особым органом, продуцирующим специфический запах» (Lineburg 1924: 532).
2. «Этот запах должен быть специфическим и достаточно сильным, чтобы его воспринимали особи, следующие за первопроходцем». Здесь Лайнбург не осознал важности ситуации, в которой запах многих особей, курсирующих одновременно между ульем и целевым местом кормежки, суммируется (и образуется «пахучая трасса»).
3. «Запах должен быть достаточно устойчивым, чтобы его могли уловить пчелы, которые вылетят на экскурсию позже». Здесь опять речь должна идти не о единичных пчелах, а о большом их числе на устойчивой пахучей трассе.
4. «Пахучий след может оказаться прерванным, но должен быть таким, чтобы пчелы имели возможность преодолеть возникший разрыв». Как и в пунктах 2 и 3, затруднение устраняется за счет присутствия на трассе большого числа особей.

В продолжении своих рассуждений Лайнбург приводит примеры: как охотничья собака разыскивает дичь, и как столб дыма от паровоза движется под прямым углом к направлению ветра. Он пишет: «Во время охоты жертва иногда перемещается в поле зрения стрелка, так что ему не трудно обнаружить след преследуемого животного. Нередко можно видеть, что собака бежит параллельно ходу потенциальной жертвы, в ста ярдах или более с [наветренной] стороны от нее (Ibid: 533).

Эти слова Лайнбурга отчасти соответствуют результатам Фризена (Friesen 1973), который обнаружил, что концентрация мобилизованных пчел-рекрутов особенно высока с подветренной стороны от воздушной трассы, проложенной фуражирами (см. главу 8).

В марте 1937 г. Фриш суммировал результаты своих ранних исследований (сказанное им не противоречило модели, предложенной Лайнбургом) на лекции, прочитанной им в Университетском колледже в Лондоне. Текст этой лекции был опубликован в журнале *Science Progress* ([1937]: т. 32. № 125) и через два года перепечатан в США (Frisch 1939). Эту последнюю публикацию, судя по всему, научное сообщество проигнорировало. После того как гипотезу «языка танцев» приняли «на ура», ее процитировала только Росин (Rosin 1980a). Сам Фриш не упоминает ее в своем обзоре 1967 г. (Frisch 1967a). Вклад

Лайнбурга также прошел незамеченным, один лишь Фриш упоминает его статью на страницах 222—223 той же самой своей обзорной работы.

Фриш отозвался о взглядах Лайнбурга пренебрежительно, противопоставив им результаты своих собственных экспериментов, поставленных 17—20 сентября 1944 г. Показательно при этом, что даже перед лицом критикуемых им фактов Фриш не осознал, что его результаты неубедительны по самой своей сути (см. гл. 6). Фриш заблуждался как в отношении значимости запаха, остающегося на теле пчелы, так и полагая, что след, оставленный единственной пчелой, равноценен пахучей трассе, проложенной множеством насекомых.

Очень важно помнить, что многие следовали ранним взглядам Фриша (при поисках источника пищи рекруты пользуются только запаховыми стимулами) вплоть до того момента, как он провозгласил свою революционную гипотезу «языка танцев». На первых страницах этой главы приведен только один пример (цитата из работы Баззарда (Buzzard 1946)), но в то время подобное настроение было всеобщим. В стандартном руководстве для пчеловодов[18] мы находим следующий текст:

> Возникает вопрос, действительно ли пчелы, которые следуют на соте за танцовщицей, летят точно к кормовому растению, или же они блуждают вокруг, пока не найдут его. Мы склоняемся ко второму предположению. В случае роббинга[19] пчелы, следящие за танцовщицей, начинают затем летать вокруг пасеки; они ищут мед у самой земли, инспектируют дома и всевозможные другие объекты, а затем совершают круги все увеличивающегося диаметра, пока желанное сокровище не будет обнаружено (Root et al. 1947: 49).

Последняя фраза, где речь идет о полете все увеличивающимися кругами, очень интересна. Она важна для нашей модели поиска по запаху (см. прил. 11).

[18] The ABC and XYZ of Bee Culture.

[19] Роббинг (англ. robbing, ограбление) — похищение пчелами меда из другого улья.

«Закон» ольфакторного поискового поведения

Один из догматов механистического подхода в изучении поведения животных состоит в том, что поиск по запаху подчиняется физическим закономерностям. Запах, как и свет, распространяется от точки своего возникновения по прямой во всех направлениях. Сами по себе запаховые стимулы могут быть выделены и измерены. Прежде выражения, такие как «положительный фонотаксис» или «отрицательный фонотаксис» использовали, говоря о перемещении животного по направлению к источнику света или прочь от источника звука.

Восприятие запаха имеет совершенно иную природу, чем реакция на свет или звук. Однако мы столкнулись с тем, что физиологи и этологи не поняли нас, когда мы впервые выдвинули нашу гипотезу поиска по запаху в противовес языковой гипотезе Фриша. Мы часто сталкивались с обструкцией во время дискуссий и семинаров. Сторонники гипотезы «языка танцев» заявляли, что пчелы не могут искать пропитание по запаху. Они не допускали мысли, что восприятие тонких запахов с большого расстояния вообще возможно. При этом они исходили, по-видимому, из соображений, согласующихся с принципами диффузионной теории. Согласно ей, концентрация запаха уменьшается как квадрат расстояния от его источника (точно так же, как при распространении света или звука). Если так, то пчелы должны были бы улавливать изменения в концентрации запаха и изменять направление полета в ответ на изменение концентрации соответствующих молекул.

Разумеется, при полном штиле (событие редкое) запах, даже сильный, не может быть использован в пространственной ориентации на больших расстояниях. Диффузия молекул происходит слишком медленно, так что в такой ситуации уловить и использовать запаховый градиент едва ли возможно.

Те, кто отрицает возможность восприятия запаха на большом расстоянии, ошибаются, не принимая в расчет действие ветра. Когда мы выступили с нашей моделью поиска по запаху, наши оппоненты не учли хорошо известное обстоятельство, что запах — это молекулы, распространяющиеся вместе с движением воздуха. Таким образом, они должны быть перенесены током воздуха, прежде чем будут восприняты рецепторами.

После того как это произошло, животное может обнаружить источник запаха, двигаясь против ветра (см, например, Kennedy 1983). Даже при малой турбулентности воздуха (слабый бриз) молекулы перемещаются на значительные расстояния. Нечто подобное имели в виду Батлер, Уилдман и Барроуз, когда говорили о дистантном восприятии запаха. По той же самой причине исследователи-механицисты при описании ориентации по запаху не пользовались подходящим, казалось бы, греческим словом «озо-таксис». При обсуждении направленного движения животных в запаховом поле они применяли термины *анемотаксис* (от греческого слова «ветер) и «реотаксис» (производное от «вода»). Иными словами, подчеркивалось первостепенное значение той физической *среды*, в которой распространяется запах.

Суть дела состоит в том, что наземные животные при поиске источника запаха движутся, как правило, поперек потока воздуха, обычно по зигзагообразной траектории, и постепенно выходят на курс, направленный строго против ветра (Kennedy 1983; см. также прил. 11). Это способ действия можно было бы смело назвать «законом поиска по запаху». Что касается пчел, то они сначала пересекают поток воздуха почти под прямым углом, и, обнаружив струю запаха, все более приближаются к ее середине (где концентрация молекул максимальна), перемещаясь против ветра зигзагами вправо и влево. С приближением к цели струя запаха становится все тоньше, а сила его прогрессивно возрастает, так что отклонения от верного курса прогрессивно уменьшаются (рис. 5.1).

Этот способ действий не ускользнул и от внимания Фриша. Вот что он писал по этому поводу:

> Поведение пчел, ориентированное на привлекательно пахнущий объект (в данном случае кусочек картона, scent card. — *Е. П.*) весьма выразительно. Они неторопливо прилетают сюда, держась низко над землей, против ветра, двигаясь короткими бросками вправо и влево, а затем зависают в воздухе над карточкой... Как правило, вслед за этим пчела садится на нее и бегает взад и вперед, явным образом демонстрируя свой интерес к источнику запаха (Frisch 1967a: 85).

Хотя преобладающая часть более поздних исследований ольфакторного поискового поведения выполнены на ночных бабочках (Carde 1984), выявленные принципы могут быть распространены

на всех животных, ориентирующихся в запаховом поле. Повторим слова этого исследователя, помещенные среди эпиграфов к этой главе:

> Этот основной механизм «дистантной» ориентации во время полета на летучие химические вещества, переносимые ветром, основан на оптомоторной реакции, химически индуцирован и ориентирован в наветренном направлении (*анемотаксис*). Реальность явления обоснована значительным объемом экспериментальных данных и потому оно широко признано в науке (Carde 1984: 111).

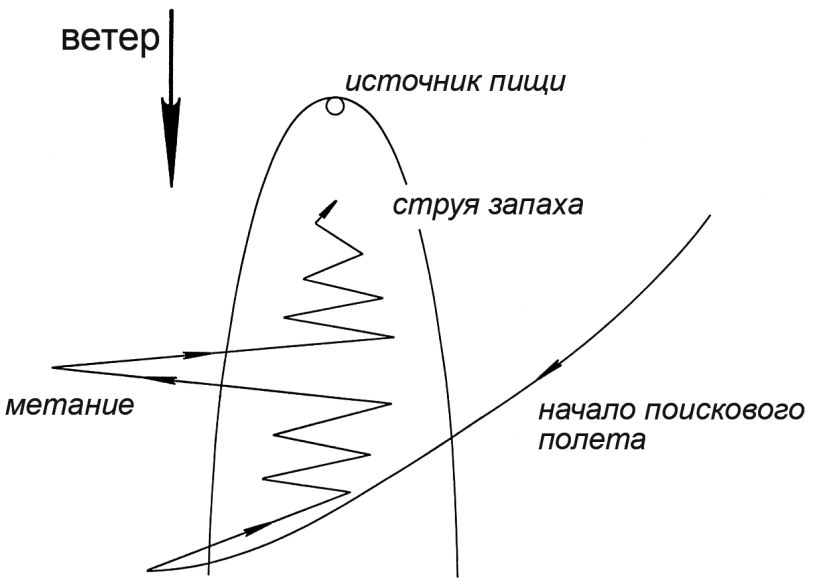


Рис. 5.1. Молекулы вещества, несущие его запах, распространяются по ветру непосредственно над поверхностью земли при слабом его движении. Поскольку направление ветра всегда частично меняется время от времени, струя запаха испытывает колебания (Garde 1984). Оказавшись в этой струе, насекомое, разыскивающее источник пищи по запаху, направляется против ветра по зигзагообразной траектории с небольшой скоростью. Потеряв струю запаха, оно начинает быстро метаться (casting) поперек направления ветра. В результате струя запаха оказывается найденной снова, после чего полет вновь становится зигзагообразным.

Запах как стимул невидимый и не воспринимаемый на слух

Эксперименты, направленные на изучение запаховых стимулов, поставить много труднее чем те, которые помогают исследователю изучать роль оптических или звуковых сигналов животных — мы не можем ни слышать, ни видеть, что происходит. Более того, невозможно как-то зафиксировать разнообразие запаховых стимулов, наподобие того как этолог получает изображение поз животного с использование фото- или видеокамеры или же фонограммы звуков на магнитофон. Если звук слишком слаб или свет недостаточен для восприятия происходящего нашими чувствами, мы можем преодолеть трудности с помощью современных технических средств. То же самое доступно ученому, в случае если частота звуковых колебаний выходит за пределы границ их восприятия человеком (например, запись ультразвуков на магнитофон).

При экспериментальном изучении роли запахов исследователь вынужден полагаться почти исключительно на поведение испытуемого животного. Однако то, что мы видим, может быть истолковано и так, и эдак. Например, то, что считается реакцией пчел на «язык танцев», может быть в действительности ответом на запаховые стимулы: ничто не свидетельствует против такого предположения. Кроме того, человек не в состоянии представить себе, в какой степени запах важен для ориентации пчелы во время полета, точно так же как некоторые из нас не чувствуют вкуса тех химических веществ, которые воспринимаются другими как горечь.

Чувствительность людей к запаху неизмеримо ниже по сравнению с тем, что имеет место у насекомых. По словам специалистов в этой области, «максимальное расстояние коммуникации с помощью запаха у ночных бабочек не поддается воображению» (Carde, Charlton 1984: 245). Ничего похожего мы не находим у людей. На самом деле, человек лишь очень редко пытается найти что-либо по запаху, двигаясь навстречу движению воздуха. Прочие млекопитающие, например, собака, во многом превосходят нас в этом отношении.

Способность к полету благоприятствует ориентации по запаху. При быстром полете поперек ветра («casting») насекомое «берет пробу» смеси запахов, поступающей из обширного фрагмента пространства с наветренной стороны, после чего устремляется против ветра (рис. 5.1). Для изменения направления полета достаточно присут-

ствия в воздухе даже небольшого количества молекул искомого вещества. Наиболее благоприятен для такого рода маневров относительно слабый ветер.

Об уточнении курса следования с использованием полета по зигзагообразной траектории было уже сказано выше. Если насекомое во время такого полета вдруг оказалось вне струи запаха, оно вновь прибегает к маневру кастинга. Это позволяет вернуться в полосу запаха и следовать дальше к цели внутри нее (см. Kennedy 1983).

Для понимания механизма мобилизации у пчел рассмотрим еще два тактических приема. Это, во-первых, «ориентировочные полеты» кругами, выполняемые пчелой сразу после того, как она покинула улей (о них упоминалось ранее). Другой прием состоит в том, что насекомое, потерявшее пахучий след, взлетает вертикально вверх, после чего снова снижается, что позволяет ему лететь некоторое время не против ветра, а вместе с ним. Все эти четыре способа действий (полет зигзагами, кастинг, кружение около улья с целью сориентироваться, и выполнение вертикальной петли с последующим полетом по ветру) хорошо согласуются с нашей моделью поиска по запаху и в этом плане заслуживают особого внимания (см. прил. 11).

Наше утверждение, что при поиске источника пищи пчелы пользуются только запахом, нередко пытались опровергнуть, говоря, что оно не следует из анализа экспериментальных данных. Наши оппоненты указывали при этом, что, согласно нашему выводу, пчелы при ориентации не использовали запах, *привнесенный экспериментатором*. Следовательно, продолжали они, пчелы пользовались языком танцев. Такая линия оставляет без внимания предположение, что насекомые при поисках пропитания использовали *другой* запах, а не тот, который был составной частью эксперимента.

В действительности, запахи корма как такового, преобладающего в данной точке пространства и в улье, могут влиять по-разному на поведение пчелы в ее поисках источника питания (см. гл. 8 и Wenner 1974). Результаты экспериментов удается с легкостью менять (в воспроизводимых их сериях) путем направленных качественных и количественных изменений запахов корма или места, где тот находится. В противоположность этому, контроль за посторонними средовыми запахами — дело весьма трудное, как и оценка важности их влияния на процесс рекрутирования. Такие посторонние запахи способны серьезно изменить результаты эксперимента (Wenner 1974).

Необходимо также проводить строгое различие между регулярно функционирующими фуражирами (опытными пчелами) и рекрутами, разыскивающими источники корма (пчелы-новички). Фриш не учел это обстоятельство как при работе над своим классическим трудом (Frisch 1950), так и в интерпретации результатов своих многих ранних опытов, направленных на верификацию гипотезы «языка танцев» (Frisch 1947; см. также Wenner 1971a; Gould 1976; и ниже). Каждый пример, приводимый в книге Фриша 1950 г. в качестве доказательства этой гипотезы, может быть интерпретирован как довод в пользу коммуникации, основанной на условных рефлексах (Johnson, Wenner 1966; см. также гл. 7).

Данные по запаховой ориентации пчел-рекрутов

Здесь мы суммируем обширные материалы, касающиеся процесса рекрутирования у медоносных пчел, и попытаемся интерпретировать эти данные не с позиций гипотезы «языка танцев», а в терминах обоняния и научения. Задача состоит в том, чтобы показать на каких основаниях мы пересмотрели прежнюю модель ольфакторного поискового поведения пчел и предложили ее новую версию. Все это будет изложено в деталях в главах с седьмой по десятую.

Пчелы, обладающие индивидуальным опытом в поисках пропитания

Каждый день опытная пчела-фуражир, которая собирала нектар накануне, время от времени покидает улей, чтобы обследовать местность и посетить те источники пропитания, где она успешно собирала нектар и пыльцу до этого. Особое чувство времени может определять время вылета за взятком, но в целом для процесса мобилизации этот фактор не существенен (см. гл. 7).

С успехом посетив цветы, на которых именно в этот день появился нектар, первый нагруженный им фуражир возвращается в улей. На этот раз пчела, как правило, не танцует; она сделает это только после нескольких следующих экскурсий. Мобилизация других фуражиров, тем не менее, происходит, но по принципу условного рефлекса (гл. 7). Фуражиры, которые ранее успешно собирали взяток в *каком-то конкретном* месте, а сейчас находятся в улье, почувствовав знакомый

запах, сразу же покидают жилище и устремляются туда, где успешно кормились накануне. При этом неважно, то ли это место, откуда сейчас прилетел первый фуражир со взятком, или какое-либо другое (Johnson, Wenner 1966; Wells, Wenner, 1971; Wells 1973). Все эти мобилизованные фуражиры летят к месту кормежки кратчайшим путем (знаменитая «beeline»), используя для ориентации заметные особенности местности.

Коммуникация по принципу условного рефлекса опровергает мнение, будто пчелы пользуются «языком». Прямолинейность полета «на цель» тех фуражиров, кто оказался мобилизованным на простой запаховый стимул, недвусмысленно соответствует тому, что считали следствием их реакции на «языковые» инструкции. Итоговый результат этого типа условнорефлекторных реакций выражается в логарифмическом нарастании числа мобилизованных фуражиров, даже в отсутствие танцев в улье (см. гл. 7). Из стандартного улья сотни или даже тысячи фуражиров могут быть быстро мобилизованы на полеты во всех направлениях и на все расстояния, как только несколько опытных фуражиров прилетят в улей с хорошей добычей в начале дня.

Множество опубликованных данных в большей степени соответствуют картине такого рефлекторно обусловленного поведения, чем картине коммуникации посредством «языка танцев». Вспомним еще раз слова Шпитцнера:

> Когда пчела нашла богатый источник меда, вернувшись домой она ... вальсирует кругами, несомненно для того, чтобы те заметили запах меда, принесенного ею на себе. Когда же она вылетает снова наружу, другие сразу же следуют за ней толпой (цит. по: Ribbands 1953: 147).

И Риббандс, и Фриш (1967a) приводят этот отрывок как пример мобилизации посредством «языка танцев». Между тем слова Шпитцнера явным образом свидетельствуют о том, что единственным стимулом для рекрутов был именно запах.

Из всего сказанного совершенно ясно (и станет еще очевиднее после прочтения гл. 7), что нет *никакой необходимости* апеллировать к гипотезе «языка танцев», чтобы объяснить суть процесса мобилизации *опытных* фуражиров на посещение тех источников пищи, которые они с успехом использовали ранее. Этот механизм «коммуникации посредством условных рефлексов» был в действительности

описан самим Фришем, который, очевидно, не смог адекватным образом оценить следующий свой вывод: «Отсюда следует, что информация может быть передана от вернувшейся пчелы другим одними лишь их соприкосновениями, без необходимости какого-либо танца» (Frisch 1947: 13; см. также гл. 7 этой книги).

Позже то же самое заметил Риббандс, который писал: «одно только присутствие в улье запаха, на который пчелы натренированы, без какого-либо угощения друг друга и танцев, может поощрить тех, кто хорошо знаком с соответствующим растением (crop-attached) вылетать на сбор взятка с его цветов» (Ribbands 1954: 13).

Никто из ученых, однако, не проверил в дальнейшем эту позицию, альтернативную гипотезе «языка танцев» (возможность мобилизации рекрутов на запах, закрепленный в качестве условного рефлекса). Это пришлось сделать нам в середине 1960-х гг., когда мы обратились к изучению этого поведения и пришли к изложенным здесь выводам (см. гл. 7).

Неопытные пчелы (рекруты)

Когда поборники гипотезы «языка танцев» интерпретируют результаты своих экспериментов, они полагаются в основном на данные, верифицирующие гипотезу. Соответственно, они фокусируют внимание на факте «успешности» рекрутов, даже несмотря на то, что процент таких пчел, прилетающих в «правильное» место, всегда очень низок (см, например, Gould et al. 1970 и прил. 13).

Экспериментальные результаты приверженцев гипотезы «языка танцев» и наши собственные дают развернутую картину поискового поведения неопытных рекрутов. В то время как наши оппоненты уделяли обсуждению таких данных мало внимания (поскольку вопрос казался им второстепенным), мы рассматриваем их как твердую основу для нашей модели мобилизации по запаху (см. прил. 11). Далее мы суммируем и интерпретируем некоторые относящиеся сюда материалы, которые с очевидностью. указывают, что рекруты должны старательно разыскивать источники того запаха, который приносят в улей фуражиры.

1. *Дистантное восприятие запаха, поступающего от источника пищи*. Каждый, кто готов верить своим глазам, согласится с тем, что рекруты, появляющиеся в местах кормления на лугу или в лесу, всегда прилетают с наветренной стороны. Приверженцы гипотезы «язы-

ка танцев» утверждают, что рекруты не приступают к поиску «цели», пока не получат информацию о направлении и дистанции. Однако если смотреть в бинокль в сторону улья (куда в данный момент дует ветер) с места кормления пчел, можно хорошо видеть, что рекруты движутся по направлению к вам типичным зигзагообразным поисковым полетом против ветра. Это происходит даже тогда, когда они находятся далеко от места, которое, как предполагается, указано им танцем.

Более того, можно изменить направление передвижения рекрутов, если во время их полета по ветру поместить источник пищи, на запах которой они натренированы, в другое место (Wenner 1971a; см. гл. 8). Этот факт, вместе с данными полевых исследований Фризена (1973), показывает, что активность группы (pool) рекрутов, занятых поисками, концентрируется в направлении по ветру от прямолинейных маршрутов опытных фуражиров (Wenner 1974).

2. *Зависимость от запаха*. Как указывал Аристотель и специально подчеркнул Батлер (Butler 1609/1969), запах играет огромную роль в жизни пчел. Это, в частности, запах источника пищи, на который ориентируют свои поиски рекруты (Frisch 1915; см. также главу 8). В последующей активности по сбору взятка они сохраняют приверженность запаху, на который были рекрутированы впервые, а также (вероятно) — зрительному образу данного кормового растения (см., например, Wells, Wells, Smith 1983; Wells, Wells 1983, 1985, 1986).

Если устранить все запаховые стимулы, рекруты не смогут найти место, которое до того посещали фуражиры (Wenner, Wells, Johnson 1969; Wells, Wenner 1971; Friesen 1973). К тому же, рекруты, присутствующие при дезориентирующем танце (то есть, лишенном предполагаемой информации о направлении), оказываются способными найти «нужное» (в плане запаха) место на кормовом участке (Wells, Wenner 1973).

И наоборот, после перехода к использованию в опытах в качестве приманки сахарозы, не имеющей запаха, рекруты оказались не в состоянии найти ее (см. таблицу 3 в работе: Gould et al. 1970).

3. *Неэффективность рекрутирования.* Даже при самых лучших условиях поисковое поведение рекрутов весьма несовершенно. Большинство их не в состоянии найти места, посещаемые фуражирами (Esch, Bastian 1970; Gould et al. 1970; Johnson, Wenner 1970; см. также приложение 13). Что касается тех из них, которые все же

находят искомое, успеху предшествует несколько «пустых» заходов (Esch, Bastian 1970; Gould et al. 1970; Friesen 1973).

4. *Время в полете*. Большинство рекрутов затрачивают на полет «к цели» во много раз больше времени, чем требуется в случае движения по прямой от улья (Esch, Bastian 1970; Gould et al. 1970; Friesen 1973; см. также прил. 13).

При повторных экскурсиях те рекруты, которые в конце концов добиваются успеха, очевидно обшаривают за это избыточное время весьма обширную местность, прежде чем (и/или *если)* они находят место, посещаемое фуражирами. Эти данные совместимы с ранними утверждениями Фриша (Frisch 1939), сделанными им до провозглашения в 1945 г. гипотезы «языка танцев» (Frisch 1947), но не согласуются с ее неявными исходными предсказаниями.

5. *Рекрутирование как популяционный феномен.* Приверженцы гипотезы «языка танцев» фокусируют внимание на отношениях между фуражирами и рекрутами, рассматривая взаимодействия индивидов (наподобие общения между людьми; см. Rosin 1978). При таком подходе считается, что каждый рекрут получает инструкцию из танцевальных маневров фуражира и летит сам по себе к точно указанному источнику пищи.

В наших опытах мы либо уничтожали рекрутов, прилетевших на экспериментальную прикормку, либо изолировали их, так что они не могли мобилизовывать других. Оказалось, что рекруты начинают прилетать сюда в сколько-нибудь значительном числе почти через час после того, как место становится регулярно посещаемым фуражирами (Wenner, Wells, Johnson 1969; Friesen 1973). К тому же, частота прилета рекрутов на кормушку не постоянна во времени (как следовало бы ожидать при устойчивости перемещений одного и того же числа фуражиров между ней и ульем), что противоречит предсказаниям гипотезы «языка танцев».

Вместо этого число прилетающих фуражиров *на единицу времени* устойчиво возрастает по ходу эксперимента (рис. 1 в работе: Wenner, Wells, Johnson 1969). Данные, полученые Фризеном (Friesen 1973), свидетельствуют о том, что такое нарастание успеха рекрутов есть результат кумулятивного эффекта активности фуражиров, а не взаимодейсвий *tet-a-tet* фуражиров и рекрутов. Очевидно также, что рекруты так или иначе взаимодействуют между собой как во время своих эксурсий, так и в улье (Wells, Wenner 1971; Friesen 1973).

К тому же, данные о прилете рекрутов в несколько прикормочных мест часто укладываются в предсказания математической модели (биноминальное распределение), так что число рекрутов, прилетающих в данное место, обратно пропорционально его расстоянию от геометрического центра для прикормочных площадок (Johnson 1967a; Wenner 1967; Johnson, Wenner 1970; Gould 1975a). И, наконец, время поиска для выборки успешных рекрутов почти точно соответствует логнормальному распределению (см. также прил. 13), что полностью противоречит гипотезе «языка танцев».

Все сказанное позволяет интерпретировать процесс рекрутирования, в соответствии с принципом парсимонии, как феномен популяционный (Wenner 1974). В результате мы вновь обнаруживаем существование двух противостоящих друг другу парадигм (Rosin 1978). Те, кто при изучении насекомых расценивают происходящее как следствие парных взаимодействий между индивидами, не отдают себе отчета в важности математических моделей в применении к поисковому поведению *популяции* пчел. Все их внимание сконцентрировано на взаимодействиях между особями в улье.

6. *Зависимость успешности поиска от запаха, а не от танцев или функционирования запаховой железы*. Наконец, наиболее неожиданным оказалось то, что успех рекрутов при поисках мест прикормки не зависит, по-видимому, от уровня секреции запаховой железы Насонова у фуражиров во время их пребывания на кормовых блюдечках. Не зависит он также и от частоты воспроизведения танцев в улье (Wells, Wenner 1971; см. также прил. 10).

Таким образом, состав запаха и его концентрация в месте сбора взятка представляется нам главным (если не единственным) фактором, ответственным за успех рекрутирования. Как именно сказанное может стать важной составной частью модели поиска по запаху? Ответ на этот вопрос дан в прил. 11.

Исследовательские проекты в науке во многом подобны задаче раскрытия преступления и наказания преступника. Многочисленные и разнородные свидетельства («улики») выстраиваются наподобие кусочков мозаики таким образом, чтобы они пришли в соответствие с той или иной интерпретацией. Защита обвиняемого собирает материалы противоположного характера (в частности, свидетельствующие о его алиби), стремясь противостоять построениям обвинителя. Когда та и другая сторона приводят свои доводы, решение остается за присяжными.

В этой главе мы предоставили читателю сведения вводного характера, касающиеся модели поиска по запаху, которую мы намерены отстаивать в дальнейшем. Речь шла о поведении пчел в процессе мобилизации на взяток рекрутов, не имеющих предварительного опыта в поисках источников пищи. В следующей главе мы суммируем все, что известно относительно гипотезы «языка танцев» Фриша. Мы рассмотрим также кое-что, касающееся происходившего «за сценой», в научном сообществе в начальный этап одобрения им этой гипотезы. В последующих главах мы предоставим читателю часть тех сведений которые легли в основу нашей модели мобилизации пчел на взяток.

6

Парадигма языка танцев: развитие идей и их одобрение научным сообществом

Первоначально казавшееся ложным, это предположение все же вывело нас на верную дорогу... Эта смелая гипотеза была правильной!

— Карл фон Фриш (Frisch 1947: 6)

Результаты, изложенные в этой работе, столь поразительны, что только после разнообразных и многократно повторенных экспериментов я смог убедить себя в правильности наблюдений.

— Карл фон Фриш (Frisch 1947: 7)

Критическая рефлексия и контрольные эксперименты очень быстро погасили радость открытия, согласно которому пчелы могли бы быть способны транслировать друг другу информацию о расстоянии до мест их кормления.

— Карл фон Фриш (Frisch 1947: 8)

Таким образом, я рассматривал идею, что пчелы могут сообщать друг другу сведения о расстоянии, только как прекрасный сон — не зная в то время, что они указывают также и направление, чтобы те, кого информируют, не обращали внимания на другие возможные места кормежки... Затем я открыл улей, почти не надеясь, что человеческий глаз в состоянии обнаружить разницу между танцами «ближних» и «дальних» пчел.

— Карл фон Фриш (Frisch 1947: 10)

Как мы уже неоднократно повторяли, гипотеза «языка танцев» Фриша подобно шторму пронеслась по миру, покорив умы читающей публики, сразу же после первых упоминаний о ней в 1944 г. Перемена взглядов научного сообщества произошла за удивительно короткое время, вопреки тому факту, что никто не сделал попытки строго проверить новую гипотезу. Между тем, сами эксперименты Фриша никак не контролировались им на соответствие представлениям о поиске по запаху, которые он сам отстаивал ранее (Frisch 1939; см. также гл. 7—10).

Die «sprache» der Bienen (Речь пчел)

Впервые Фриш осознал возможность своей трактовки танцевальных маневров у пчел в экспериментах, которые он проводил в 1920-х гг. Затем он провел различие между «круговым танцем» (адресован сборщицам нектара) и тем, что выполняется «по траектории в виде цифры 8» (для сборщиц пыльцы). Оба танца выполнялись успешными фуражирами после их возвращения в улей. В дальнейшем он так суммировал эти результаты:

> В моих предыдущих исследованиях относительно «языка» пчел (1923) я выяснил следующее: когда пчела обнаружила источник нектара, ... она информирует партнеров по улью о своей находке, совершая после возвращения в него круговой танец на соте... Сборщица пыльцы также танцует по возвращении, если нашла богатые его запасы. Этот танец я обозначил как «виляющий». В более поздней части работы, проделанной вместе с Рошем (Rosch) и опубликованной в 1926 году, мы задались вопросом, действительно ли круговой и виляющий танцы могут быть двумя различными «словами» в языке пчел, так что одно обозначает призыв собирать нектар, а другое — пыльцу, и действительно ли их понимают в этом смысле партнеры по улью (Frisch 1947: 5).

Позже Хенкель (Henkel 1938, цитировано Фришем Frisch 1947: 5) заметил, что фуражир, посетивший естественный источник нектара, иногда выполняет виляющий танец «не отличимый по форме от того, что исполняет сборщица пыльцы» (Frisch 1947). Тогда Фриш решил, что круговой танец, наблюдавшийся им ранее, следует только после посещения фуражиром чрезвычайно богатого источника пищи (например, с высокой концентрацией сахара). Возникшее противоречие

Фриш примирил в уме в типичной манере школы реализма: «Но при дальнейших наблюдениях (1942) я увидел круговой танец в исполнении пчел, которые брали взяток на лугах, а виляющий танец у тех, что собирали пыльцу; таким путем я подтвердил свое прежнее заключение» (Frisch 1947: 5).

Некоторое время спустя Фриш понял, что разграничение между круговым и виляющим танцами, сделанное им ранее, было артефактом экспериментальной процедуры, «Я обнаружил, — пишет он, — серьезную ошибку в предыдущих интерпретациях моих наблюдений. Я признал это сразу же... Две формы танца в действительности указывают на разные расстояния до источника пищи. Я сделал эту ошибку, поскольку всегда держал сахарную воду и нектар около улья» (Frisch 1947: 5).

Хотя Фриш использовал в своих ранних публикациях слово «речь» (*Sprache*), сейчас совершенно ясно, что его оппозиция «нектар-танец»/«пыльца-танец» как разные сигналы при мобилизации пчел, даже если бы здесь была доля истины, представляли собой не что иное как две разные реакции на разные стимулы (different forms of a stimulus-response situation). Сегодня лингвисты не стали бы рассматривать подобные высказывания Фриша как свидетельства в пользу использования «языка» пчелами. Более того, в конце 1930-х гг. сам Фриш настаивал на том, что пчелы разыскивают нектар исключительно по запаху (Frisch 1939).

Предполагаемая аттрактивность запаховой железы

В ранний период своих исследований в 1920-х гг. Фриш выдвинул и другую гипотезу, предполагавшую аттрактивный эффект секрета запаховой железы Насонова. Пока рабочая пчела поглощает раствор сахара из прикормочного блюдечка, выходное отверстие этой железы, находящейся ближе к концу ее брюшка, нередко приоткрывается и из него выделяется капля секрета. При посещении пчелами цветов этого не происходит.

В очень небольшой серии экспериментов тех лет Фриш установил, что кормушка, где фуражиры обнажали железу Насонова, привлекает больше рекрутов чем на те, где железы прилетающих сюда фуражиров

были искусственно покрыты шеллаком[20]. Проверка этих результатов была проведена (но только на их верификацию, в традициях школы реализма), после чего Фриш заключил, что секрет железы привлекает фуражиров, занятых поисками пропитания.

В экспериментах, поставленных в середине 1940-х гг., когда Фриш «декодировал» движения танца, он получил данные, противоречащие этой гипотезе о роли железы Насонова (Wenner 1971a): рекруты в больших количествах появлялись там, куда летали фуражиры с заклеенной органическим клеем железой, нежели в местах, посещаемых пчелами с интактной железой (см. прил. 10). И хотя Фриш заметил это противоречие, но игнорировал его важность, как это видно из следующего отрывка:

> Хотя нет никаких сомнений в аттрактивной функции запахового органа (см. Frisch 1923: 155), что было подтверждено опытами, в суть которых я не хочу вдаваться, сейчас стало ясно, что другие факторы могут действовать как указатели направления на больших расстояниях (Frisch 1947: 22).

Важное обстоятельство, вытекающее из сказанного здесь нами, — это допустимость имплицитного (не осознанного и не сформулированного однозначным образом) хода мысли в рамках принципа верификации результатов. Начальные эксперименты позволяют высказать гипотезу, опыты продолжаются, чтобы подтвердить ее, и выводится заключение, служащее основой для дальнейших действий в том же духе. Истинный тест для проверки гипотезы (попытка ее фальсифицировать в соответствии с рекомендациями Поппера — см., в частности, гл. 2 этой книги) не только не применяется, но даже не рассматривается как необходимый. Кроме того, если в очередной серии экспериментов в пользу гипотезы получены «лучшие» данные, это воспринимается как свидетельство того, что ранние опыты имели некоторый дефект.

[20] Шеллак — природная смола, вырабатываемая насекомыми лаковыми червецами (*Laccifer lacca*), паразитирующими на некоторых тропических и субтропических деревьях в Индии и странах Юго-Восточной Азии (прим. редактора русского издания).

Декодирование «языка танцев»: формализация гипотезы

Как было сказано в главе 4, при попытках оценить весомость гипотезы «языка танцев» следует найти ответы на три вопроса:

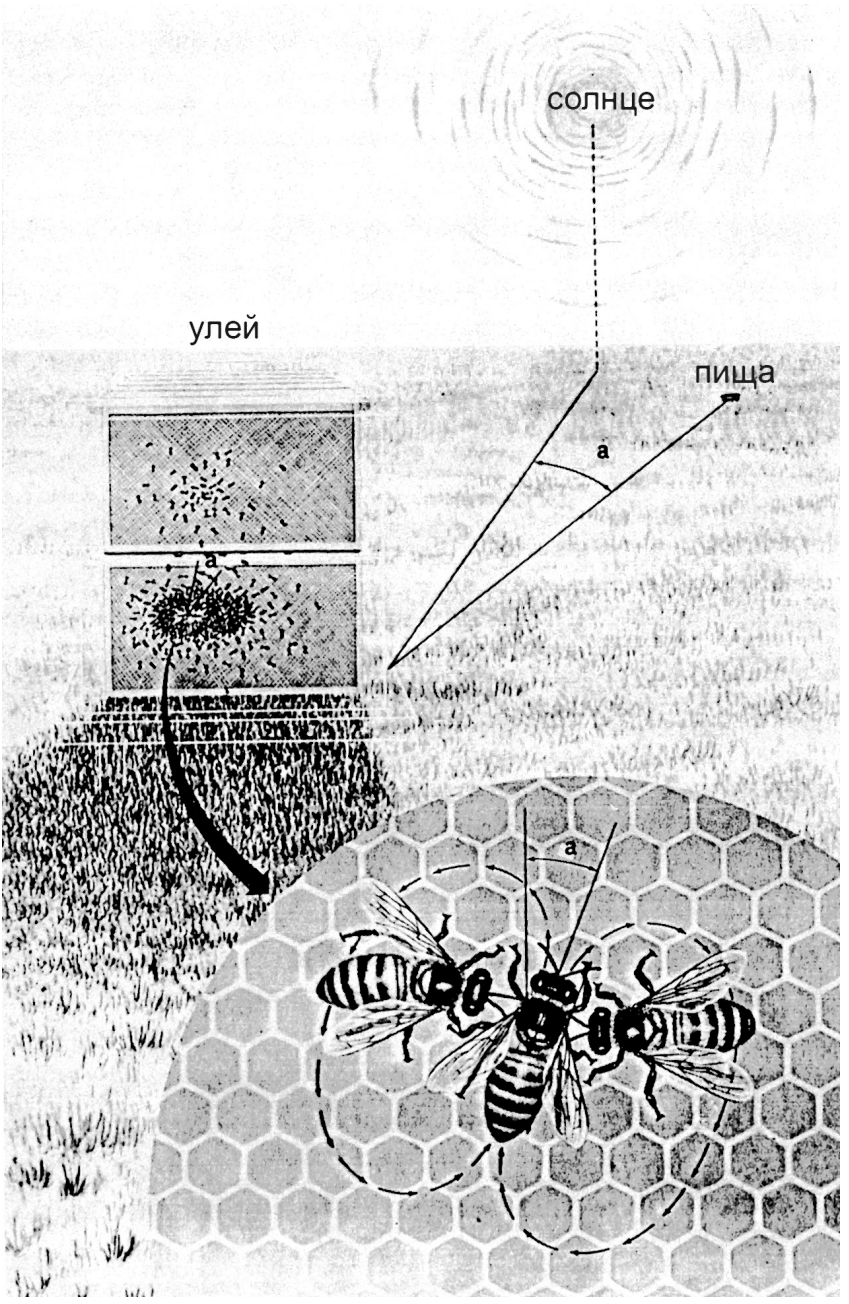
1. Действительно ли маневры танцующей пчелы содержат информацию о направлении на источник пищи и о расстоянии до него?
2. Действительно ли пчелы прилетают в то самое место, где собирал взяток фуражир, с которым они ранее взаимодействовали в улье?
3. Действительно ли рекруты *используют* информацию о направлении и расстоянии, содержащуюся в танце, и летят *напрямик* к указанному им источнику пищи?

Ответ на первый вопрос совершенно очевиден. Танцевальные маневры действительно содержат информацию о направлении и расстоянии (см. рис. 6.1). Танцующая пчела, виляя брюшком, движется по поверхности сота в строго определенном направлении. Угол между ним и верхом сота коррелирует с направлением на использованный источник пищи относительно направления на солнце в данный момент.

Несколько элементов танца коррелируют также и с расстоянием, которое пчела пролетела, прежде чем приступить к нему. Иными словами, выявилось немало корреляций между элементами танца и средовыми факторами (Wenner, Wells, Rohlf 1967).

Первоначально Фриш обнаружил обратную корреляцию между частотой прямолинейных пробегов в танце и расстоянием до источника пищи (чем больше пробегов с виляние брюшка, тем он ближе). Он писал: «расстояние указывается очень точно числом поворотов в ходе виляющего танца за данный промежуток времени» (Frisch 1950: 72).

Рис. 6.1. Успешный фуражир, вернувшись в улей со взятком, проделывает виляющий танец на поверхности сота. Продолжительность прямолинейного пробега коррелирует с расстоянием до источника пищи. Угол наклона линии прямолинейного пробега относительно верхнего обреза сота коррелирует с углом между направлением на источник пищи и на точку горизонта, над которой находится солнце. Потенциальные рекруты чаще всего располагаются под прямым углом к танцовщице.


солнце
улей
пища
a
a
a

Позже он и Яндер (Frisch, Jander 1957) сообщили о положительной корреляции между длительностью времени, затраченного на виляющие движения (прямолинейный пробег), и расстоянием от улья до корма. Еще позже один из нас (Wenner 1962) обнаружил еще одну корреляцию: продолжительность звуковых сигналов в каждом цикле танца коррелирует с тем же расстоянием (см. гл. 7).

Что касается ответов на второй и третий вопросы, то именно они послужили причиной возникшего противостояния, поскольку здесь все далеко не столь очевидно. Подход Фриша к этим двум вопросам основан на взглядах Карнапа (принцип верификации), что ясно отражено в тексте английского перевода его работы 1946 г. (в *Osterreichische Zoologische Zeitschrift*), сделанного Торпом в 1947 г.

Один большой раздел этой статьи (Раздел 3) посвящен рассмотрению данных в пользу транслирования информации о расстоянии, а другой, тоже весьма обширный (Раздел 4), — содержит доводы, подтверждающие тезис о возможности пчел сообщать партнерам сведения о направлении на источник пищи. Те стороны проблемы, которые не укладывались в высказанные положения, либо вообще не включены в обзор, либо не акцентируются.

Так или иначе, различие между первым нашим вопросом и двумя другими не обсуждается в тексте этого оригинального, ставшего классическим, описания Фришем его гипотезы. Иными словами, этот очерк скорее чисто описательный, чем излагающий саму суть проблемы в строгой и сжатой форме. Вот наши комментарии по этому поводу.

Каждый из двух упомянутых разделов своей статьи Фриш начинает изложением экспериментальных результатов касательно мест пребывания пчел в процессе поиска ими цели (данные, относящиеся к нашему вопросу 2). В каждом из этих разделов Фриш описывает процедуры, посредством которых он выявил корреляции между элементами танца, с одной стороны, и направлением полета опытных фуражиров и преодоленным ими расстоянием, с другой (данные, касающиеся нашего вопроса 1). Иными словами, он документирует факт, что конфигурация танца меняется предсказуемым образом как функция направления и расстояния от улья до источника пищи.

Эти результаты Фриша имеют прямое отношение и к нашему вопросу 2 и возможному ответу на него. Действительно ли пчелы заканчивают полет к цели в том месте (или поблизости от него), которое до этого посетил успешный фуражир? Ответ может быть следующий: да, из приведенных данных очевидно, что пчелы *часто* прилетают в

такое место или приземляются неподалеку от него. Несмотря на это, результаты ранних опытов Фриша, оказываются неубедительными (см. ниже). Мы рассмотрим проведенные им исследования двух факторов — направления на цель и расстояние до нее — независимо друг от друга.

Эксперименты, касающиеся вопроса о расстоянии

В анализируемой статье Фриш, помимо результатов, подтверждающих факт присутствия в танце информации о расстоянии, приводит также данные, полученные в экспериментах двух типов, поставленных, чтобы выяснить, как эта информация используется адресатами сообщения (тема, значимая в контексте наших вопросов 2 и 3).

В первой серии из четырех опытов, показанных на рис. 1—4 этой статьи, только что рекрутированные (newly recruited) пчелы чаще прилетали в контрольный пункт (test station), находившийся на таком же расстоянии от улья, что и место прикормки (feeding station), чем в другой контрольный пункт, на другом расстоянии от улья (табл. 6.1). На первый взгляд, судя по этим результатам, может показаться, что «успешность» прилетов следует оценить как сравнительно высокую: кажется, что пчелы, действительно чаще прилетали в контрольный пункт, находящийся на том же расстоянии, что и место прикормки.

Фриш не приводит сведений ни о погоде (движении воздуха), ни о числе прилетов пчел на само место прикормки. Он так повествует о случившемся на следующий день после постановки первого из этих опытов:

> Мы получили похожие результаты, когда повторили эксперимент на следующий день с небольшим изменениями параметров направления и расстояния. На месте прикормки в 15 м от улья — 49 новых пришельцев. На месте наблюдений (то же самое расстояние) — 267 визитов. На месте наблюдений в 140 м от улья — 8 визитов (Frisch 1947: 8).

Этот результат удивителен. На самом месте прикормки должно было бы появиться больше рекрутов, чем на приманке, удаленной на такое же расстояние от улья! Сам Фриш почувствовал, что здесь не все в порядке, Это следует из его комментария на той же странице:

> Не могла ли активность запахового органа пчел быть единственным фактором, который привел к этому избытку новых пришельцев на месте наблюдений, расположенном недалеко от места прикормки? Но если решающим фактором была железа, большинству пришельцев следовало оказаться на самом месте прикормки — хотя, *как правило, это было не так* (Frisch 1947: 8 — курсив наш).

Наблюдение, согласно которому больше рекрутов прилетели не в то место, где функционировали запаховые железы, явно противоречит прежним заявлениям Фриша (Frisch 1923) о предполагаемой аттрактивности железы Насонова (см. выше и прил. 10). В экспериментах, на которых основывалось это мнение, в десять раз больше пчел прилетели в место, где железы фуражиров оставались интактными, чем туда, где их блокировали шеллаком.

Во-вторых, прилет большего числа новых пришельцев в пункт тестирования, нежели в само место прикормки (90 и 100 метров от

Таблица 6.1. Результаты, полученные Фришем в серии из 5 экспериментов для сравнения числа прилетов рекрутов на место прикормки фуражиров и на две контрольные кормушки (из: Von Frisch 1947, рис. 1—4).

Дата	Расстояние от улья до места прикормки	Прилеты рекрутов	Контрольная кормушка № 1	Прилеты рекрутов	Контрольная кормушка № 2	Прилеты рекрутов
11 авг.	10	?	10	340	150	8
11 авг.*	15	49	10	267	140	8
12 авг.	150	?	15	29	140**	38
13 авг.	300	?	15	8	300***	61
14 авг.	10	?	10	174	300	12

* По данным из текста той же самой статьи Фриша (эксперимент 5).

** Контрольная кормушка на расстоянии 90 м в сторону от места прикормки и на таком же расстоянии от улья.

*** Контрольная кормушка на расстоянии 100 м в сторону от места прикормки и на таком же расстоянии от улья.

улья в экспериментах № 174 и 175), говорит о том, что пчелам не удалось найти направление к цели, якобы указанной им танцевальными маневрами (Джеймс Гулд похоже столкнулся с той же дилеммой; см. гл. 13 нашей книги).

Результаты тех экспериментов Фриша, в которых он исследовал проблему расстояния, суммированы им в таблицах 1 и 2. Анализ этих данных приводит к четкому выводу, что все они относятся к пчелам, *обладавшим индивидуальным опытом.* Это значит, что они ранее уже посещали обе точки, «конкурирующие» в опыте, и были рекрутированы в очередной раз (re-recruited) на посещение тех мест, где до этого с успехом кормились (см. гл. 7).

Эксперименты, касающиеся вопроса о расстоянии

Здесь мы рассмотрим опыты Фриша, описанные в разделе 4 его статьи, где обсуждается вопрос о возможности существования информации о *направлении* на источник пищи. Опыты были поставлены им с целью выяснить, действительно ли пчелы могут *использовать* эту информацию. Иными словами, действительно ли рекруты чаще прилетают в контрольную точку, локализованную в том направлении, откуда возвращаются в улей успешные фуражиры. Фриш приводит результаты трех экспериментов (№№ 180, 181 и 182, поставленных, соответственно, 16, 17 и 18 августа 1944) и прилагает схемы расположения улья, места прикормки и контрольных точек относительно друг друга (рис. 6.2А, Б и В).

Результаты, показанные на этих схемах, особенно на рис. 6.2А, могут быть интерпретированы как говорящие в пользу выводов Фриша. Он утверждал, что рекрутированные пчелы перемещались в том самом направлении, которое диктовали им движения танца. Однако более внимательный анализ двух других рисунков показывает, что пчелы не смогли при этом использовать информацию о расстоянии, содержавшуюся в танцах. Например, из рис. 6.2Б следует, что максимальное число пчел (132) оказалось в контрольном пункте, расположенном почти вдвое дальше от улья по сравнению с местом прикормки. Пчел было более чем втрое меньше (41) в точке контроля, находившейся на том же расстоянии от улья, что и место прикормки.

Еще в большей степени противоречат предсказаниям гипотезы Фриша данные, представленные на рис. 6.2В. Мы видим, что в точке

контроля, расположенной на полпути к месту прикормки, появилось намного больше пчел (109), чем в самом этом месте (64), хотя информация о расстоянии, как предполагалось, относилась именно к этому последнему пункту. Это еще один негативный результат, противоречащий этой части гипотезы Фриша.

Очевидно также, что 107 прилетов в контрольную точку, расположенную левее (в 100 м) места прикормки, почти вдвое превышает число пчел (64) прилетевших в это место, куда большинство пчел должно было бы прилететь, если бы они использовали информация о *расстоянии*. Фактически, в этом эксперименте менее четверти учтенных пчел оказались в том месте, которое было «указано» танцем.

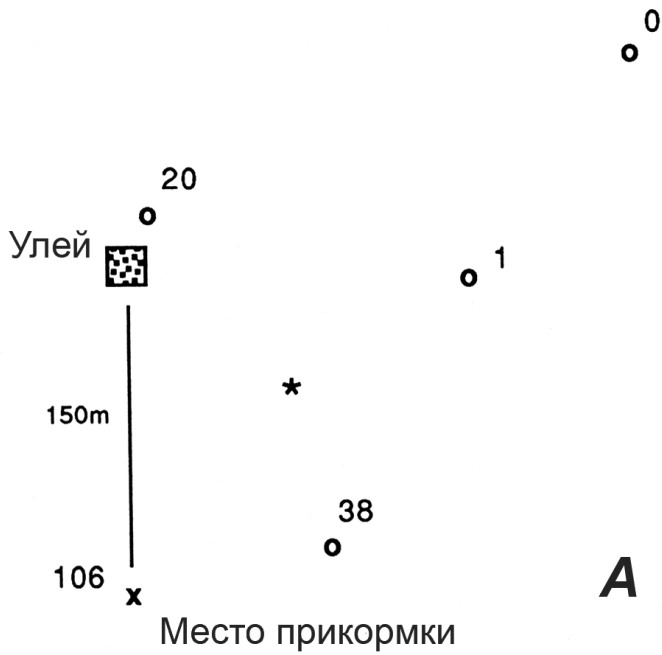
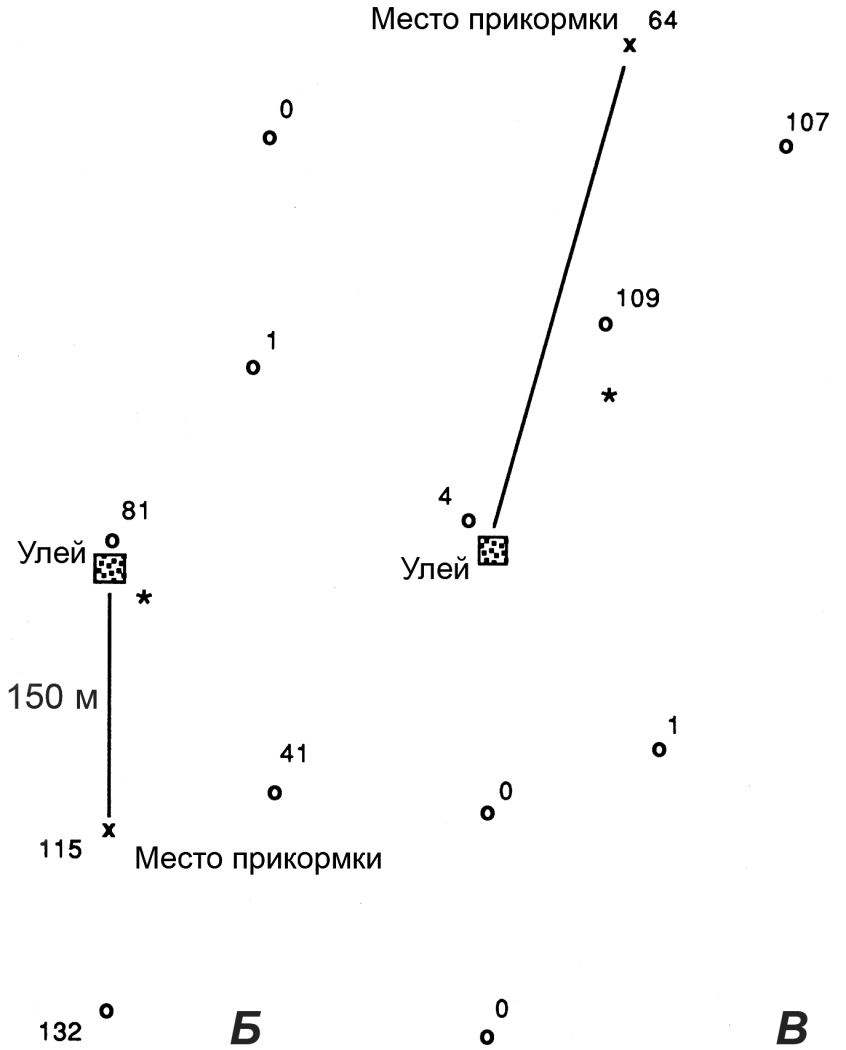


Рис. 6.2. Оригинальный эксперимент Фриша, продолжавшийся несколько последовательных дней. В первые два дня (рис. 6.2А и 6.2Б) 9 регулярных фуражиров прикармливали на кормушке, помещенной в одном и том же направлении от улья. На третий день (рис. 6.2В) 9 пчел регулярно посещали кормушку, расположенную в противоположном направлении. Кружки обозначают места расположения кормушек, цифры рядом с ними — число не-



меченых пчел, побывавших на кормушках. Цифры около значка *x* — число рекрутов-новичков, прилетевших на место прикормки. Звездочка обозначает геометрический центр всех кормушек (улей не принимается во внимание). В опытах учитывалась информация о направлении ветра (по рис. 9, 10 и в работе: von Frisch 1947).

В дополнение к результатам трех рассмотренных экспериментов, Фриш провел еще четыре того же типа. В течение двух дней железы Назонова у пчел оставались в интактном состоянии, а два другие дня были блокированы шеллаком. И вновь результаты оказались противоречивыми (см. табл. 6.2). В опытах 1 и 3 больше рекрутов прилетели не в заданное место, а в точку, столь же удаленную от улья, но находившуюся в 30 м от «цели». Если бы рекруты пользовались информацией о направлении, картина должна была бы быть обратной.

Важно также, что результаты опытов 1 и 3 в этой серии оказались почти идентичными (табл. 6.2). Они не соответствуют предположению, что секрет железы Насонова служит аттрактантом для рекрутов (см. также прил. 10). Если бы это было так, результаты опытов 1 и 3 лучше бы соответствовали результатам экспериментов 2 и 4.

Вернемся снова к утверждению Фриша, высказанному им 1923 г.: «нет сомнений в том, что (секрет) запахового органа несет аттрактивную функцию» (Frisch 1947: 22). Общий настрой, выраженный в этой цитате заставляет вспомнить предостережение Чемберлина (см. гл. 3 и рис. 3.1), который называл подобную позицию исследователя «родительской привязанностью» к гипотезе.

Ряд сомнений в весомости гипотезы Фриша возникает при чтении его текстов. Например, когда мы сравниваем два нижеприведенных высказывания. Первое, имеющее отношение к процедуре наблюдений, звучит следующим образом: «Если (мобилизованная пчела) появляется в месте ее кормления в течение 5 минут после контакта с танцовщицей, мы можем предположить на основании нашего предыдущего опыта, что именно танец заставил ее сделать это» (Frisch 1947: 12).

Во второй цитате речь идет об анализе результатов после того, как Фриш заметил, что некоторые пчелы добиваются успеха несмотря на отсутствие предшествующего визуального контакта с танцовщицей в улье. Он пишет: «Отсюда следует, что информация (communication) может быть транслирована от пчелы, вернувшейся в улей, одними прикосновениями к другим пчелам, без необходимости какого-либо танца» (Frisch 1947: 13).

Прежде всего, можно задать вопрос, почему Фриш берет отрезок времени в 5 минут как свидетельство того, что рекрутированная пчела *использовала* информацию, полученную из танца. Полет по прямой в его экспериментах должен был бы занимать гораздо меньше одной

минуты (Park 1929; Wenner 1963). При полете со скоростью 7.5 метров в секунду за 5 минут пчела могла бы осмотреть весьма большую площадь местности (см. прил. 13).

Мы не обращали внимания на глубину 104 противоречий, содержащихся в процитированных отрывках, до тех пор, пока не провели (сначала непреднамеренно, а затем вполне обдуманно) в середине 1960-х эксперименты на выработку у пчел условных рефлексов (см. гл. 7). Тщательное чтение книги Фриша, опубликованной 1950 г., показало, что он осознавал эти противоречия, но не попытался ни обсудить их критически, ни устранить.

В этой книге приведенные Фришем «доказательства» того, что пчелы *пользуются* языковой информацией, представляют собой не более чем примеры *условно-рефлекторного* поведения опытных фуражиров. Между тем, чтобы продемонстрировать *использование* языковой информации, требуется совершенно иное. Надо показать, что *неопытные* (*naive*) пчелы, которые прежде не собирали взяток, полетят напрямик к месту, указанному им, как предполагается, танцующей в улье пчелой.

Таблица 6.2. Результаты экспериментов Фриша по влиянию железы Насонова на посещаемость кормушек рекрутами (по информации на с. 21 и 22 в работе: Frisch 1947).

Дата	Место прикормки		Место прикормки в противоположном направлении от улья	
	Место прикормки в 300 м от улья	Контрольная кормушка в 30 м от прикормочной	Место прикормки в 250 м от улья	Контрольная кормушка в 25 м от прикормочной
Железы Назонова у регулярных фуражиров интактны				
17 сент.	178	257	-	-
18 сент.	-	-	362	39
Железы Назонова у регулярных фуражиров блокированы				
19 сент.	190	228	-	-
20 сент.	-	-	80	25

Раздел 4 статьи Фриша (Frisch 1947) содержит описание корреляций между направлением на источник пищи и величиной угла, под которым воспроизводится прямолинейный пробег на соте во время танца. Фришу удалось уловить это соотношение после того, как он заметил, что на протяжении дня пчелы меняют направление танца. Отсюда он заключил, что танец содержит информацию о направлении на источник пищи. Он пишет:

> Вот еще один сюрприз... Наши помеченные пчелы меняли направление танца в течение дня, несмотря на то что место их прикормки оставалось тем же... Мы вскоре поняли из более точных протоколов, что за немногие часы направление танцев меняется примерно в соответствии с углом, на который за то же время сместилось солнце на небосводе (Frisch 1947: 22).

Ясности ради мы повторим еще раз, что маневры танца пчел бесспорно содержат в себе информацию, посредством которой мы, люди, можем определить месторасположение источника пищи, посещенное опытным фуражиром. При этом, однако, эксперименты Фриша определенно потерпели неудачу в попытках показать, что пчелы способны «декодировать» эту информацию и использовать ее в своем поисковом поведении.

Реализм, повторяемость и достоверность

Подход, основанный на принципе верификации, использованный Фришем, «доказал» многим, что у пчел есть «язык». Для тех же, кто склонен к релятивизму, это исследование, как мы попытаемся показать ниже, выглядит несостоятельным по пяти пунктам.

1. *Игнорирование негативных результатов*. Как можно видеть из проведенного анализа, пчела, вылетевшая за взятком и использующая, возможно, информацию о направлении, не справляется с определением расстояния. То же самое имеет место в противоположной ситуации: пчела, если устремляется на заранее установленную дистанцию, летит не в том направлении, которое, как полагаю, указано ей танцем.

Эти несоответствия были игнорированы как самим Фришем, так и теми, кто боролся за его идеи позже. Столь серьезные несообразности, разумеется, диктуют необходимость иной постановки экспериментов.

Они должны соответствовать принципу фальсификации Поппера (не выходящего за рамки школы реализма) либо принципу множественных умозаключений Чемберлина (см. гл. 3).

2. *Пренебрежение важностью условно-рефлекторного поведения.* Многие результаты, описанные в классической статье Фриша (Frisch 1947), получены, без сомнения, на рекрутированных пчелах, которые до этого имели опыт кормления вне улья. Они могли использовать наземные ориентиры, уже знакомые им по предыдущим экскурсиям[21]. Фриш допускал такую возможность, но проигнорировал ее в своих построениях.

Мы обнаружили феномен условно-рефлекторных реакций (Wenner, Johnson 1966; Johnson, Wenner 1966), которые следовали за танцами и рассматривались в то время как «использование» инстинктивной сигнальной системы. Гулд (Gould 1976: 216), кто первоначально протестовал против этих наших претензий к Фришу, позже признал важность научения у рекрутированых медоносных пчел.

3. *Отсутствие адекватного контроля над схемой экспериментов.* Ни в одном из своих классических экспериментов Фриш не контролировал влияние направления ветра на рекрутированых пчел, а также возможную роль участия опытных фуражиров. Это обстоятельство заставляет предполагать, что рекрутированные пчелы зачастую просто «сопровождали» тех фуражиров, которые регулярно перемещались между ульем и местом прикормки [явление, описанное Веннером (Wenner 1974) в качестве «воздушной трассы»]. Если бы Фриш учел такой вариант, то, возможно, принял бы во внимание и данные Метерлинка (Maeterlinck 1901, см. гл. 4).

Гулд позже признал отсутствие адекватного контроля в экспериментах Фриша. Он писал: «Контроль со стороны Фриша не исключает возможности, что рекрутирование могло происходить на одни лишь ольфакторные стимулы» (Gould 1976: 241). Впрочем, Гулд не осознал, что отсутствие адекватного контроля в экспериментах Фриша подрывает веру в его собственные протоколы (см. гл. 13 настоящей книги).

4. *Чрезмерное доверие к «успешному» повторению экспериментов.* При использовании верификации как основного принципа доказательств (как это было рекомендовано Карнапом) достаточным

[21] См. опыты Н. Тинбергена по использованию таких ориентиров осой пчелиный волк (*Philantus triangulum*) (*Тинберген Н.* Осы, птицы, люди. М., 1970) (прим. редактора русского издания).

условием подтверждения «истинности» гипотезы считается сколь возможно большое количество свидетельств в ее пользу. Именно этот подход прослеживается во всей научной деятельности Фриша и особенно очевиден при чтении его классической работы.

После того, как мы подчеркнули эту сторону вопроса, Гулд согласился, что подобный подход не повышает доверия к гипотезе. Он писал: «Веннер определенно прав, когда говорит, что бесконечное повторение сомнительных экспериментов ничего не добавляет к уже известному» (Gould 1976: 241).

5. *Отсутствие тестирования гипотезы*. На ранних этапах своей работы Фриш был чрезвычайно близок к проверке правдоподобности своей гипотезы, но очень быстро отказался от этого. Он писал:

> [Ранние результаты] с высокой вероятностью предполагают существование соответствующей коммуникации, а наблюдение за различными акциями в улье тех пчел, которые кормились вблизи и на отдалении от него, дали этому неожиданно четкие подтверждения. *Не кажется целесообразным проверять все это, прослеживая поведение новых пришельцев* (к источникам пищи — *Е. П.*). *Едва ли мы узнаем больше, чем нам известно сейчас* (Frisch 1947: 11 — курсив наш).

Между тем, если бы Фриш «проследил поведение новых пришельцев», как ранее это сделал Метерлинк (Maeterlinck 1901/1939); см. также прил. 3), он мог бы узнать о случаях неэффективного поведения пчел при поиске пищи (слишком продолжительные блуждания и слишком низкий успех в получении взятка). Гулд и другие позже получили данные, согласующиеся с выводами Метерлинка (Esch, Bastian 1970; Gould et al. 1970; Johnson, Wenner 1970; Friesen 1973; см. также прил. 13).

Эти данные, противоречащие гипотезе, могли бы, в свою очередь, заставить Фриша отказаться от своих построений прежде, чем у него сформировалась «родительская привязанность» к ним (о чем говорил Чемберлин). Фактически, тест, которым он пренебрег, был бы в высшей степени похож на эксперимент Метерлинка. Вместо этого Фриш сопроводил ранее цитированное высказывание словами: «Но, кажется, есть лучший способ проделать критический тест» (Frisch 1947: 11).

Кажется, однако, что под словом «тест» Фриш понимал дальнейшее накопление данных, подтверждающих гипотезу (*confirming* evidence — см. прил. 7). А это значит, что он собирался экспериментировать с повторными рекрутированиями *опытных* фуражиров, то есть с теми явлениями, в которых он не смог усмотреть их условнорефлекторную природу (см. Johnson, Wenner 1966). Но он интерпретировал свои результаты как демонстрацию использования пчелами «языка». Похоже, что в конце концов даже самому Фришу стало очевидно, что его ранние опыты не давали оснований считать, что пчелы обладают языком. Возможно, именно поэтому во время написания обзора 1967 г. он отбросил все результаты своих «классических» экспериментов, проводившихся в середине 1940-х гг.

«Конверсия» во взглядах научного сообщества

Первая реакция специалистов на заявление Фриша о «языке» пчел выразилась в полнейшем недоверии к этой новости. Затем некоторые с успехом повторили его эксперименты, но никто не попытался тестировать гипотезу критически. Вслед за этим отрицание более ранней модели Фриша, постулировавшей поиск пчелами источников пищи по запаху (Frisch 1939), в пользу этой новой трактовки произошло за поразительно короткий промежуток времени.

Как говорилось ранее (в гл. 4), столь стремительное принятие новых взглядов частично было обусловлено тем, что «обнаружение» в эксперименте «языка» у низших животных лило воду на мельницу этологии и социобиологии. Из последующих глав станет ясно, что в этом смысле возникшее противоречие имело скорее социологическую, нежели строго научную основу. Новую гипотезу защищали видные ученые, позже примкнувшие к социобиологической школе, и лишь немногие сохранили научный скептицизм и восстали против использования в этом контексте термина «язык». Один из скептиков, Г. Кальмус из Университетского колледжа в Лондоне, писал: «Не стоит обращать внимания на все эти волшебные сказки, будто одна пчела рассказывает другим, где найти корм, или направляет их к этому месту» (Kalmus 1960: 96). Кальмус затем описывает простой эксперимент, перекликавшийся с ранними исследованиями Фриша (до 1940-х гг.), и заключает, что, судя по ним, «главным образом запах служит ведущим фактором ориентации» (Kalmus 1960: 96).

Тем не менее к началу 1960-х гг. обширное научное сообщество оказалось строго приверженным гипотезе «языка танцев», так что подобные высказывания уже никто не принимал во внимание. В контексте этой книги важно подчеркнуть, что случившееся в первые годы после обнаружения Фришем корреляций между элементами танца и местонахождением источника пищи вполне соответствует представлениям о феномене «конверсии» взглядов в ходе научного процесса (см., например, Chamberlin 1890/1965: 754; Kuhn 1962: 150; Griffith, Mullins 1972; Atkinson 1985). Иными словами, Фриш конвертировал свою гипотезу в «правящую теорию» (см. выше, гл. 2) и получил в этом серьезную поддержку. Другие видные фигуры в сфере этологии и зарождающейся социобиологии стали «обращенными» после того, как сами повторили опыты Фриша и получили те же результаты (подход по принципу верификации, освещенный авторитетом Карнапа в школе реализма). Затем они восславили гипотезу, так что она получила всеобщее признание.

Одним из первых проводников взглядов Фриша в англоязычном научном сообществе стал В. Торп, известный своими трудами в области изучения инстинкта и научения (см. Thorpe 1963). В 1947 г. он опубликовал английскую версию классической статьи Фриша и дал к ней следующий комментарий:

> Недавняя превосходная работа профессора Карла фон Фриша имеет столь высокое значение для биологов и исследователей поведения животных и столь интересна для образованных пчеловодов, что нет необходимости объяснять английским читателям своевременность перевода на наш язык статьи «Die Tanze der Bienen» («Танцы пчел»), опубликованной в 1946 году (В. Торп, цит. по Frisch 1947: 3).

Август Крог — датский физиолог, удостоенный в 1920 г. Нобелевской премии по медицине. Его статья «Танцы пчел» была опубликована в 1948 г. в журнале *Scientific American* (August 1948). В заключении к ней он писал:

> Эта серия экспериментов представляет собой наиболее замечательный пример того, чего человеческий мозг с высочайшем уровнем интеллекта может достичь путем неустанных усилий. Но я бы настаивал, чтобы вы задумались и об уме пчел. Я не сомневаюсь, что некоторые постараются объяснить достижения пчел рефлексами и инстинктами... Что касается меня, я нахожу трудным делом пред-

> положить, что подобные совершенство и приспособляемость поведения могли бы быть достигнуты без некоей разновидности мыслительных процессов, происходящих в маленькой головке пчелы (Krogh 1948: 21).

Дональд Р. Гриффин, работавший в то время в Корнельском университете, также был среди тех, кто после некоторых колебаний стал новообращенным поклонником гипотезы «языка танцев» (см. его предисловие к книге Фриша издания 1950 г.). Он пошел по следам Крога в желании наградить «низших животных» более высоким уровнем интеллекта, чем того требовали каноны зоологии (см., например, Griffin 1984).

Гриффин сыграл основную роль в пропаганде гипотезы Фриша в США и в дальнейшем продлении ее жизни (см. гл. 11). Весной 1949 г. он организовал трехмесячную поездку Фриша в США для чтения им цикла лекций. Он посетил 17 университетов США и в трех из них прочел лекции по тексту своей книги, опубликованной на следующий год (Frisch 1950: VIII). Гриффин участвовал в ее переводе и написал к ней предисловие.

В нем Гриффин писал о «независимом подтверждении» результатов экспериментов Фриша, в том числе о «повторении» Торпом некоторых из них, названных им «решающими». Затем Гриффин пишет об опытах, проведенных им самим:

> Я откровенно признаюсь без ложного стыда, что пока я не проделал эти простые эксперименты самостоятельно, я не мог избавиться от доли скептицизма. Но несколько недель наблюдений в улье... привели меня к той же степени убежденности, о какой пишет Торп (Гриффин в Frisch 1950: VI).

Здесь, разумеется, путаница связана с использованием словосочетания «решающие эксперименты». В том смысле, как его понимают сегодня (по мыслям Чемберлина, высказанным еще в 1890 г.), речь идет об истинной проверке взаимоисключающих предсказаний двух конкурирующих гипотез. Это рутинная процедура в молекулярной биологии и генетике (см. о взглядах Чемберлина и Плата в гл. 3). Но Торп и Гриффин, очевидно, вполне удовлетворились простым повторением опытов Фриша.

Имея в виду ту степень скептицизма, которая, вообще говоря, в норме присутствует в социальных науках, кажется достаточно странным, что гипотеза «языка танцев» быстро распространилась и в этой

сфере исследований. Например, известный антрополог А. Крёбер одобрил выводы Фриша[22]. Спустя год после того, как Фриш был избран иностранным членом Американской академии наук, Крёбер обсуждал следствия из этой гипотезы в ее трудах, где высказал следующее мнение:

> Классические работы фон Фриша, посвященные «языку» пчел, касаются вопросов коммуникации у вида, который — подобно всем другим, кроме человека — считали полностью лишенным способности к символизации. Однако Фриш убедительно показал, что пчелы при взаимодействиях друг с другом успешно передают информацию... Таким образом, наблюдения и эксперименты фон Фриша представляют собой феномен революционной новизны (Kroeber 1952: 753—754).

Понятие «когерентная социальная группа (Griffith, Mullins 1972), удерживающая свое единство при социальных катаклизмах» оправдало себя в 1955 г., когда Фриш был удостоен Премии Магеллана Американского философского общества (Frisch 1956). В примечании к грамоте читаем, в частности: «11 ноября 1955 года Общество на своей исполнительной сессии проголосовало за присуждение ... доктору фон Фришу премии за его исследования сенсорных органов у животных и анализ танца пчел».

В те годы премия присуждалась «авторам за самое яркое открытие или наибольший вклад в области навигации, астрономии или философии естествознания» (American Philosophical Society Yearbook [1955]: 420). Дональд Гриффин, работавший тогда в Гарвардском университете, прочел во время вручения награды приветственный адрес (Frisch 1956).

К 1955 г. «язык» пчел превратился из гипотезы в парадигму по Куну. Награждение Фриша Премией Магеллана «в знак его подлинно сенсационной работы по *математике* и навигации у пчел» (American Philosophical Society Yearbook [1955]: 75; курсив наш) гарантировало гипотезе «языка танцев» место в истории биологии.

Быстрое ее признание ценой устранения гипотезы поиска по запаху [авторство того же Фриша (Frisch 1939)] трудно расценивать иначе чем событие поразительное. Она манила к себе людей самых разных профессий, как из числа ученых, так и неспециалистов. Мало кто понимал в то время, что гипотеза «танца пчел» слишком скоротечна.

[22] О легковерии лингвистов см. предисловие редактора русского издания.

Построения такого сорта слишком быстро переходят из разряда непроверенных гипотез в общепринятые парадигмы (господствующая теория по определению Чемберлина). Писатель Джон Стейнбек еще ранее предвидел подобного рода неприятности с гипотезами, поражающими воображение. Вот его слова:

> Когда речь идет о привлекательной гипотезе, очень возможна одна большая неприятность. Когда такая гипотеза оформлена окончательно и закруглена, углы срезаны, а содержание очищено от противоречий, очень вероятно, что она станет вещью в себе, произведением искусства. Никто не решается прикоснуться и испортить его. Даже если новые сведения заставляют сделать в нем дыру, никто не хочет взять это на себя, но оставляет все как есть — нетронутым и прекрасным (Steinbeck 1941/1962: 180).

Быстрый и почти всеобщий поворот научного мира в сторону гипотезы «языка танцев» тем более удивителен в свете таких обстоятельств, как длительное согласие с парадигмой поиска по запаху (живущей и поныне); проблемы, связанные с постановкой экспериментов Фришем; многочисленные внутренние противоречия в результатах, полученных им и его последователями; и, наконец, отсутствие истинного экспериментального тестирования гипотезы (см., например, Wenner 1971a). Все последующие исследования, проделанные членами «когерентной группы» поборников этой гипотезы (среди которых первое время были и мы сами), начинались с негласного предположения, что «язык» пчел уже «открыт», и существование его «доказано».

7

Парад аномалий: научение

Мозг пчелы размером не превышает семя злака и не предназначен для размышлений. Большая часть ее действий управляется инстинктом. Таким образом, изучающий даже столь сложное и целенаправленное поведение как сигнальный танец, должен помнить, что он имеет дело с врожденным паттерном, отпечатанным в нервной системе насекомых за гигантский промежуток времени их филогенетической истории.

— Карл фон Фриш (Frisch 1962: 78)

Аномалии... есть стандартный фактор изменений в интеллектуальной сфере; все они преодолимы в том смысле, что суть любой из них может быть понята, но каждая с силой влечет за собой появление еще более важных и глубоких аномалий.

— Джон Стейнбек (Steinbeck 1941/1962: 150)

Аномалии, с которыми исследователь сталкивается в своей работе, часто игнорируются под давлением парадигмы, но со временем оказываются основой для дальнейших, более строгих исследований. Иными словами, то, что является аномалией в рамках одной парадигмы, становится ожидаемой частью результатов после «конверсии» господствующих взглядов и переходе к другой парадигме (смены гештальта).

В этой и следующих главах, мы рассмотрим на реальных примерах роль аномалий и покажем, каким образом они направляли наши исследования. Обнаружение аномалий и анализ их различных интерпретаций вели к изменениям в постановке наших экспериментов. Мы использовали также опыт других исследователей, что бесспорно помогало нам взглянуть на вещи под новым углом зрения.

Так, очерк Эдварда Дженнера о взаимосвязи человеческой и коровьей оспы стал примером недопустимого использования в открытой печати сугубо частного эпизода. Это исследование, однако, повлекло за собой уничтожение вакцины от коровьей оспы по всему миру (см. прил. 2). Дженнер использовал целый ряд случаев, чтобы усилить эффект описываемой им истории, но даже один яркий эпизод может способствовать созданию нового «образа» происходящего и тем самым открыть дорогу новым интерпретациям.

«Научение» и инстинкт у насекомых

В 1940-х и 1950-х гг. только очень немногие исследователи использовали понятие «научение» в своих объяснениях поведения насекомых. Большинство же продолжали оставаться в рамках парадигмы «инстинкта» (см. слова Фриша в эпиграфе к этой главе). Того требовал «дух времени»: из-за отсутствия экспериментальных проверок каждый акт поведения мог быть истолкован в таком духе.

Ранее Леб (Loeb 1918/1973), а также Френкель и Ганн (Fraenkel, Gunn 1940/1961) предложили использовать элементы количественного подхода при описании поведения животных и ввели ряд новых терминов, которые в ходу и по сей день (например, «таксисы» и «кинезисы» для животных, «тропизмы» для растений). Однако начиная с 1950 г. под все возрастающим влиянием этологии произошел поворот к еще менее четко определенным понятиям и допущениям. Противопоставление «инстинкта» и «научения» оставалось нечетким и, в об-

щем, игнорировалось исследователями поведения животных[23] (Rosin 1980a, b; см. также гл. 13).

«Инстинктивный язык» пчел

Исследования коммуникации пчел в 1940-х и 1950-х гг. основывались на представлении, что поведение этих миниатюрных существ в основном «врожденное», или «инстинктивное». Торп суммировал эту позицию следующим образом:

> Большинство недавних исследований насекомых и других членистоногих, как кажется, очень хорошо соответствует иерархической модели поведения Тинбергена. Возможно, впрочем, что здесь необходимо более пристальное внимание к последним исследованиям характера функционирования нервной системы насекомых. Так, Воулс (Vowles 1961) указывает, что поскольку нейроны насекомых весьма отличны от нейронов позвоночных, а нервная система в целом миниатюрна, складывается впечатление, что их поведение проще, чем принято думать (Thorpe 1963: 231).

Это мнение, согласно которому поведение насекомых принципиально проще поведения позвоночных, само по себе исключает возможность «языка» у пчел (Rosin 1978). Однако в рамках школы реализма (принцип верификации, взгляды Карнапа) вполне возможно примирить обе точки зрения (простая нервная система и существование «языка»), в особенности если более сложное поведение рассматривать как более жестко фиксированную последовательность простых актов. Вот что писал об этом Тинберген:

> Когда «свободная от работы» пчела, ожидающая в улье дальнейших инструкций, оказывается, наконец, активирована другой, «танцующей» пчелой,.. стимулы, поступающие от нее, заставляют первую покинуть улей. Она летит в определенном направлении на определенную дистанцию (и то и другое сообщено ей танцовщицей) и на-

[23] В раннем варианте классической этологии (теория инстинкта К. Лоренца) условное разграничение индивидуально приобретенного и врожденного поведения проводилось достаточно четко в понятиях аппетентного поведения и консумматорного акта, соответственно. См. *Панов*. 1975. «Этология, ее истоки, становление и место в исследовании поведения». С. 23—24. (Прим. редактора русского издания).

> чинает искать цветы, выбирая только те, которые издают запах, принесенный в улей отправителем сообщения. Она сосет мед [*sic*][24] и, изучив местность, отправляется домой. В данном случае стимулы, порождаемые танцем, открывают дорогу развертыванию (releases) сложной последовательности поведения (Tinbergen 1951: 54, 55).

Объяснение поведения как «цепи рефлексов»[25], как это в то время делали Тинберген и многие другие, позволило рассматривать явление рекрутирования у медоносных пчел в качестве «инстинктивной сигнальной системы». Телеологические представления о «целенаправленности», которые позже оказались фундаментом социобиологии, определяли в те дни понимание поведения животных. Например, Торп так видит процесс рекрутирования пчел с позиции этих представлений:

> Насекомое со столь высокой степенью организации труда, ограниченное к тому же кратким периодом лета для сбора запасов пищи, нуждается в неких средствах коммуникации, чтобы разведчик, обнаруживший богатый источник корма, мог быстро мобилизовать множество других на его утилизацию. Но не так много, чтобы тратить усилия рабочих на нерентабельные поиски. Другими словами, пчелам нужен язык. И фон Фриш... без колебаний говорит в своей ранней статье о «языке пчел» (Thorpe 1963: 268).

Сказанное выше может служить краткой иллюстрацией взглядов, превалировавших в изучении поведения насекомых в тот период, когда в конце 1950-х гг. мы приступили к работе. Впрочем, в то время мы были полностью согласны с тем, что все поведение пчел исчерпывается простыми паттернами поведения (то есть, их активность всецело инстинктивная), и не сомневались в том, что они обладают «языком». Иными словами, мы принимали мнение Тинбергена, что «язык танцев» есть не более чем фиксированная последовательность простых поведенческих актов. Наше позитивное отношение к названным концепциям основывалось на принципе верификации, который мы, как и другие исследователи в то время, применяли при изучении других видов животных.

---

[24] Непростительная ошибка классика этологии. Пчелы не «сосут мед», а изготовляют его из нектара. (Прим. редактора русского издания).

[25] Этологи не рассматривали поведение в качестве «цепи рефлексов». О соотношениях понятий «инстинкт» и «рефлекс» в этологической теории см. *Панов.* 1975: 33—34. (Прим. редактора русского издания).

Таким образом, первые несколько лет мы работали в рамках именно такого подхода со всеми его ограничениями. Нашей задачей было подтвердить (verify, «prove») существование языка, поскольку мы были уверены, что иначе и быть не может. От всего сердца мы приветствовали следующие слова Фриша: «Язык пчел поистине совершенен, а их способы указания направления на источник пищи — это одна из наиболее удивительных загадок в их сложной социальной организации» (Frisch 1950: 75).

Принцип верификации: звуковые волны как элемент языка?

В первые 9 лет исследований (1957—1966) у нас не было причин подозревать, что здесь что-то не так. Однако, как упоминалось в главе 2, уже к 1965 г. стало ясно, что гипотеза Фриша базируется на косвенных данных (circumstantial evidence). Мы чувствовали необходимость получения более надежных свидетельств в пользу гипотезы.

В середине 1960-х гг. мы в течение нескольких лет пытались проверить предположение, что пчелы каким-то образом используют для передачи информации звуки, производимые ими во время виляющего танца (см., например, Wenner 1959; 1962; 1964; Esch 1961). Обнаружение факта, что танец сопровождается звуками, открыло новые возможности в изучении коммуникации пчел (Wenner 1964).

Следует сказать, что этим наше поле зрения не ограничивалось (Wenner 1971*a*). Любое «открытие» и «доказательство» — важнейшие компоненты успеха ученого внутри научного сообщества, особенно если в сообществе преобладает подход на основе верификации. А в это время ряд исследователей очень интересовались вопросом о том, действительно ли поведение пчел еще более дифференцировано, чем предполагалось ранее и обладает, в частности, способностью к «акустической речи» (выражаясь антропоморфически).

Оказалось, что акустическая структура звуков, используемых пчелами во время танца, заметно отличается от той, что характеризует звуковую продукцию этих насекомых при всех прочих типах активности (Wenner 1964). Большинство звуков пчел воспроизводится без перерывов, но при прямолинейном пробеге во время виляющего танца — это плотные пучки звуковых импульсов с амплитудной модуляцией (рис. 7.1). Оказалось также, что длительность воспроизведения таких импульсных пачек коррелирует с расстоянием, которое танцующий фуражир пролетел от места сбора взятка до улья (рис. 7.2).

Очень хотелось истолковать эту корреляцию в терминах телеологии. Напрашивалась мысль, что корреляция отсутствовала бы, если бы такая организация поведения не имела своей «цели». То же самое приходило на ум в отношении амплитудной модуляции, имея в виду, что она в чем-то «полезна» для пчел. Все это сводилось к идее «Пчелы не должны тратить лишнюю энергию на действия, не способствующие их успеху» (см. прил. 8).

Более того, в той части улья, где происходят танцы пчел, как правило, темно, поскольку леток обычно очень мал, а пространство между летком и сотом заполнено массой «мохнатых» пчел. Они также препятствуют проникновению света в улей, особенно в его отдаленные углы, где и находятся танцовщицы.

Существует и другая проблема, связанная с числом «зрителей» (так называемая свита танцовщицы) и их ориентацией по отношению к ней. Практически все имеющиеся графические изображения происходящего и подписи к ним говорили, что потенциальные рекруты «следуют» за танцовщицей или, по крайней мере «держатся» вплотную к ней (см. например, рис. 46 в статье: Frisch 1967*a*). На самом деле, как мы заметили, во время прямолинейного пробега танцовщицы рекруты чаще всего располагаются под прямым углом к ней (рис. 6.1).

Антенны этих пчел, где и располагаются сенсоры для восприятия звука, непосредственно касаются тела танцовщицы именно в тот момент, когда та воспроизводит звуки. При таком положении вещей можно было предположить, что звуковой сигнал составляет важный компонент «языка танцев».

Фриш не подозревал о существовании этого звукового сопровождения танца, когда «декодировал язык пчел». Иными словами, он изучил не все его компоненты информации о местонахождении источника пищи. Значение этих звуков он осознал несколькими годами позже. В его статье 1967 г. (Frisch 1967*a*: 104) читаем: «Принимая во внимание все факты, мы рассматриваем акцентирование виляющего танца звуками как указание на фактор расстояния».

Открытие звуковых сигналов, подаваемых пчелами во время танца, стало для нас первой из множества аномалий, выявленных в ходе наших исследований. Но в ретроспективе более важным оказалось пришедшее теперь понимание того, что следует рассматривать сразу несколько возможных объяснений происходящего, как это предписывается для каждого серьезного исследования.

Еще одна аномалия: условно рефлекторные акции

Главным и радикальным поворотным пунктом в нашей работе стало внезапное понимание того обстоятельства, что пчелы способны быстро обучаться в соответствии с классическим принципом формирования условных рефлексов. К нашему удивлению оказалось, что большинство ранних результатов Фриша (Frisch 1947; 1950) могут быть истолкованы не как свидетельство существования языка, но попросту как следствие формирования условных рефлексов на стимулы (Johnson, Wenner 1966). Эта смена гештальта означала, что нет необходимости постулировать для объяснения выводов Фриша некую сложную «инстинктивную сигнальную систему», поскольку возможно гораздо более правдоподобное объяснение.

То, что пчел можно «тренировать» на посещение той или иной прикормки, было известно давно (см., например, Maeterlinck 1901; Frisch 1950). Однако до 1965 г. это явление не связывали ни с одной из существовавших в то время теорий научения (learning behavior). В частности, оно не расценивалось ни как выработка поискового условного рефлекса на распознавание (choice discrimination conditioning), ни простого условного рефлекса (simple conditioning) (Wenner, Johnson 1966). Между тем, пчел можно было научить, например, посещать голубые цветы, а не желтые, или квадрат, а не круг (см. Wells 1973).

Разумеется, каждая пчела «самотренируется» во время посещения окрашенных или пахучих источников пищи. С этого момента насекомое будет постоянно кормиться на объектах именно данного типа до

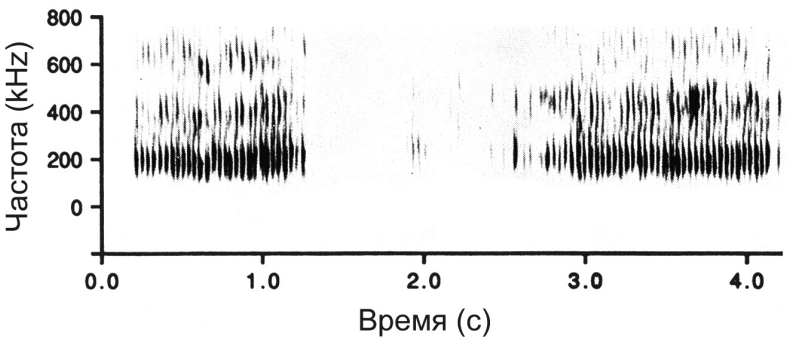


Рис. 7.1. Сонограмма звуков, издаваемых пчелой во время двух сеансов виляющего танца (из: Wenner 1962).

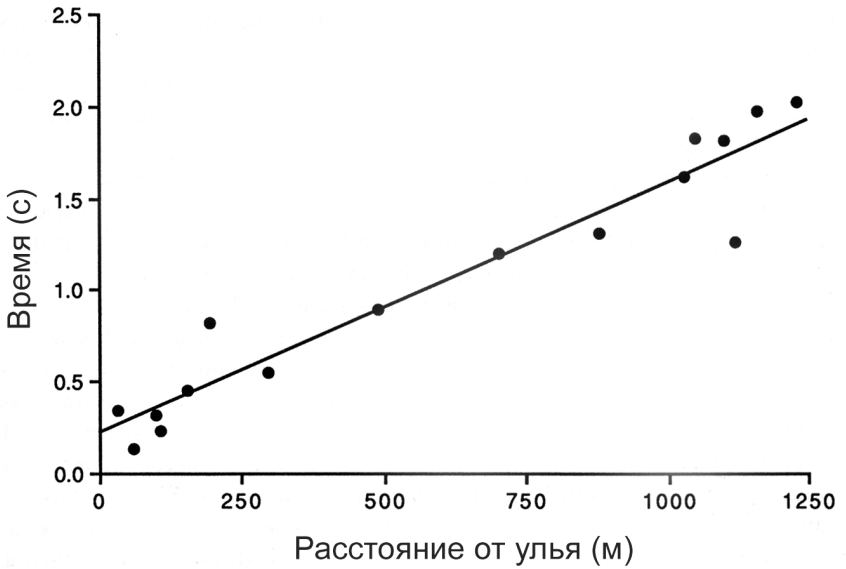


Рис. 7.2. Длительность подачи звукового сигнала (см. на рис. 7.1) как функция расстояния до источника пищи. Каждая точка — среднее значение для акций нескольких танцовщиц (из: Wenner 1962).

тех пор, пока получает достаточное пищевое подкрепление. (Wells, Wells, Smith 1983; Wells, Wells, Contreras 1986). Ни одну из этих способностей пчел не рассматривали в то время с точки зрения их роли в организации их целостного поведения.

Имеющиеся данные о формировании простого условного рефлекса на распознавание у насекомых были совершенно недостаточными до 1960-х гг. (см. полный обзор тогдашней литературы на эту тему в работе: Thorpe 1963)[26]. Этот рефлекс вырабатывается в том случае, когда животному предъявляют два «нейтральных» стимула, реакция на которые вознаграждается. Позже, когда реакцию перестают подкреплять, животное, тем не менее, продолжает вести себя так, словно ничего не изменилось. Один из наиболее известных подобных примеров — это

[26] В Европе и СССР изучение научения у насекомых началось еще в 1940—1950-х гг. (см. *Лопатина*. 1971. Сигнальная деятельность в семье медоносной пчелы. С. 7 и далее). Как пишет автор, ссылаясь на работу: (Wenner, Johnson 1966), миф о весьма ограниченной способности пчел к обучению наиболее длительное время просуществовал в Америке. (Прим. редактора русского издания).

выработка Павловым условного рефлекса выделения слюны в ответ на звонок.

То, что у пчел можно выработать условные рефлексы такого рода, было обнаружено нами совершенно случайно (Wenner, Johnson 1966; Wenner 1971a). Это произошло во время экспериментов, которые мы ставили еще в рутинном режиме «нормальной науки», как называл подобные процедуры Кун (Kuhn 1962/1970a). При проведении лабораторных исследований мы не обратили внимание на присутствие некоего нейтрального стимула (порции воздуха) во время прикармливания пчел раствором сахара.

Речь идет о слабом сквознячке, который возникал, когда открывающаяся крышка кормушки создавала эффект веера.

Позже, когда порция воздуха поступала, а вознаграждение отсутствовало, пчелы кидались на пустое блюдечко так, будто в него налит сахарный раствор.

Когда пчелы продемонстрировали, что способны к выработке классического условного рефлекса, первой нашей реакцией было: «Этого не может быть!». Затем возникло острое желание демонтировать экспериментальное устройство и никому не говорить о случившемся. Но все же потребность узнать, как такое явление может влиять на поведение пчел в естественной обстановке пересилила наши сомнения.

Здесь нам на память пришло описание одного интересного эксперимента, приведенное Куном:

> В своем психологическом эксперименте, о котором стоило бы знать многим, Брунер и Постман (Bruner, Postman 1949) ставили перед испытуемыми задачу опознать... серию игральных карт. Многие из них имели обычный вид, но некоторые были сознательно сделаны аномальными. Например, шесть пик были красными, четыре черви — черными... После каждого предъявления испытуемых спрашивали, что они видели (Kuhn 1962/1970a: 62—64).

Психологи заменили только несколько карт в нормальной колоде. Раньше испытуемые не имели подобного опыта. Пересчитывая колоду, они классифицировали измененные карты как нормальные по их масти. И лишь после того, как спустя продолжительное время, им показали аномальные карты по отдельности, они уяснили свою ошибку. Обычно испытуемый был настолько потрясен случившимся, что стандартная реакция выражалась восклицанием: «Боже мой!».

Примерно также почувствовали себя и мы, обнаружив, что пчелы способны к выработке классического условного рефлекса. Все прежние представления, такие как различия в соотношении инстинкта и научения у насекомых и позвоночных, оказались вдруг нуждающимися в переоценке. Эта непосредственная реакция на открытие возможности научения у пчел вскоре уступила место размышлениям о том, что же делать дальше. Стало ясно, что невозможно игнорировать очевидные факты, хотя реакция на них со стороны научного сообщества, скорее всего, будет враждебной (см. гл. 12).

Это был тот самый момент, когда мы сделали шаг из «нормальной науки» в сторону «создания нового образа» происходящего, по определению Аткинсона (Atkinson 1985). В то время нам казалось, что результаты более строго поставленного эксперимента могли бы вызвать удовлетворение того самого научного сообщества, которое до этого с одобрением отнеслось к нашим исследованиям звуков пчел. Мы надеялись также, что удастся убедить других в том, что при рекрутировании у пчел важную роль играет научение (см. гл. 9).

Впрочем, тогда тема научения находилась, все же, скорее на периферии наших интересов. Ведь мы все еще верили, что пчелы владеют «языком танцев», хотя и не столь значимым в поисковом поведении неопытной пчелы, впервые вылетающей за взятком. Так что, проделав несколько опытов по выработке у пчел простых условных рефлексов, мы вновь вернулись к вопросу о том, что имел в виду Фриш, когда говорил об «интенсивности» (vigor) виляющего танца. Дело в том, что мы решили сконструировать искусственную пчелу и поработать с ней (см. прил. 14). При таком подходе мы рассчитывали получить непосредственное подтверждение нашей идеи, что звуковые сигналы составляют важный компонент языка танцев. В то время мы еще не отказались от принципа верификации.

Тем не менее по свежему впечатлению от нашего открытия мы поставили серию экспериментов, которые постепенно проясняли для нас роль научения в рекрутировании пчел на естественные источники пищи в границах их кормовых угодий (см., например, Johnson, Wenner 1966).

Впоследствии мы получили данные, которые расширили наше понимание феномена формирования условных рефлексов у пчел. Прежде всего, подтвердились более ранние данные, в частности, Фриша (Frisch 1950), что фуражиры, привыкшие посещать место, где они успешно собирали взяток, продолжают прилетать сюда даже в том случае, если поживиться здесь уже нечем. Эти визиты оказались в

высшей степени регулярными (рис. 7.3). Наши результаты в этих опытах полностью совпадали с данными Фриша, как можно убедиться из следующего отрывка:

> Тогда в двух местах прикормки пчел мы перестали наполнять кормушки раствором сахара и оставили их пустыми на час-два. После этого пчелы предпочитали оставаться в улье, и лишь время от времени одна из них прилетала сюда посмотреть, не появился ли корм снова» (Frisch 1950: 72).

С другой стороны, ни одно из наших наблюдений не соответствовало словам Фриша из другой его работы:

> Предположим, что мы убрали блюдечко с сахарной водой с кормового столика, так что меченая пчела не нашла корма в привычном месте. Пчелы будут вести себя точно так же, как если их естественная пища — нектар на привычных цветах — высох из-за плохой погоды. Пчелы будут оставаться дома и перестанут танцевать. Также и здесь, кормушки, расставленные вокруг улья, могут не посещаться пчелами часы или даже дни, пока одна из них не прилетит сюда снова» (Frisch 1954: 105).

Не совпали наши данные и с другим комментарием Фриша:

> Существует еще один фактор, играющий важную роль в характере посещения пчелами цветов. Это их прекрасно выраженное чувство времени... Я не знаю ни одно другое живое существо, которое столь легко, как пчела, научалось бы прилетать на кормовой столик в соответствии со своими «внутренними часами»... Это соответствие легко воспроизвести в эксперименте. Если помещать сахарную воду в место искусственного кормления пчел в строго определенное время дня, в течение одного-двух дней пчелы приспособятся к этому режиму. Теперь они будут прилетать сюда в означенное время, а до и после кормления, занимающего около часа, даже проверочные полеты почти полностью отсутствуют. Фуражиры остаются дома, экономя свои силы и не рискуя предпринять экскурсию, в которой нет необходимости» (Frisch 1967a: 253—253).

Очевидно, Фриш не отдавал себе отчет в том, что эти его высказывания противоречат друг другу (снова аномалия).

Питер Крег из Калифорнийского университета в Санта-Барбара (Craig, неопубликованные данные) повторил в 1929 г. эксперимент

Бейлинга (рис. 35 в работе: Ribbands 1953). Он натренировал 35 пчел посещать кормовой столик, куда на протяжении нескольких дней помещали пищу только между 4 и 5 часами пополудни. Затем Крег подсчитывал число посещений столика каждой из его 35 пчел. Он обнаружил, что некоторые из них наведывались сюда чаще, чем один раз в день. О том же самом писали и другие наблюдатели (обзор дан в главе 7 работы: Ribbands 1953).

Проведенные Крегом подсчеты числа посещений места прикормки одной и той же пчелой создавали впечатление более высокой точности «чувства времени», чем указывалось в предшествующих работах других авторов. Оказалось также, что фуражир мог периодически инспектировать кормушку, не возвращаясь после этого в улей. Каждый визит, посчитанный Крегом, он добавлял к данным, полученным ранее Бейлингом.

На рис. 7.4 данные Бейлинга представлены таким образом, что дают информацию только о первых визитах фуражиров на *пустые кормушки* на протяжении дня. В этом опыте более половины пчел посещали кормовой столик к началу периода тренировки (14 ч. 30 мин.).

На рис. 7.4 для сравнения приведены данные Крега. К началу тренировочного периода в его опыте (16 ч.) 95 % опытных пчел побывали на пустой кормушке по крайней мере по одному разу за день. Более половины из них сделали это на полтора часа раньше, а около 10 % инспектировали пустую кормушку за 5 часов до указанного времени.

Таким образом, в обоих экспериментах было с очевидностью показано, что фуражиры не «остаются сидеть дома» как писал Фриш (Frisch 1967a: 254). «Прекрасно выраженное чувство времени» также оказалось не столь совершенным.

«Научение» и свидетельства в пользу «языка»

На второй стадии экспериментальной программы мы попытались повторить эксперименты Фриша, чтобы выяснить, что такое «интенсивность» (vigor) танцев в его понимании. Он указывал, что после посещения пчелой богатого источника пищи ее танцы более «энергичны» (vigorous), чем после кормления на менее привлекательных растениях.

Нам казалось, что для выяснения эффекта интенсивности танца будет достаточно изменять концентрацию сахара на кормушке и наблюдать характер танца фуражиров при их возвращении в улей после

кормления на той или иной приманке. Это дало бы нам возможность уяснить, какие именно характеристики танца могут изменяться в принципе при изменении качества корма. При первых попытках проделать эту работу мы использовали как улей, так и удаленное от него место прикормки, которые уже были задействованы нами ранее. Один из нас должен был наблюдать танцующих пчел в улье, а другой помещал раствор сахара известной концентрации в кормушку, которая оставалась пустой с предыдущего дня.

Сначала все шло в соответствии с запланированной схемой. При отсутствии в кормушке приманки посещение ее фуражирами линейно нарастало, как показано на рис. 7.3, но после привнесения в нее сахара начинало возрастать экспоненциально (рис. 7.5). Это ясно свидетельствовало о том, что пчелы, получившие здесь корм, рекрутируют других. Впрочем, обнаружилась новая аномалия: рост числа прилета на кормушку происходил *в отсутствие танцев в улье*. Мы убедились в том, что успешные фуражиры на протяжении первых 15 минут после начала эксперимента рекрутируют других, не совершая танцев.

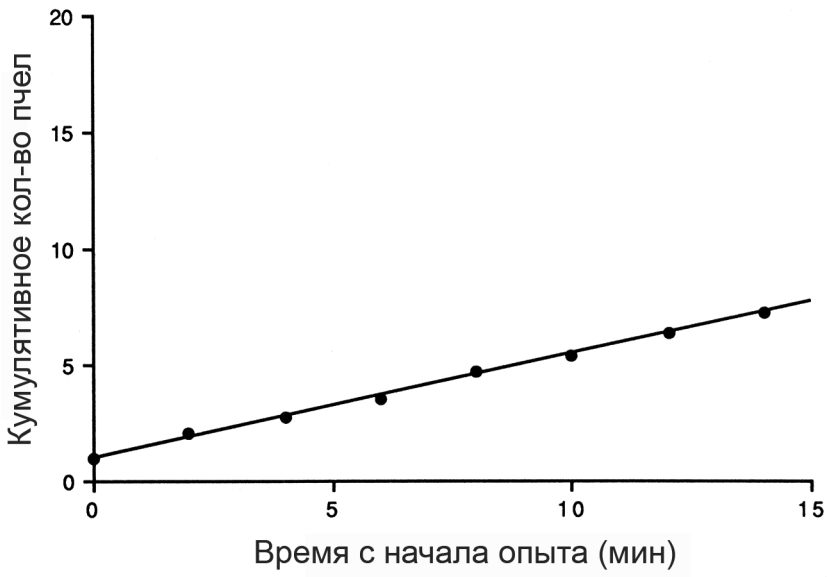


Рис. 7.3. Посещение пчелами (кумулятивное число визитов разных особей) пустой кормушки, на которой регулярные фуражиры успешно кормились накануне опыта (из: Johnson, Wenner 1966).

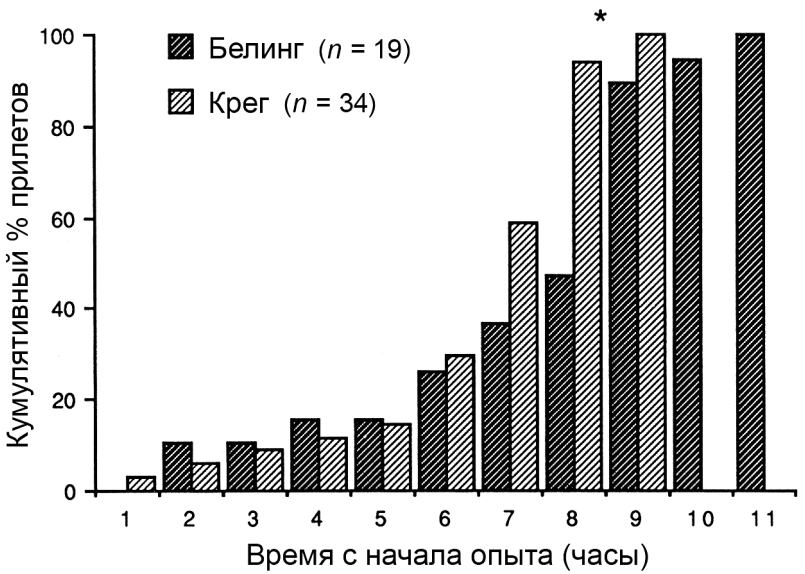


Рис. 7.4. Характер посещение регулярными фуражирами пустой кормушки, которая в полдень нескольких предшествующих дней снабжалась раствором сахара. Время, в которое корм предоставлялся пчелам в эти дни, показано звездочкой. Бейлинг (темные столбцы) делал это после 14.30 (из: Ribbands 1953), Крег — до 16.00 (Craig, неопубл.).

В ходе дальнейших многочисленных экспериментов мы интерпретировали эти аномальные результаты следующим образом. Мы предположили, что стимулом для вылета за взятком может быть запах как таковой. Чтобы проверить так ли это, мы при помощи шприца впрыснули в улей распыленную приманку. Опытные фуражиры мгновенно покинули улей и устремились к знакомой им кормушке, которая в это время была пуста (Johnson, Wenner 1966).

То же самое может иметь место в естественных обстоятельствах. Опытные пчелы навещают время от времени пустую кормушку (или соцветия, которые в данный период времени не продуцируют нектар). Как только фуражир покормится здесь, он летит в улей, чтобы «разгрузиться». В это время запах, адсорбировавшийся на его теле, распространяется в улье, и опытные фуражиры получают информацию о том, что источник пищи снова в их распоряжении. Иными

словами, мобилизация на взяток возможна при отсутствии каких-либо танцев.

Когда этот вывод стал для нас очевиден, мы сделали еще один шаг в сторону изменения наших общих представлений о происходящем. События разворачивались именно в том духе, как об этом писал Кун:

> Первоначально только привычное и ожидаемое открывается взгляду даже в тех ситуациях, где позже обнаружатся аномалии. Далее, однако, появляется ощущение, что не все идет должным образом или что ошибка была допущена где-то ранее. Эта обеспокоенность становится отправным пунктом попыток примирить наблюдаемое с существующей концепцией. И, наконец, сами аномалии становятся предвидимыми. В этот момент можно считать, что сделано открытие (Kuhn 1962/1970*a*: 64).

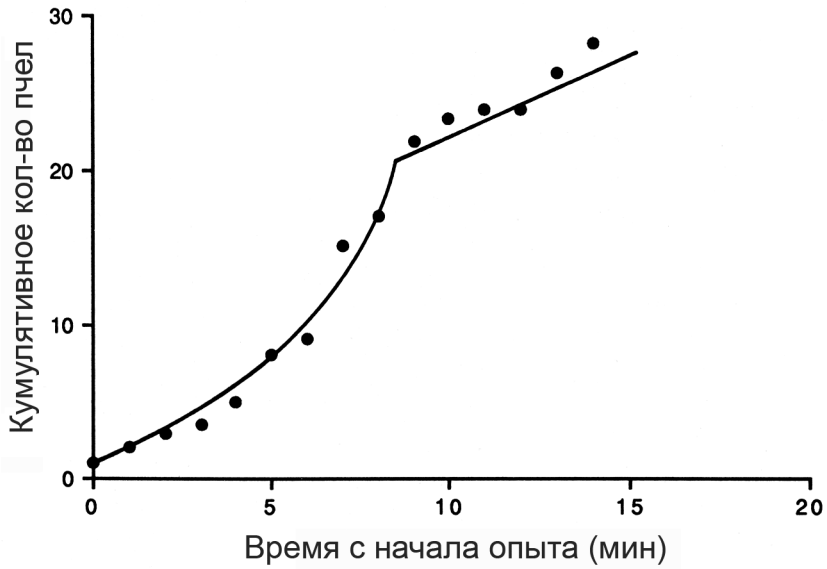


Рис. 7.5. Увеличение мобилизации регулярных фуражиров на кормушку сразу после наполнения ее подкормкой. Фуражиры, очевидно, вырабатывают условный рефлекс на запах места и тем самым вовлекают в приток сюда других регулярных фуражиров (из: Johnson, Wenner 1966). Сравни с рис. 7.3, где показана кривая посещения пчелами пустой кормушки.

Первая фраза в этой цитате соответствовала в нашем случае обнаружению у пчел способности к формированию условного рефлекса. Оказалось, что фуражиры, имевшие опыт сбора взятка, могут передавать усвоенную ими информацию, тем самым вырабатывая у рекрутов тот же самый условный рефлекс. То есть мы вынуждены были придти к выводу, что условные рефлексы и рекрутирование тесно связаны друг с другом.

Вспомним уже цитировавшуюся нами фразу из работы Фриша: «Отсюда следует, что информация (communication) может быть транслирована от пчелы, вернувшейся в улей, одними прикосновениями к другим пчелам, без необходимости какого-либо танца» (Frisch 1947: 13). Однако он не упоминает об этой точке зрения при обсуждении результатов, полученных в 1946 г.:

> Танцы, по-видимому (apparently), «прочитываются» (are understood) пчелами в улье, что может быть показано следующим экспериментом... Если мы снова наполним приманкой кормушку, расположенную на расстоянии от улья, тогда виляющий танец первых же пчел, возвратившихся с добычей, вызовет возбуждение главным образом у той группы пчел, которые уже посещали эту кормушку прежде. Но если мы привнесем раствор сахара в другую кормушку, расположенную ближе к улью, тогда круговые танцы вернувшихся отсюда пчел стимулируют в основном тех, которые прежде кормились на ней» (Frisch 1950: 72).

Из описанных выше экспериментов (например, Wenner, Johnson 1966; Johnson, Wenner 1966), делается ясно, что результаты Фриша, которые были призваны продемонстрировать «язык», столь же хорошо согласуются и с другими взглядами, согласно которым опытные пчелы (т. е. выработавшие соответствующий условный рефлекс) реагируют на привычный им простой стимул (запах), исходящий от вернувшегося фуражира.

До нас Риббандс (Ribbands 1954) также получил результаты, в соответствии с которыми опытный фуражир мог мобилизовать других пчел посредством одного лишь запаха. Он опубликовал статью под названием «Коммуникация у медоносных пчел, часть 1: Реакция пчел, привязанных к месту взятка с помощью запаха».

Следует указать на то обстоятельство, что Риббандс работал в рамках господствующей парадигмы. Здесь мы видим соответствие следующим словам Куна: «только привычное и ожидаемое открывается взгляду даже в тех ситуациях, где позже обнаружатся аномалии». В

самом деле, годом позже Риббандс опубликовал вторую часть своей статьи: «Рекрутирование тренированных пчел и их реакция на улучшение качества приманки». Анализ некоторых полученных им данных и одного из сделанных им выводов показывает, что он очень близко подошел к тем результатам, которые мы опубликовали менее чем через 10 лет позднее. Риббандс писал:

> При благоприятных условиях рекрутирование проходит очень быстро. Например, после полудня 20 августа кормушка была наполнена в 13.20 гринвичского времени, а первая пчела появилась здесь в 13.36. Две другие прилетели в 13.38, и еще одна в 13.39. Отсутствие пчел в другом месте прикормки указывает на возможность того, что упомянутые пришелицы были рекрутированы первой в первый же прилет ее в улей. Она сама вновь вернулась сюда в 13.39. Еще одна появилась в 13.41, две — в 13.42, две — в 13.43, четыре — в 13.44, одна — в 13.45, одна — в 13.46, одна — в 13.48, одна — в 13.49, две — 13.51, одна — в 13.52, одна — в 13.54. Еще одна прилетела только в 15.15 (возможно, стимулированная энергичными танцами после того, как концентрация сахарного сиропа была увеличена мной в 14.00» (Ribbands 1955*a*: 27).

Насколько близко Риббандс подошел к нашим представлениям о «коммуникации посредством условных рефлексов», можно судить по его следующему замечанию: «Линдауер пишет, что пчелы не танцуют до того, как совершат несколько экскурсий к источнику пищи или при концентрации сиропа близкой к пороговой. Однако, время прилета рекрутированных тренированных пчел совместимо *только* с предположением, что первая пчела-разведчик танцует при первом же ее возвращении в улей» (Ribbands 1955*a*: 31 — курсив наш).

Начиная свои эксперименты, мы не были знакомы со статьями Риббандса. Отчасти поэтому мы оказались не готовы обнаружить у пчел условнорефлекторное поведение. Лишь после того как мы представили данные Риббандса в графической форме (рис. 7.6), выяснилось, что они практически идентичны нашим (сравни рис. 7.6 и 7.5). Основное различие состояло в том, что мы наблюдали происходящее в улье и убедились в *отсутствии танцев* в момент первых возвращений пчел сюда (о чем писал и Линдауэр). Привлечение данных по условнорефлекторному поведению было существенным для объяснения наших результатов, чего не мог сделать Риббандс. Однако важно следующее его замечание: «Само по себе присутствие в улье запаха, на который

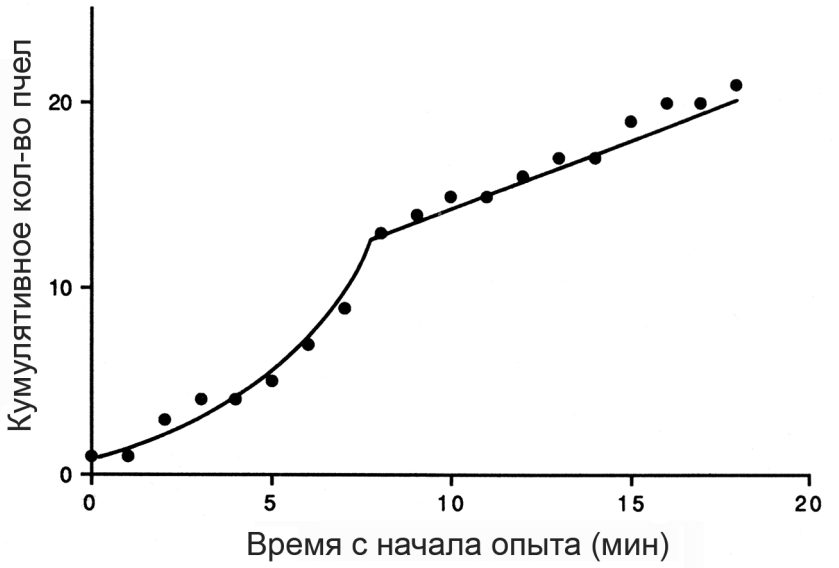


Рис. 7.6. То же, что на рис. 7.5, поданным Риббандса (Ribbands 1955: 27).

были натренированы пчелы, в отсутствие трофаллаксиса[27] и танцев, поощряет опытных пчел отправиться на сбор взятка» (Ribbands 1954: 143).

Теперь для нас стало возможным кратко сформулировать гипотезу, альтернативную той, что провозглашала существование «языка танцев». Речь в ней шла о мобилизции на взяток опытных пчел.

Фуражиры регулярно контролируют известные им источники пищи, даже тогда, когда те не могут быть использованы (этот вывод согласуется с одним из утверждений Фриша, но не соответствует двум другим — см. выше). Если корм снова становится доступным здесь, пчелы, возвращающиеся в улей со взятком, приносят сюда соответствующий запах, адсорбировавшийся на их телах. Он же несет информацию о местонахождении корма. Теперь у фуражиров появляется стимул, чтобы лететь за взятком в то место, которое уже им хорошо известно (Johnson 1967*b*).

Нам стал известен еще один факт чрезвычайной важности. Целый ряд утверждений Фриша (Frisch 1950), которые, по его мнению, бесспорно доказывали использование пчелами «языка», согласно нашим

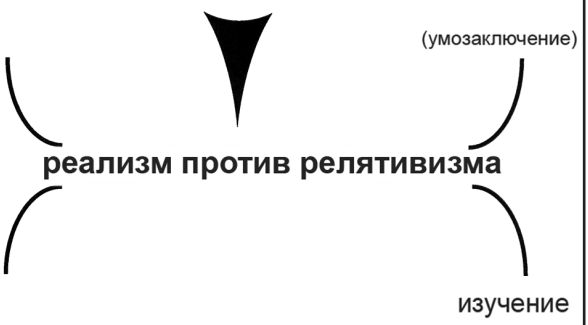
[27] Трофаллаксис — обмен пищей между особями в общинах социальных насекомых. Играет важную роль в интеграции сообщества.

результатам могли быть интерпретированы в качестве примеров важнейшей роли условнорефлекторного поведения в процессе рекрутирования пчел на взяток.

В еще большей мере выросло наше убеждение в важности запаха в процессе рекрутировании неопытных (naive) пчел на источники пищи хорошо известные их опытным партнерам по улью. О том, почему эта уверенность крепла все больше, будет рассказано в следующей главе.

8

Парад аномалий: запах (назад к «изучению» вопроса)



Научная статья опирается на идею индукции и далека от того, чтобы касаться вопроса, как реально идет научное исследование... Она заставляет автора скрывать ошибки, ведущие к неожиданным результатам, фабриковать правдоподобные выдуманные основания для постановки опытов, которые случайно привели к желаемому результату.

Бернард Диксон (Dixon 1973: 43)

Типичная статья в научном биологическом журнале начинается с преамбулы, за которой следуют разделы о методах исследований и результатах, завершается она обсуждением сделанного и (иногда) заключением. Зачастую преамбула содержит краткий обзор написанного ранее на данную тему, поскольку (в соответствии с принятыми нормами) требуется, чтобы стало ясно место статьи среди работ близкого направления и содержания. Идея состоит в том, чтобы автор «стоял на плечах классиков» и расширил знания, полученные ими и их коллегами в том же самом «правильном» направлении. Эта традиционная схема была в деталях проанализирована Мехони (Mahoney 1976: 129).

Те, кто понимают науку в качестве процесса индуктивного, не учитывают, как правило, того обстоятельства, что каждый шаг индукции почти всегда основывается на предшествующей ему неадекватной информации. Мы имеем в виду, что исследователь редко сообщает во всеуслышание, что имело место в действительности. Как писал Мехони, «Вопреки заявлению Девида Юма о несостоятельности (impossibility) «индуктивной логики», сделанному два столетия назад, многие философы науки вновь и вновь предпринимают попытки спасти ее» (Mahoney 1976: 135).

По-иному смотрят на дело некоторые другие представители той же дисциплины. Например, Патнем ясно представляет себе все слабости индуктивного подхода: «Множество сегодняшних неверных воззрений, иногда фундаментального характера,.. есть следствие того, что чисто *формальная* индуктивная логика просто *не может существовать*» (Putnam 1981: 125).

Мехони (Mahoney 1976: 129) перечисляет и обсуждает неадекватные заявления тех, кто следует традиционным представлениям о характере научного процесса. Этот автор называет их «карикатурой» на науку. К разряду таких представлений можно отнести и приверженность принципу верификации (см. гл. 3). В «нормальной науке» (по Куну) исследования с применением этого принципа являются, по существу, вполне распространенным явлением, особенно в обстановке субсидирования науки по системе грантов.

Выяснение роли научения в процессе рекрутирования пчел (гл. 7) помогло нам усовершенствовать постановку дальнейших экспериментов в этом направлении. Но гораздо более важными казались обнаруженные нами аномалии в парадигме «языка танцев», которые касались использования пчелами запаха при рекрутировании. Правда, ничто не казалось в то время твердо установленным. Однако складывалось

общее впечатление, что найдено несомненно нечто принципиально новое и важное, и что нам следует продумывать дальнейшую схему опытов. То, что произошло, удивительным образом напоминало взгляд на науку как на процесс, сформулированный в следующих словах Аткинсона: «[Наука есть] процесс, посредством которого способность людей создавать мысленные образы и манипулировать ими ведет к формулированию идей, концепций и теорий. Они вмещают в себя и соединяют воедино свойственный людям чувственный опыт» (Atkinson 1985: 734).

Не следовало сбрасывать со счетов также качество экспериментальных процедур и позицию научного сообщества, в которое мы были включены. С этой точки зрения при постановке опытов необходимо было учитывать опыт других исследователей, столкнувшихся с фактами, противоречившими общепринятым взглядам. С этими мыслями мы продолжили изучение роли научения и запаха в процессе мобилизации пчел-рекрутов.

Важность локально сконцентрированного запаха в процессе рекрутировании неопытных пчел

В соответствии с гипотезой «языка танцев» рекрутированная пчела, получившая, как считается, из танца фуражира информацию о направлении на источник пищи и расстоянии до него, должна лететь точно в то место, где данный фуражир кормился перед прилетом в улей (Frisch 1950).

Если дело обстоит именно так, то концентрация запаха пищи может играть важную роль только на заключительном этапе полета рекрутов на цель и только для тех из них, которые приближаются к ней с подветренной стороны (см. гл. 5 и прил. 11). Все пчелы, летящие с какой-либо другой стороны, не смогут воспринять запаха цветов и должны ориентироваться исключительно на информацию, полученную из танца.

Мы, однако, обнаружили, что изменения концентрации запаха самого корма и локальных участков местности в целом оказывают существенное влияние на успех рекрутов при сборе ими взятка (см. также Friesen 1973). Осознанию критической важности запаха в этом процессе предшествовало множество экспериментов с неясным исходом. Тем не менее, с каждым разом вопрос прояснялся все больше. Вот несколько примеров.

В окрестностях города Санта-Барбара в Калифорнии, где мы работали, в период с октября по апрель обычно не бывает дождей. Рас-

тительность в эти месяцы либо высыхает, либо находится в состоянии покоя. И вдруг в совершенно неположенное время прошел сильный ливень. Он пропитал влагой слой опавших листьев, из-за чего в месте расположения одной из наших кормушек появился характерный запах влажной растительности. Второе место прикормки пчел, закрытое от дождя широким навесом, осталось сухим.

Хотя обе кормушки содержали один и тот же слабо пахнущий раствор сахара одинаковой концентрации, только первая из них сразу же привлекла к себе множество новых рекрутов. Поскольку число постоянных (помеченных) фуражиров оставалось, как и прежде, одинаковым в обоих местах прикормки, нам стало ясно, что эффект был вызван именно запахом влажной растительности, который адсорбировался на телах пчел, регулярно посещавших первую кормушку. Они принесли его в улей и тем самым мобилизовали прочих его обитателей на посещение этого места.

Было и несколько других случаев, когда внезапное увеличение числа новых рекрутов совпадало с внезапным усилением запаха в данном месте. Как и в описанном выше эпизоде, число фуражиров, регулярно посещавших его раньше, оставалось в таких случаях постоянным. Например, когда ассистент воспользовался средством против загара около одной из кормушек, приток новых рекрутов не прекращался, пока запах лосьона не выветрился.

Другой раз поблизости от нашей прикормочной станции садовод опрыскал кусты сильно пахнущим инсектицидом, что сразу же вызвало приток новых рекрутов именно на эту кормушку. Еще в одном случае внесение в качестве удобрения птичьего помета между ульем и местом прикормки пчел заставило нас отказаться до конца сезона от использования этих кормушек при постановке экспериментов. На первых порах мы пользовались в местах проведения опытов бумажными полотенцами. Когда же выяснилось, что они источают характерный запах бумаги, пришлось заменить их лабораторными фильтрами, что сняло возникшие на этой почве проблемы (Wenner 1971a: 67).

В одном случае события неожиданно приняли форму контролируемого эксперимента. В это время наши меченые пчелы брали взяток в виде лишенного запаха раствора сахара на двух кормушках (либо одной из них), размещенных в противоположных направлениях от улья (ранее мы узнали, что рекруты или вообще не прилетают на корм, лишенный запаха, или появляются здесь в предельно малом числе). Однажды садовод начал косить газон возле одной из кормушек, что сразу же привело к появлению здесь множества новых рекрутов. По

мере того как скошенная трава высыхала, пришельцев становилось меньше и меньше, пока их число не упало до того уровня, который фиксировался на второй кормушке (рис. 8.1). На следующее утро сенокос переместился в ее месторасположение, и увиденное нами накануне повторилось: прилет рекрутов без меток стал интенсивным и постепенно уменьшался до тех пор, пока сено не высохло.

Более забавный эпизод (хотя в то время вызвавший у нас раздражение) произошел, когда ассистент во время опыта необдуманно положил рядом с одной из кормушек использованную им жвачку с запахом гвоздики. Таким образом, гвоздичное масло неожиданно оказалось маркером раствора сахара, используемого в эксперименте. Появилось множество новых рекрутов, причем некоторые из них садились на лицо нашего помощника, который был совершенно подавлен происходящим. Опыты пришлось перенести на следующий день.

В конце концов, для нас стало очевидно, что в тех случаях, когда пища совершенно не имеет запаха и он отсутствует в месте располо-

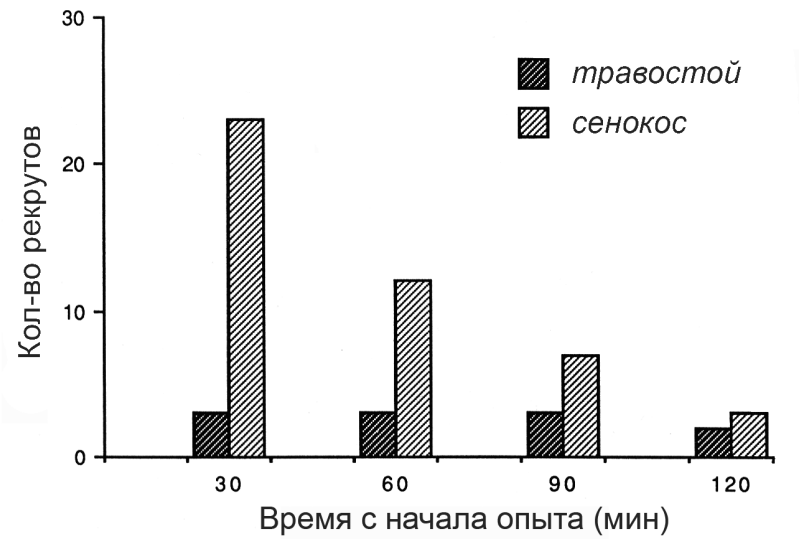


Рис. 8.1. Число немеченых рекрутов, пойманных за каждые 30 мин. на двух кормушках с беззапаховым раствором сахарозы. Светлые столбцы — место сенокоса, где интенсивность запаха свежескошенной травы постепенно уменьшалась по мере ее высыхания. Соответственно, уменьшалось и число пчел, посещавших эту кормушку. Такого снижения прилетов не наблюдали на другой кормушке (темные столбцы), расположенной в противоположном направлении от улья.

жения кормушки, рекруты прилетают сюда в высшей степени редко. Таким образом, в случае использования в качестве приманки раствора сукрозы, не имеющей запаха, появление здесь одиночных рекрутов мы приписывали их положительной реакции на запах самого места как такового. Вот описание одного подобного случая, который произошел незадолго до того, как мы поставили «критический» проверочный эксперимент (см. гл. 10):

> Тот факт, что пчелы определяют местонахождение корма по запаху, кажется особенно вероятным, учитывая крайне низкий темп рекрутирования теми фуражирами, которые регулярно потребляют беззапаховую сахарозу в месте, также лишенном собственного, специфического запаха. Так, 25 июля 1968 г., когда запасы естественного нектара в кормовых угодьях пчел практически отсутствовали, за трехчасовой период в местах прикормки появились только 5 рекрутов из улья численностью около 60000 пчел. В это время 40 регулярных фуражиров (по 10 на каждой из четырех кормушек) совершили 1374 полетов между ними и ульем (Wenner, Wells, Johnson 1969: 84).

Динамика прилета рекрутов во времени

Стандартная экспериментальная процедура состояла в поддержании постоянного числа регулярных меченых фуражиров, посещающих данную кормушку изо дня в день. Чтобы добиться этого, мы сразу же убивали каждую вновь появившуюся пчелу без метки. Если же кто-нибудь из постоянных посетителей исчезал, мы метили новичка и включали его в свою команду. Регулярные фуражиры при полетах между ульем и местом прикормки пользовались наземными ориентирами.

Обычно в начале каждого дня на кормушку с новой порцией раствора сахара вскоре прилетала одна меченая пчела, присутствовавшая здесь и накануне. Спустя некоторое время все прочие регулярные фуражиры начинали летать туда и обратно, демонстрируя, как мы думали, поведение по схеме стимул-реакция (см. гл. 7).

Согласно гипотезе «языка танцев», можно было ожидать, что рекрутирование новичков должно начаться сразу же после того, как первый опытный фуражир вернется в улей и проделает там свой танец. Однако ничего такого не происходило, несмотря на то, что танцы действительно имели место в течение полутора часов после начала регулярных рейсов опытных фуражиров. Но, как правило, в первые

45 минут после начала опытов (рис. 8.2) появлялось очень мало рекрутов. Так была обнаружена еще одна аномалия.

Можно было ожидать также, что определенное, строго фиксированное число опытных фуражиров должно рекрутировать в единицу времени некое определенное число рекрутов. Это предположение не подтвердилось. В действительности, количество рекрутов нарастало каждый день постепенно, на протяжении трех-четырех часов (рис. 8.2). Из чего мы заключили, что запах, переносимый на телах пчел, в ходе каждого эксперимента постепенно накапливается в улье. Регулярность происходящего, отраженная на рис. 8.2, могла, таким образом, свидетельствовать скорее о кумулятивном эффекте увеличения числа полетов пчел между ульем и кормушкой, чем о постоянстве актов рекрутирования новичков посредством информационных танцев (Wenner, Wells, Johnson 1969: 84).

Нам стало ясно также, что рекрут-новичок (newly recruited bee) после вылета из улья должен затратить на поиски источника пищи достаточно продолжительное время, прежде чем он достигнет успеха

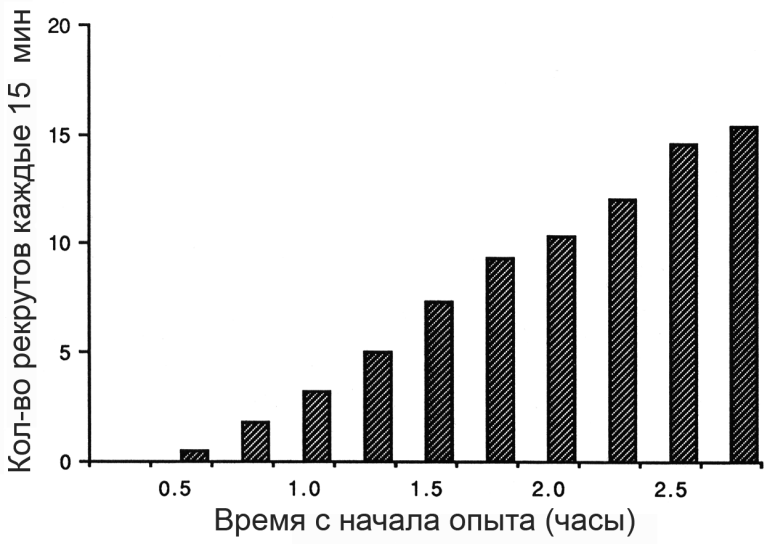


Рис. 8.2. Средние значения уровня мобилизации на протяжении 26 дней. Каждый столбец показывает среднее число рекрутов пойманных за 15 мин. за трехчасовой период. Рекрутирование осуществляли всего лишь 20 регулярных фуражиров, совершавших полеты между кормушками и ульем. Если бы рекрутирование происходило посредством танцев, оно должно было бы иметь устойчивый характер, и высота столбцов была бы одинаковой.

(см. также: Esch, Bastian 1970; Gould et al. 1970; прил. 13). В силу этого должно увеличиваться число летающих пчел всюду вокруг улья и, особенно, в пространстве между ним и источником пищи (Friesen 1973; Wenner 1974; см. также гл. 10). Так мы сделали еще один шаг в сторону понимания методики постановки эксперимента для строгого тестирования предсказаний гипотезы «языка танцев».

Вмешательство в процесс рекрутирования извне

После того как мы узнали, что аномалии *вполне возможны*, сюрпризы стали попадаться на нашем пути все чаще (хотя ставили нас в тупик все реже). Один из наиболее поразительных эпизодов произошел, когда мы невольно включили в стандартную серию экспериментов с участием пчел одного улья обитателей другого. Пчелы первого улья привычно посещали две кормушки, расположенные в противоположных направлениях от него. Второй улей располагался в 280 метрах от первого и на расстояниях 360 и 390 метров от двух экспериментальных кормовых столиков, с подветренной стороны от них (рис. 8.3).

Первый, экспериментальный улей населяли темные европейские пчелы, во втором жили светлые пчелы, которые генетически отличаются от первых только окраской (отсутствием темного пигмента). Это давало нам возможность различать пчел из двух ульев во время опыта. Было ясно, что наши кормушки с сахарным сиропом с добавлением гвоздичного масла посещали только пчелы из первого улья, а обитатели второго собирали нектар с растений в своих кормовых угодьях.

В один из дней, когда по ходу эксперимента на кормушках происходило постепенное увеличение рекрутов из улья I, мы решили попробовать привлечь на те же кормовые столики пчел из улья II без какой-либо предварительной тренировки (см. прил. 9). Мы просто открыли крышку этого второго улья и щедро брызнули на соты раствором сахара с запахом гвоздики, на который были давно прикормлены пчелы из экспериментального улья I. Предполагая, что после этой операции светлые пчелы полетят на наши кормушки, мы не учли того, что новый запах (в данном случае гвоздики) нужно было вносить в этот улей в течение нескольких дней. Так или иначе, светлые пчелы не полетели на кормушки.

Вместо этого произошло то, чего меньше всего ожидали. Наблюдатели, следившие за обоими прикормочными столиками, вдруг увидели, что прилет немеченых рекрутов прекратился, хотя меченые регулярные фуражиры продолжали собирать здесь взяток, как и прежде. Одновременно с этим началось нашествие темных немеченых пчел из улья I в улей II. Несмотря на атаки со стороны хозяев, пришельцы пытались собирать пахнущий гвоздикой раствор сахара прямо внутри улья. Поскольку, согласно гипотезе «языка танцев», рекруты должны были собирать взяток только с кормушек, случившееся казалось совершенно непонятным.

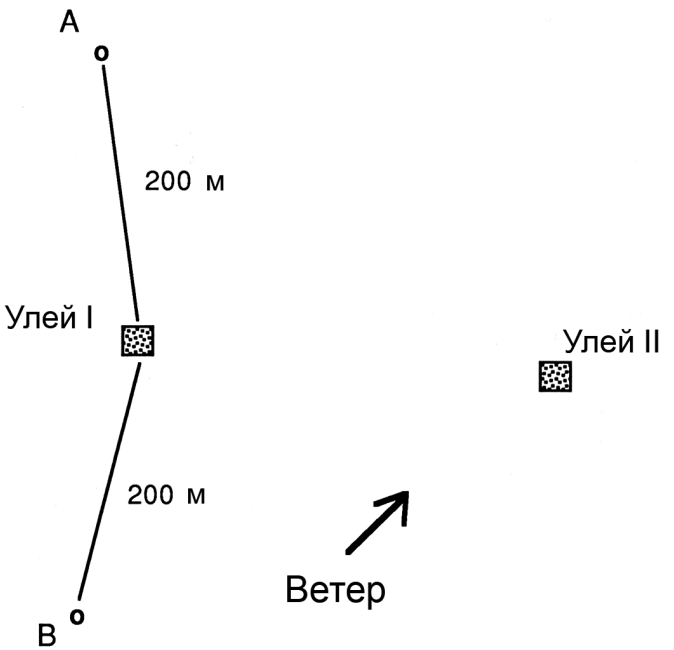


Рис. 8.3. Размещение ульев (каждый населен пчелами одного цвета, различного для разных ульев) (из: Wenner 1971). По 10 темных фуражиров из улья 1 регулярно кормились на кормушках А и Б, содержащих раствор сахара с запахом гвоздики. Светлые пчелы из улья 2 (280 м с подветренной стороны от улья 1 и кормушек) использовали только естественные источники пищи.

При внезапном внесении раствора сахара с запахом гвоздики в улей 2 (со светлыми пчелами) рекрутирование новичков из *улья 1* (темные пчелы) на кормушки А и Б резко сократилось. Между тем, регулярные фуражиры продолжали посещать эти кормушки. Если бы рекруты из улья 1 использовали «языковую» информацию и теперь, появление запаха гвоздики в улье 2 не повлияло бы на происходящее в улье 1 и на кормушках.

Иными словами, результат этого заранее не спланированного эксперимента выглядел типичнейшей аномалией. В самом деле, гипотеза Фриша предсказывала, что раз опытные фуражиры своими танцами указали рекрутам местоположение кормушек, те не должны были собирать взяток совсем в другом месте, и уж тем более не около чужого улья. Таким образом, эти наблюдения очевидным образом противоречили предсказаниям гипотезы «языка танцев», согласно которым фуражир, покидающий улей, устремляется «точно на цель».

Из этого незапланированного опыта мы заключили, что рекрутированная пчела (newly recruited bee) начинает поиски пищи с наветренной стороны от ее источника, направляясь в его сторону против ветра. Затем, если ей удалось уловить аромат, на который она была рекрутирована, она поворачивает против ветра и движется к источнику запаха, отклоняясь поочередно вправо и влево, как показано на рис. 5.1 (см. прил. 11).

Рекрутирование на дезориентирующий танец

Экспериментальный анализ процесса рекрутирования может быть проделан в ситуации, когда фуражир танцует не на вертикальной поверхности сота, а на горизонтальной плоскости (см., например, Frisch 1950: 87). Во втором случае, если танцующая пчела может видеть небо, ее танец дает информацию о направлении для *человека-наблюдателя*, поскольку прямолинейные пробеги насекомого действительно ориентированы в сторону источника пищи, который оно только что посетило.

Когда же фуражир не видит неба, танец на горизонтальной поверхности не содержит информации о направлении, оказываясь, таким образом дезориентирующим. Если поставить серию экспериментов, в которых фуражир выполняет такие «дезориентирующие» танцы, можно устранить трансляцию какой-либо реальной информации о направлении от фуражира к рекруту. Последний оказывается лишенным указаний о направлении на цель.

Мы проделали серию таких экспериментов (по три часа в день на протяжении 11 дней). Наши опытные фуражиры танцевали по возвращении в улей на особым образом подготовленной горизонтальной поверхности. За пределами улья эти меченые пчелы посещали какую-либо из двух кормушек с раствором сахара разной концентрации (1.8 и 1.3М), помещенных в разных местах. Каждый день этим фуражирам

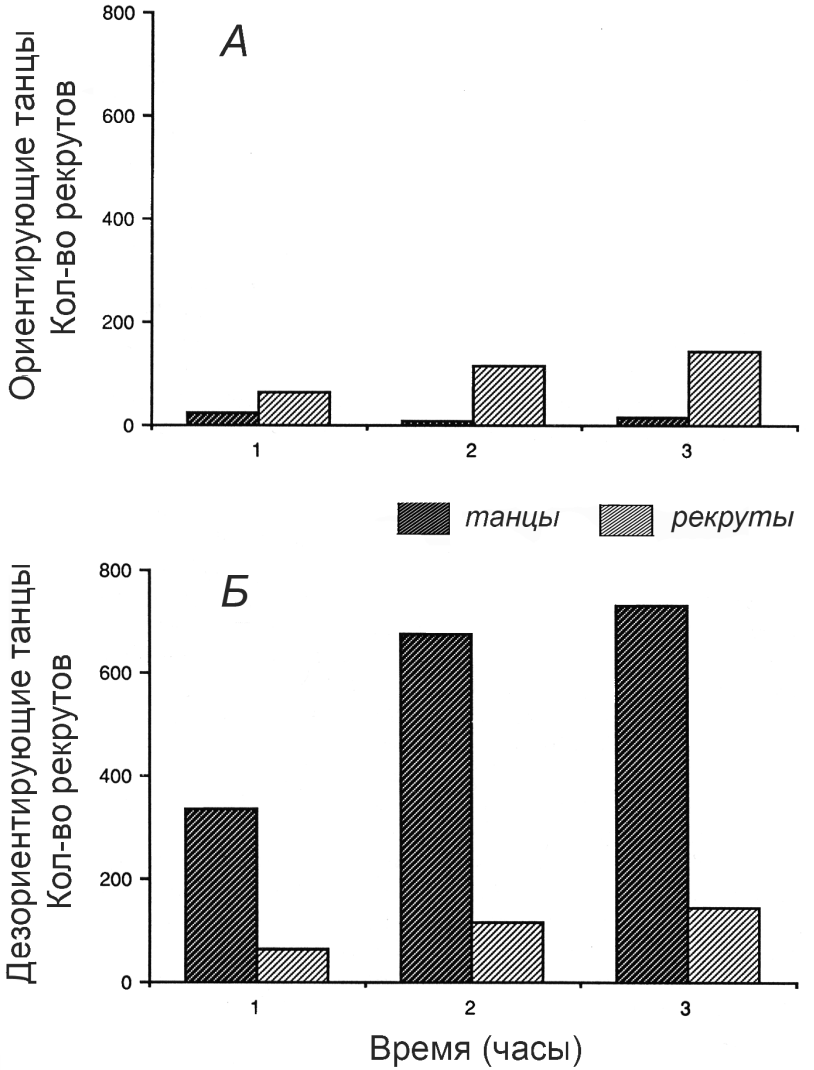


Рис. 8.4. Частота ориентирующих и дезориентирующих танцев в сравнении с частотой посещения кормушек рекрутами (по данным табл. 1 в работе: Wells, Wenner 1973). А) В эксперименте частота ориентирующих танцев (темные столбцы) была низкой и не коррелировала с частотой прилетов рекрутов на кормушки (светлые столбцы). Б) Дезориентирующие танцы (темные столбцы) были многочисленны. В результате накопления запаха в улье (за счет аккумуляции здесь пахучего раствора сахара, приносимого фуражирами с кормушки), увеличивалась и частота прилета рекрутов на кормушки (светлые столбцы) хотя адекватная «языковая» информация отсутствовала.

были доступны оба места прикормки (Wells, Wenner 1973). Если раствор был более концентрированным, мобилизация рекрутов оказывалась более эффективной (см., например, Gould et al. 1970).

В итоге менее 3 % (50) ориентирующих танцев были проделаны нашими мечеными пчелами на поверхности сот (рис. 8.4A) и 97 % (1 743) дезориентирующих — на горизонтальной платформе (рис. 8.4B). Выходит, что потенциальные рекруты не получали от танцовщиц практически никакой информации о направлении. Если запах места, где расположена кормушка, не влияет на успешность рекрутов (поскольку может играть роль только в финальной фазе приближения к цели), можно было предположить, что в данной ситуации сколько-нибудь значимой разницы в количестве их прилетов на ту или другую кормушку не будет.

Оказалось, однако, что это не так. Кормушку с раствором более высокой концентрации неизменно посещало большее число рекрутов (рис. 8.5C). Вывод оказался совершенно ясным: не получая в улье практически никакой информации о направлении, рекруты предпочитали собирать взяток в том месте, где корм был более калорийным.

Результаты говорили также о том, что рекруты используют какой-то запах, не воспринимаемый нами, но очевидный для них. Не имея каких-либо других объяснений, мы предположили, что это может быть аромат, характерный для всего того места, где находится кормушка (см. выше, *Важность локально сконцентрированного запаха...*).

Все сказанное свидетельствовало, что после того, как рекрут прореагировал на запаховый стимул, исходящий от опытного фуражира, он вовсе не летит к цели по прямой, но прибегает после вылета из улья к некоему специфическому поисковому поведению (см. прил. 11). Фризен (Friesen 1973) предположил, как именно организованы эти поисковые полеты и приступил к их изучению. Далее мы расскажем о некоторые из полученных им результатов.

Распределение пчел, занятых поисками корма, в пространстве

Если пчелы не летят «точно на цель», то каков характер их действий? Фризен (Friesen 1973) поставил эксперимент, в котором пчелы одного улья были натренированы посещать единственную кормушку. Он установил, что при уменьшении числа опытных фуражиров вдвое количество успешных рекрутов уменьшается лишь на четверть. Этот результат очевидным образом не укладывался в гипотезу «языка

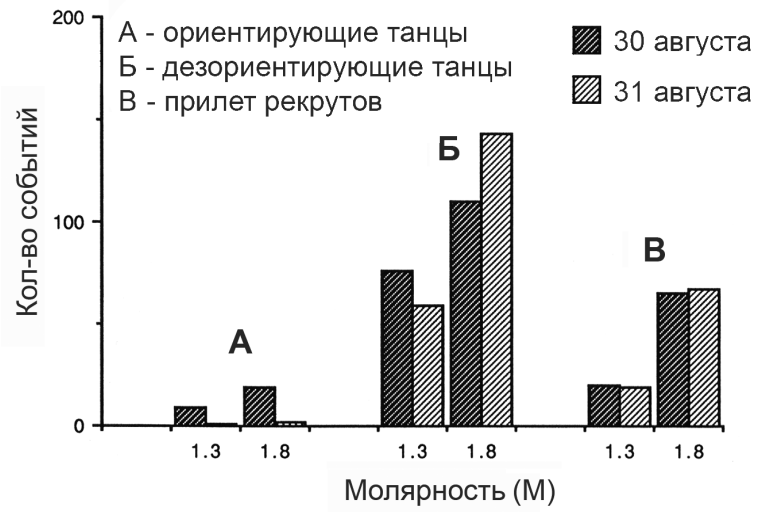


Рис. 8.5. Влияние на показатели прилета рекрутов частоты танцев в улье при разной концентрации раствора сахара на кормушке (По данным табл. 2 в работе: Wells, Wenner 1973). А) Частота ориентирующих танцев в улье при концентрациях прикормки 1.3 и 1.8 молей. Б) То же, дезориентирующие танцы. В) Показатели прилета рекрутов. Обратите внимание, что значение прилета рекрутов 31 августа оставалось тем же, что и накануне, несмотря на то, что количество ориентирующих танцев (при обоих концентрациях прикормки) снизилось в этот день почти до нуля (см. А).

танцев». Ведь определенное количество фуражиров, совершающих определенное число полетов между ульем и кормушкой в единицу времени, должны демонстрировать столько же танцев в улье и, следовательно, мобилизовывать на взяток столько же рекрутов за данный отрезок времени.

У Фризена возникло подозрение, что рекруты, вылетающие за взятком, полагаются скорее на запах и/или на плотность пчел в данной местности (в районе кормушки и/или в воздухе между ней и ульем), чем на частоту танцев в улье.

На протяжении четырех часов Фризен проводил учет числа полетов фуражиров за каждые 15 минут. Одновременно фиксировалось количество рекрутов, посетивших кормушку за то же время. Через два часа после начала наблюдений пахучая приманка на кормушке была быстро заменена на лишенную запаха. Прилет рекрутов сразу же прекратился (показано стрелкой на рис. 8.6А), а затем их количество стало постепенно нарастать в стандартном режиме (см., например, рис. 8.2).

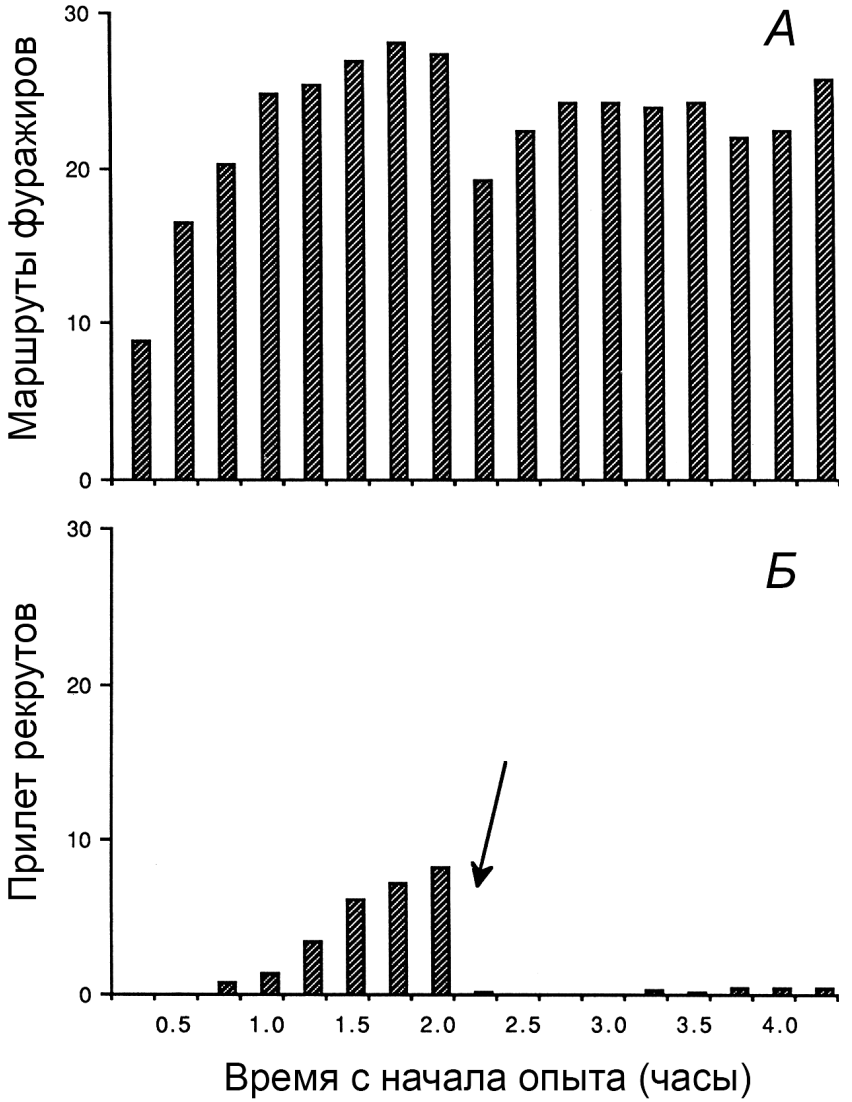


Рис. 8.6. Частота прилетов регулярных фуражиров (А) и рекрутов (Б) в опыте с заменой пахучей прикормки на беззапаховую (показано стрелкой). Темп прилета фуражиров снизился лишь ненамного, а рекрутов почти до нуля (вопреки тому, что с удалением запаха частота танцев в улье должна была возрасти) (из: Wells, Wenner 1971).

При этом, однако, темп посещения кормушки опытными фуражирами изменился несущественно, лишь немного сократившись после внесенных изменений (рис. 8.6В). Этот неожиданный (аномальный) результат имел место даже вопреки тому факту, что частота воспроизведения танцев в улье более высока, когда пчелам предлагается беззапаховая приманка, чем при использовании ими корма с запахом (Wells, Wenner 1971).

Чтобы узнать, каким образом пчелы распределяются в пространстве после вылета за взятком (поскольку было уже ясно, что они не летят к «точно к цели»), Фризен поставил еще один, более сложный эксперимент. Он поместил два улья на расстоянии 600 метров друг от друга таким образом, что оба они располагались по направлению господствующего ветра (рис. 8.7). В одном улье жили темные пчелы, в другом — светлые. Между ульями по прямой с интервалами 75 метров расставили пять кормушек. Все это давало возможность оценить относительный успех рекрутов, вынужденных лететь к кормушкам с попутным ветром или против него.

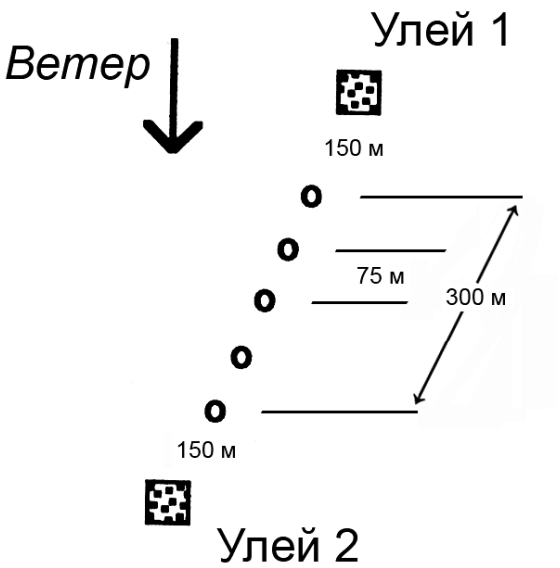


Рис. 8.7. Схема расположения ульев и кормушек относительно направления ветра (стрелка). Каждый улей населен пчелами одного цвета (различного для разных ульев). Влияние направления ветра на поисковое поведение фуражировничков показано на рис. 8.8 и 8.9 (из: Friesen 1973).

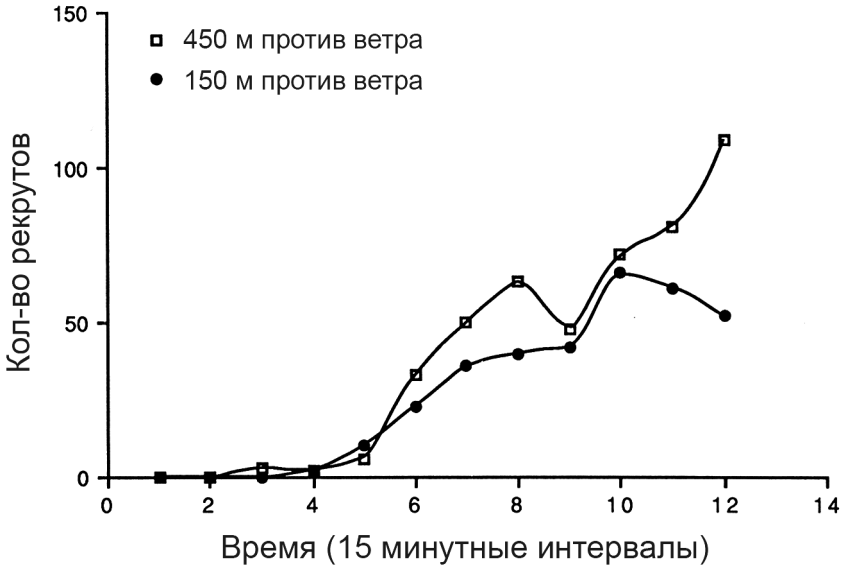


Рис. 8.8. Сравнение эффективности поиска кормушек рекрутами из улья 2 (рис. 8.7) при полете их *против ветра*. Кривые посещаемости кормушек, разделенных расстоянием 300 м, почти не отличаются друг от друга.

Полученные результаты никак не соответствовали предсказаниям гипотезы «языка танцев». Если бы рекруты полагались на указания, полученные из танцев, положение кормушек относительно направления ветра не должно было бы влиять сколько-нибудь существенно на частоту посещения ими кормушек. В действительности же процесс рекрутирования в разных ульях выглядел совершенно иначе. Оказалось, что различия в доступности ближайшей к улью кормушки и наиболее удаленной от него стали принципиальными для пчел из разных ульев. Так, различия в расстояниях от улья до кормушек почти не влияли на частоту их посещаемости пчелами из улья II, которые летели за взятком против ветра (рис. 8.8). Здесь и на самой ближней, и на наиболее удаленной кормушке количество визитов фуражиров постепенно нарастало в стандартном режиме (как было ранее показано на рис. 8.2).

Совершенно иначе вели себя рекруты из улья I. Судя по рис. 8.9, для его обитателей оказалось проблемой даже найти кормушку, наиболее удаленную от улья. Из этого можно сделать более общий вывод.

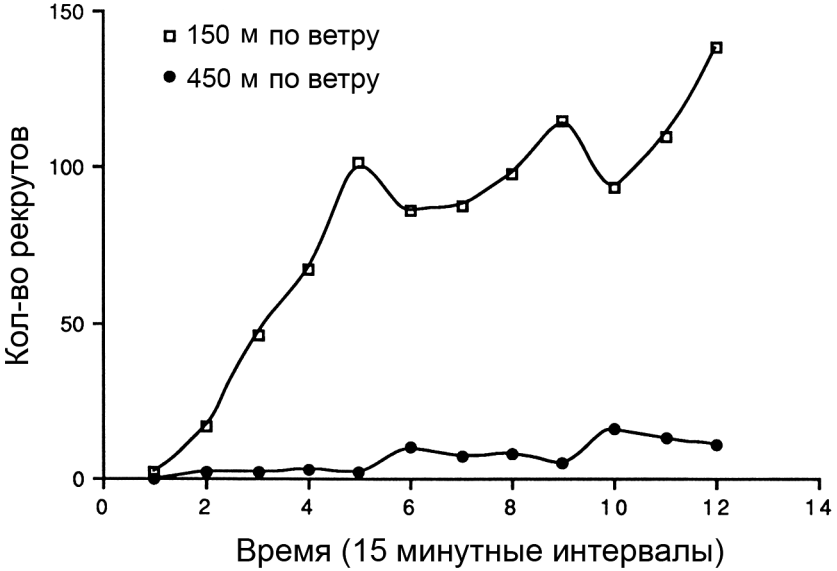


Рис. 8.9. Сравнение эффективности поиска кормушек рекрутами из улья 1 (рис. 8.7) при полете их *по ветру*. Они легко находят кормушку, расположенную в 150 м от улья, и с большим трудом ту, которая отстоит от нее на 300 м (450 м от улья). Такие различия не могли бы существовать, если бы рекруты использовали информацию, содержащуюся в танцах.

Если бы пчелы руководствовались только информацией, полученной из танцев опытных фуражиров, то при полете из улья *по направлению ветра* им было бы сложно обнаружить цель, удаленную от их жилища всего лишь на километр или немногим более.

В некотором противоречии с основной тенденцией, выявленной Фризеном, оказался следующий факт. Посещаемость двух кормушек, ближайших к улью I, откуда пчелы летели по ветру, была существенно более высокой, чем двух, наиболее близких к улью II, расположенного «лицом к ветру» (сравни рис. 8.8 и 8.9; см. также прил. 11 и гл. 12).

Еще один эксперимент Фризена (Friesen 1973) отчасти прояснил это противоречие, пролив дополнительный свет на особенности поискового поведения рекрутов. В этом случае пчелы из одного улья были натренированы на посещение двух кормушек. Она из них располагалась в 360 метрах от улья, перпендикулярно господствующему ветру, а другая на точно таком же расстоянии, но по направлению ветра (рис. 8.10). В соответствии с гипотезой «языка танцев», рекруты

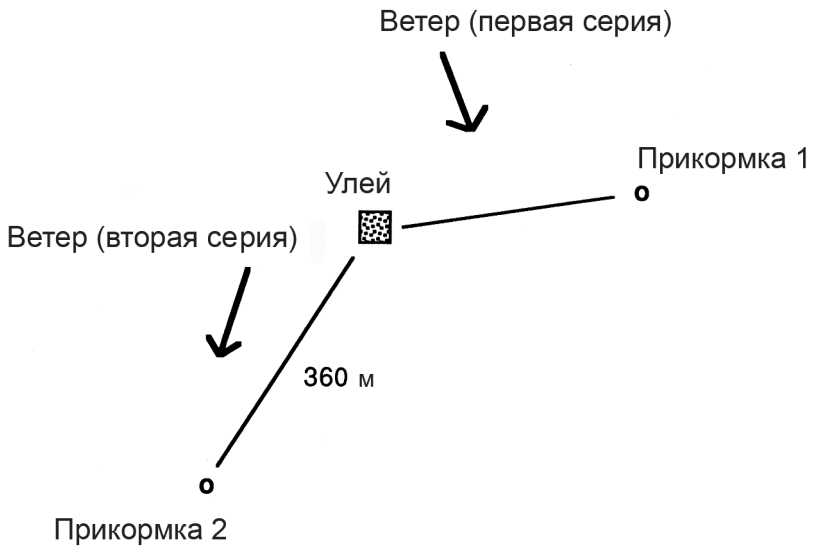


Рис. 8.10. Размещение двух кормушек на одинаковых расстояниях от улья. В первой серии экспериментов фуражиров прикормили на той, что находилась *поперек* движения ветра, во второй серии — с подветренной стороны от улья (из: Friesen 1973). Если бы рекруты использовали информацию, содержащуюся в танцах, характер посещения обеих кормушек рекрутами был бы примерно одинаков. Истинные результаты сравнения показаны на рис. 8.11.

должны были посещать обе кормушки с примерно равной частотой, поскольку на обеих предварительно прикормили одинаковое число опытных фуражиров.

Результат этого эксперимента также полностью противоречил предсказаниям гипотезы «языка танцев». На кормушке II, расположенной по направлению ветра, рост числа прилетов рекрутов шел очень медленно (рис. 8.11A). Другую кормушку I они посещали гораздо более охотно (рис. 8.11B). Здесь количество визитов фуражиров постепенно нарастало в уже знакомом нам стандартном режиме (рис. 8.2).

Фризен обнаружил еще один неожиданный факт, связанный с влиянием ветра на успех рекрутов при поисках ими источника пищи. Число прилетов рекрутов, летящих по ветру (как обитатели улья I на рис. 8.7), увеличивалось всякий раз при легком увеличении его скорости. Такого рода вариации были гораздо менее выражены в поведении пчел, летящих к месту кормежки против ветра (из улья II, тот же рисунок).

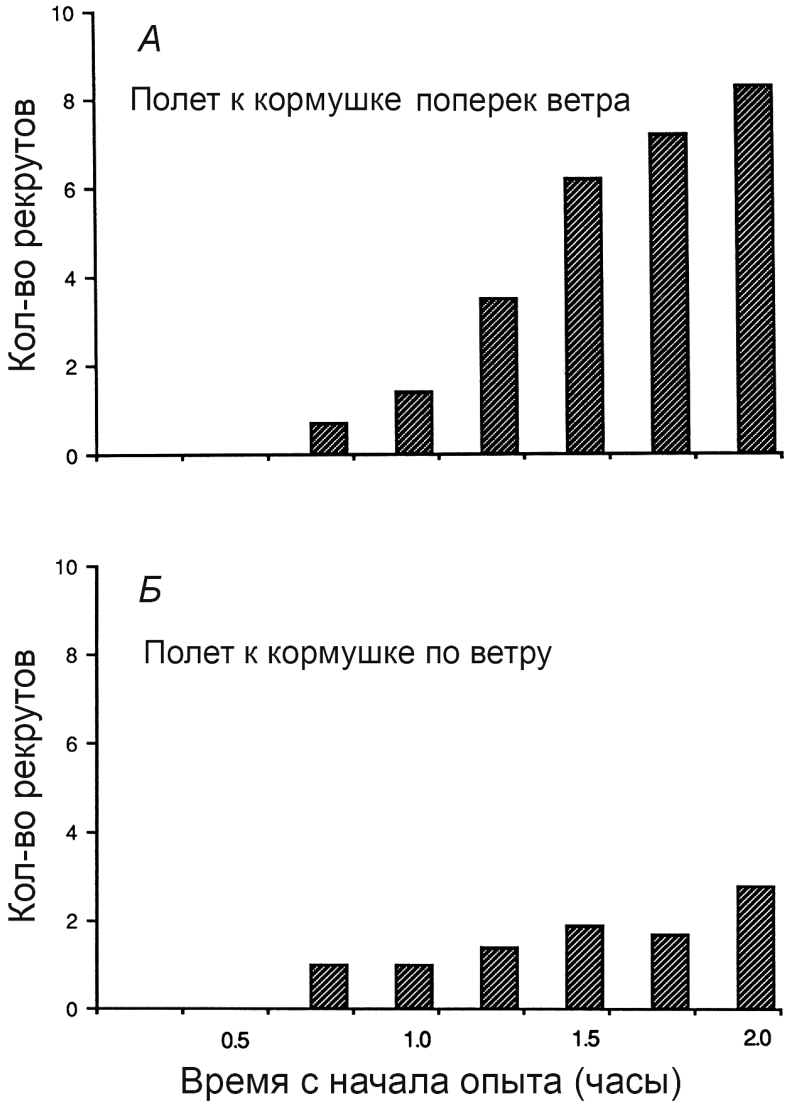


Рис. 8.11. Характер посещения рекрутами двух кормушек, размещенных в разных направлениях от улья (см. рис. 8.10; из: Friesen 1973). А) Прилет в единицу времени на кормушку 1 (ветер дует *поперек* линии между ней и ульем). Сравни с рис. 8.2. Б) То же, на кормушку 2 (пчелы летят *по ветру*). Если бы рекруты использовали информацию, содержащуюся в танцах, характер посещения обеих кормушек рекрутами был бы примерно одинаков.

Чтобы узнать, сколько времени пчелы затрачивают на полет за взятком, Фризен использовал еще один прием. Пчела, не обремененная взятком, летит со средней скоростью 7.5 метров в секунду (Wenner 1963; см. также прил. 13). Таким образом, полет от улья до кормушки, расположенной в 300 метрах от него, потребовал бы, в соответствии с теорией Фриша, немногим менее минуты (см. об этом гл. 1 и 4). Фризен периодически закрывал леток улья, препятствуя тем самым на короткое время вылету рекрутов. В результате ему удалось установить, каково минимальное и максимальное время полета на 300 метров при попутном и встречном ветре.

Открывая леток, исследователь фиксировал время первого вылета регулярного фуражира, а затем замечал, спустя какой промежуток времени прилетит к улью первый рекрут. Эти измерения минимального времени полета не принесли никаких неожиданностей.

Данные по максимальной продолжительности полетов были получены следующим образом. Фризен отмечал, через сколько времени после закрытия летка в улей прилетит последний рекрут. (Регулярные фуражиры прекращали полеты за взятком в момент перекрывания входа в улей, поскольку они лишались при этом возможности оставить принесенную ими добычу в ячейках сота).

Максимальное время полета оказалось существенно различным у пчел из двух ульев. По данным четырех экспериментов, оно составляло 24.3 минуты для тех немеченых пчел, которые летали за взятком по ветру. Для тех же, которым пришлось лететь против ветра, цифра была существенно ниже — только 8.8 минут. В обоих случаях полеты были чересчур длительными, чтобы утверждать, что в ответ на танец пчела устремляется к цели «по прямой».

Такой полет «точно» на источник пищи, якобы диктуемый языком танцев, требует намного меньше времени, чем указал Фризен. Рекруты-новички (newly recruited bees) наверняка вынуждены обследовать обширные площади, прежде чем найдут искомое, если вообще смогут добиться успеха. Результаты описанных опытов заставили Фризена придти к следующему заключению:

> Гипотеза, которая согласуется с данными моих экспериментов, говорит о том, что пчелы в поисках источников питания собираются в том или ином месте как под влиянием его собственного запаха, так и того, который адсорбировался на самих насекомых. Количество и время прилета рекрутов на контрольный пункт, помещенный в точке такой концентрации, будет зависеть от запаха, доминирующего в

данном месте, и от динамической плотности пчел, ориентированных на поиск этого запаха (Friesen 1973: 121).

На основании опытов, проделанных Фризеном и нами, мы выявили аномалии и в бытующих представлениях об использовании успешными фуражирами железы Насонова. Полученные данные не подтверждали прежние предположения, что она обладает некими важными «функциями» (см. прил. 10). Вновь оказалось, что ожидания не соответствуют реальности.

Все те аномалии, с которыми мы столкнулись, производили сильное впечатление степенью их несоответствия гипотезе Фриша. Сами пчелы убедительно показали нам, что широко принятая гипотеза, на которой строилась программа наших исследований, оказалась неадекватной. Кроме того, стало еще яснее, что сама концепция, лежащая в основе исследований рекрутирования у пчел, потеряла статус научной гипотезы. Выходило так, что некоторые исследователи (и мы в том числе) находятся в тисках парадигмы, «правящей теории». Взгляды, составляющие ее, к тому времени превратились в догматы, не подлежащие обсуждению членами научного сообщества.

Но мы пренебрегли опасностями противодействия «коллективной мудрости» и решили двигаться дальше. Следовало поставить эксперимент для проверки гипотезы с применением принципа фальсификации. К тому времени стало ясно, что это будет первая попытка тестирования гипотезы — через 20 лет после ее появления на публике. Что именно было сделано нами, изложено в двух последующих главах.

9

Новый подход: тестирование гипотезы языка танцев у пчел

Как могу я убедить сэра Карла..., что он призывает видеть в утке кролика? Как я могу показать ему, каков будет мир, увиденный через мои очки, если он уже научился смотреть через свои на всё, о чем говорю я?

— Томас Кун (Kuhn 1970b: 3)

В соответствии с методом «правящей теории» усилия направлены на поиски фактов, поддерживающих ее. В случае применения рабочей гипотезы факты ищут, чтобы сделать заключение и продемонстрировать его. Здесь гипотеза служит не более чем средством научного поиска.

— Томас Чровдер Чемберлин (Chamberlin 1890/1965: 755)

Биологи обычно не принимают во внимание результаты поисков философов науки, а также социологов и психологов, занимающихся ее проблемами. Как правило, биологам кажется, что все это не имеет отношения к их деятельности. В лучшем случае, они принимают тезисы той или иной философской системы, когда не отрицается полезность диктуемого ей подхода. Один из наиболее очевидных случаев такого восприятия идей — это одобрение подхода, основанного на принципе фальсификации гипотезы, предложенный Карлом Поппером (тестирование нулевой гипотезы).

Мы полагаем, что при более широком признании идеи Аткинсона качество биологических исследований могло бы существенно повыситься. Согласно ей, ученый создает «мысленный образ» происходящего и позже может «обратить других в свою веру», если для этого будут найдены достаточные основания. Более четкое осознание важности «человеческого фактора» в научном процессе полезно для всех его участников.

История и философия науки показывают, что подход ученого в решении стоящих перед ним вопросов во многом определяется традициями исследований в данной области и отношениями с другими людьми в карьере конкретной персоны. Это значит, что исходные основания, с которыми ученый приступает к исследованиям, могут варьировать в гораздо более широких пределах, чем принято думать.

Уже в тот ранний период, когда противостояние на почве «языка танцев» у пчел только зарождалось, мы осознали, что отнюдь не реальные экспериментальные факты служат предметом возникших дебатов (см. Veldink 1989). В центре наших возражений Фришу и его последователям стоял вопрос, *подлежит ли вообще обсуждению* гипотеза «языка танцев» и связанные с ней представления об использовании пчелами солнечного компаса. Как стало ясно позже, каждое из этих построений утратило статус научной гипотезы и, вместе взятые, они превратились в правящую парадигму.

Наши доводы против гипотезы «языка танцев», основанные на строгих экспериментах, были восприняты как чудачество теми, кто находился во власти этой парадигмы. Ситуация очень напоминала позицию Куна в его дискуссии с Карлом Поппером:

> Сэр Карл и я оперируем одними и теми же данными; мы видим одни и те же строки в одной и той же статье. Говоря о том, что здесь написано, мы часто реагируем на данные и строки практически одинаково... И, тем не менее, мой опыт убеждает меня, что, по сути дела, мы имеем

> в виду разное, говоря об одном и том же. Хотя строки одни и те же, образы, которые стоят за ними, различны. Вот почему я утверждаю, что нас разделяет приверженность к разным гештальтам, а не просто несогласие в деталях. Вот почему самое интересное для меня сейчас состоит в том, чтобы разобраться, в чем же тут дело (Kuhn 1970b: 3).

Многие научные исследования заранее никак не планируются. Они порождают неожиданные результаты, ведущие к новым идеям. Каждый такой сдвиг в воззрениях (см. рис. 3.1), может привести к «смене гештальтов», как об этом говорил Томас Кун. Это преобразование во взглядах, инициированное только одним членом научного сообщества или малым их числом, может вести к возникновению противостояния, что хорошо известно философам науки, социологам и психологам, работающим в смежных областях знания. С этой точки зрения, научное противостояние есть, главным образом, следствие фундаментальных различий в подходах и изначальных основаниях.

Возникновение противостояния может оказаться результатом того, что группа исследователей внезапно сменила «очки» (см. эпиграф к этой главе), которые привычно продолжают носить другие ученые, работающие в той же области. Научное сообщество в целом не имеет доступа к новым «очкам», ибо его члены продолжают находиться в плену традиционных подходов и мнений. Но, к сожалению, сами *участники научного процесса* обычно убеждены в том, что суть противостояния — это несоответствие в экспериментальных протоколах или в их интерпретациях.

Один из недавних эпизодов такого рода противостояния — хорошо известное сегодня длительное неприятие идей Нобелевского лауреата, генетика Барбары МакКлинток (См. Голубовский 2001, Keller 1983).

От верификации к фальсификации

Когда от принципа верификации мы перешли к попыткам фальсифицировать гипотезу «языка танцев» пчел, то есть проверить ее соответствие реальности в строго поставленных экспериментах (Johnson 1967a; Wenner 1967), по сути дела, произошла смена гештальта и изменился сам стиль нашего мышления. Теперь мы смотрели на проблему через новые очки.

Считается, что ученые с готовностью принимают мнения, отличные от их собственных. Однако, когда вы предлагаете свою статью в

журнал, враждебность со стороны анонимного рецензента (см., например, прил. 5) трудно объяснить иначе, как его недоверием к вашим новым «очкам». Именно это с нами и произошло, когда в наших работах появилась принципиально новая, непривычная для широкого научного сообщества перспектива.

Реакция на предложенные нами идеи очень напоминала отклики на книгу Мехони (Mahoney 1976) с приведенным в ней разбором рецензий на статьи, не соответствовавшие превалирующей парадигме. Негодование оказалось столь велико, что некоторые предлагали исключить Мехони из Американской психологической ассоциации (см. *Science* [1986], с. 1333).

Однако никто не сможет носить старые очки после приобретения лучшей пары. Или, другими словами, невозможно вернуться к оставленным идеям, если перед вами открылись неожиданные и более адекватные перспективы исследования. В данном случае мы не могли уже задавать вопросы типа «Почему пчелы танцуют?». Теперь мы видели, что ответ должен быть получен на вопрос: «Как именно рекрутированная пчела находит источник пищи, использованный до этого успешным фуражиром?». Так мы впервые пришли к необходимости тестировать гипотезу языка танцев с критических позиций.

Те же, кто находились в плену парадигмы «языка танцев», не видели никакой необходимости ставить этот вопрос, казавшийся нам тогда самым важным.

Выявленные нами аномалии, (гл. 5, 7 и 8 книги) все вместе создавали прочное основание для формулирования нулевой гипотезы: «Пчелы *не* используют информацию о направлении на источник пищи и о расстоянии до него, хотя такая информация содержится в их танцах». На языке подхода, взятого нами на вооружение, это значило, что нулевая гипотеза не фальсифицирована. Гипотеза «языка танцев» оставалась непоколебимой, она была принята научным сообществом и повторялась несчетное количество раз в статьях, книгах и средствах массовой информации.

Приходилось сделать вывод, что ученые, занятые верификацией, отстаивают гипотезу «языка танцев», поскольку убеждены в действенности принципа верификации и находятся в плену парадигмы. Работая в традициях школы реализма, эти исследователи не в состоянии уяснить значимость аномалий, обнаруженных нами, и уверены, что они нисколько не ослабляют позиций гипотезы, которой все привыкли верить. Ведь Фриш «открыл» и «доказал», что у пчел есть «язык», так чего же больше? Так парадигма заместила собой гипотезу.

Эксперимент с контролем единственной переменной, «позитивные» результаты и прямые доказательства

Эксперименты, в которых контролируется только одна переменная, представляют собой стандартную процедуру в рамках подхода, основанного на верификации ранее полученных данных. Фриш и все последующие приверженцы его взглядов опирались почти исключительно на эксперименты такого рода. Следовали этим принципам и мы, когда в начале нашей работы с пчелами пытались установить роль звуков в «языке танцев» (см. например, Wenner 1971*a*: 52).

При использовании подобных экспериментов проводится различие между свидетельствами косвенными (то есть случайными) и прямыми (с высокой степенью корреляции причинно-следственных характеристик). Как упоминалось выше, практически все эксперименты Фриша базировались как раз на косвенных свидетельствах (гл. 2 и 4). Как только нам стала понятна слабость такого подхода перед лицом данных, противоречащих гипотезе, мы начали ставить эксперименты так, чтобы при анализе результатов оставалось меньше возможностей для альтернативных трактовок.

В программе наших исследований (которая в то время оставалась еще в границах гипотезы «языка танцев» и проводилась в соответствии с принципами школы реализма) мы предполагали получить «прямые» свидетельства в пользу этой гипотезы. Мы планировали отправлять пчел из улья в заранее определенное место, задавая им направление полета и его длительность с помощью искусственной пчелы, имитирующей танец. При этом можно было либо использовать звуки как часть танца, либо оставлять искусственную пчелу молчаливой. Если бы в первом случае пчелы-посланцы достигали цели, а во втором терпели неудачу (прямое доказательство), имелись бы основания утверждать, что звуки играют роль стимула в «языке танцев».

[Гулд, утверждал, что он получил такие прямые свидетельства в экспериментах с единственной контролируемой переменной, дезориентируя пчел. Однако, как показала Росин (Rosin 1978; 1980*a*, *b*), его интерпретация результатов остается спорной (гл. 12, 13 этой книги и прил. 13)].

Принцип фальсификации и стремление к строгости в постановке экспериментов

«Положительные» результаты, получаемые в экспериментах с единственной контролируемой переменной, до сих пор многих устраивают. Мы же расцениваем такие результаты как следствие отсутствия строгости при постановке опытов. В нашем отношении к ним нет ничего нового. Еще в 1620 г. сэр Френсис Бэкон писал:

> Помимо всего прочего ... это странная, вечная ошибка человеческого сознания быть всегда более склонным к восприятию позитивного и преклонению перед ним, нежели к признанию негатива, несмотря на то, что мы обязаны быть неизменно беспристрастными; нет, установление любой аксиомы негативного характера есть шаг более действенный (Bacon 1620/1952: кн. 1, отр. 46).

Первая фраза этого высказывания имеет в виду нечто вроде «одномерного» эксперимента, а конец цитаты можно рассматривать в качестве одобрения принципов нулевой гипотезы и строгого умозаключения.

Надо сказать, что сама по себе постановка эксперимента по принципу нулевой гипотезы не рассматривается сейчас в качестве некой панацеи, как считали некогда, имея в виду, что этот подход глубоко укоренился в методологии (см., например, Mahoney 1976: 100—103, 147). В том случае, если в сознании экспериментатора присутствует некая неосознанная им предубежденность, опыт может быть поставлен таким образом, что истинную проверку нулевой гипотезы осуществить невозможно. При этом, однако, в отсутствие критического взгляда на происходящее может *показаться*, что результат получен в пользу гипотезы, которая была якобы «тестирована» (хотя нулевую гипотезу, на самом деле, и не пытались поставить под сомнение).

Наш собственный призыв к постановке более строгих и эффективных экспериментов имел важный социологический подтекст и при взгляде со стороны носил характер события случайного. Это произошло в 1966 г., когда один из нас (Веннер) был приглашен принять участие в дискуссии на семинаре Гаралда Эша в Институте биологических исследований в Сан-Диего (Калифорния) (см. прил. 4). В это время группа видных биологов во главе с математиком-теоретиком Якобом Броновски собиралась начать несколько необычную исследовательскую программу в области функций мозга. Вопрос о «языке

пчел» был включен в программу этого проекта. Более того, его исполнителям было необходимо, чтобы пчелы действительно располагали языком, чтобы в этом не было сомнений и чтобы этот язык имел инстинктивную природу.

Ко времени этого заседания, однако, для членов нашего исследовательского коллектива было очевидно, что в рекрутировании опытных пчел важную роль играет научение (см., например, Johnson, Wenner 1966). Когда же об этом было заявлено («взаимосвязь между условным рефлексом и коммуникацией у пчел»), реакцию аудитории трудно было назвать доброжелательной. Такой прием побудил нас по-настоящему критически проанализировать характер постановки экспериментов Фриша и проверить таким образом, действительно ли его результаты «доказали», что у пчел есть «язык».

Мы уже не могли далее только настаивать на том, что эксперименты Фриша нуждались в более строгом контроле. Теперь следовало продемонстрировать, что такой контроль абсолютно необходим. И хотя мы подозревали, что некие пороки заложены в самом фундаменте гипотезы «языка танцев», потребовалось много времени, чтобы понять, в чем же суть этих пороков. Но наши новые «очки» были на своем месте.

Первой задачей стал тщательный анализ знаменитых «линейного»[28] и «веерного» экспериментов Фриша. Теперь мы осознали окончательно (впервые с начала работы), что гипотеза «языка танцев» базируется исключительно на косвенных свидетельствах, полученных в ходе экспериментов с контролем единственной переменной. Иными словами, она не была «достоверно доказана» (гл. 2 и 3 книги). И хотя на протяжении многих лет это наше утверждение отвергалось, теперь, как кажется, оно принято многими (см., например, Gould 1976: 241).

В экспериментах Фриша, как и во многих других подобных (с «одинарным» контролем), не все было в порядке с размещением точек контроля. Они оказывались неравноценными друг другу, что препятствует точной проверке полученных результатов (Wenner 1962). Крайние точки контроля имели только по одной соседней, а все прочие — по две. Несмотря на очевидные недостатки схемы линейного и веерного экспериментов Фриша, те же ошибки повторялись в опытах, проводившихся в дальнейшем его последователями (см. Gould 1974; 1975*a*, *b*, *c*).

[28] В русском переводе книги Фриша «Из жизни пчел» (М.: Мир, 1980.) этот эксперимент назван «ступенчатым».

Неудовлетворительность схемы экспериментов с «одинарным» контролем

Выяснение достоинств и недостатков методики постановки опытов — непростая задача в соревновании мнений, особенно если двигаться способом проб и ошибок.

Как мы упоминали выше, «точность» результатов Фриша могла быть артефактом расположения контрольных точек как в его линейном, так и в веерном экспериментах (Wenner 1962). Много позже мы осознали, что эти опыты явным образом демонстрируют разницу между обнаружением положительных корреляций и поиском причинно-следственных связей (Wenner et all. 1967). Итак, пробил час строгой проверки гипотезы «языка танцев», что на самом деле следовало бы сделать давно.

Первым делом мы решили повторить линейный и веерный эксперименты Фриша, обращая особое внимание на поведение немеченых пчел, прилетающих в точки контроля. Вопрос состоял в том, действительно ли рекруты летят от улья *по прямой***,** как постулирует гипотеза «языка танцев».

Повторение линейного эксперимента («Stufenversuchen»)

В 1962 г. Фриш писал:

> На протяжении почти двух десятилетий мои коллеги и я изучали одну их наиболее удивительных систем коммуникации, созданных природой. Это «язык» пчел. Танцевальные движения фуражира с высокой точностью направляют его партнеров по улью к источнику пищи... Когда [рекрутированные пчелы] вылетают за взятком, они ищут цель только в непосредственной близости от указанного им места, игнорируя кормушки с приманкой как поблизости от него, так и находящиеся на расстоянии (Frisch 1962: 78).

Эти утверждения сформулированы столь ясно и недвусмысленно, что они могут служить отправным пунктом для проверки справедливости как их самих, так и оснований гипотезы в целом. К тому времени, когда началась эта часть работы, мы уже понимали, какое значение имеет запах конкретного места (гл. 8: *Важность локально*

сконцентрированного запаха...). Поэтому мы ставили наши эксперименты в относительно сухой открытой травянистой местности. При отсутствии дождя на протяжении нескольких месяцев посторонние запахи сводились к минимуму. В период постановки экспериментов легкий ветерок устойчиво дул с северо-запада. Мы использовали постоянство этого фактора и расположили линию точек прикорма и контроля поперек движения ветра (рис. 9.1), тем самым эффективно нейтрализовав влияние движения воздуха на результаты опытов.

К концу периода тренировки 43 меченых фуражира регулярно посещали место прикормки в 400 метрах от улья (в течение нескольких дней перед началом сбора данных всех немеченых пчел здесь убивали). Иными словами, эти 43 регулярных фуражира летали только между данной точкой и ульем, где они могли, предположительно, танцевать, сообщая другим «точную» информацию о направлении на точку и расстоянии до нее. Три других пункта с пахучим раствором

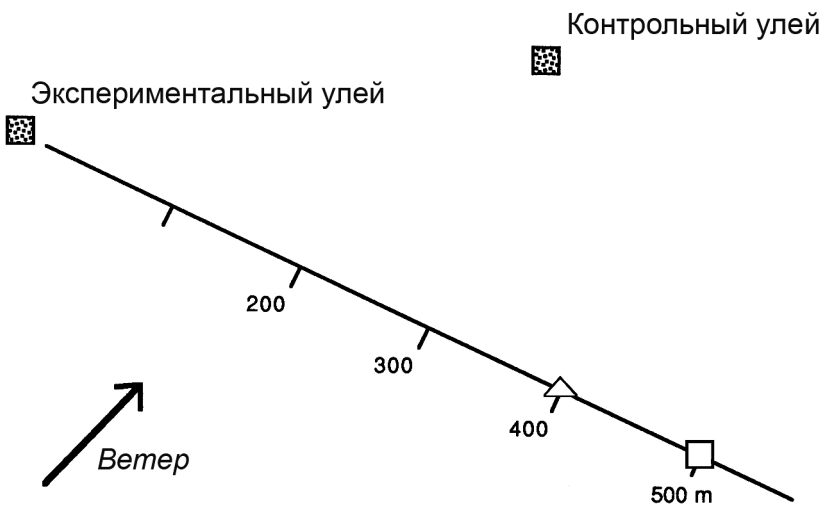


Рис. 9.1. Схема эксперимента с двойным контролем для проверки способности рекрутов использовать информацию о расстоянии. Фуражиры из экспериментального улья (с темными пчелами) в первой серии опытов получали раствор сахара на кормушке в 400 м от улья (треугольник), во второй серии — на другой, в 500 м от него (квадрат). Светлые пчелы из контрольного улья участвуют только в третьей серии опытов и тогда кормятся на всех четырех кормушках (по рис. 1 из: Wenner 1967).

Если рекруты используют информацию о расстоянии, в третьей серии опытов распределения рекрутов из двух ульев должны резко различаться.

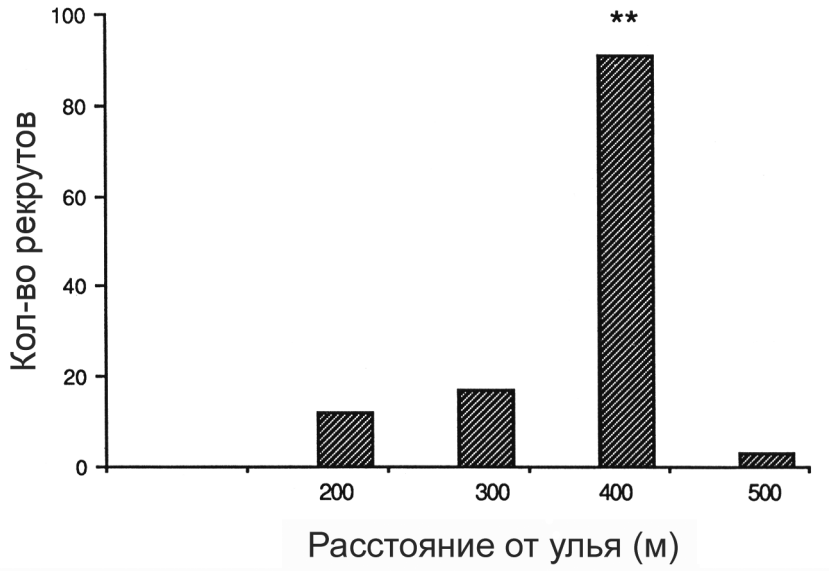


Рис. 9.2. Результат первой серии опыта, схема которого показана на рис. 9.1. Фуражиры из экспериментального улья прикормлены на кормушке в 400 м от улья, остальные три кормушки являются контрольными. Светлые пчелы из контрольного улья *не посещают* кормушки. Большинство рекрутов из экспериментального улья прилетают преимущественно на ту же кормушку (две звездочки) (по данным табл. 1 из: Wenner 1967). Результат близок к полученному Фришем (см. рис. 42 в работе: von Frisch 1954).

сахара служили контролем. В тренировочный период ни одной пчеле не было позволено вернуться с них в улей.

Как и в опытах Фриша, в этом эксперименте мы контролировали только одну переменную, а именно, количество прилетов пчел в экспериментальную (400 м) и контрольные точки. Таким образом, *если* все кормушки одинаково привлекательны для рекрутов, *и если* при этом они летят только в обозначенном направлении на обозначенное расстояние, узнав об этом из танцев (как могли делать мы сами), *тогда* можно думать, что они действительно *используют* эту информацию.

Что касается трех контрольных кормушек, *если* их привлекательность для пчел была одинаковой и такой же, как у экспериментальной кормушки, они могли привлечь к себе тех рекрутов, которые неправильно «усвоили» транслированную им информацию или неверно «использовали» ее.

Первая серия этих наших экспериментов дала результаты, согласующиеся с предсказаниями гипотезы «языка танцев» (рис. 9.2). Почти 80 % успешных немеченых фуражиров прилетали в экспериментальную точку в 400 метрах от улья, «игнорируя», — как и писал Фриш, — «другие кормушки с приманкой». Успешное повторение опыта Фриша свидетельствовало о двух важных обстоятельствах. Во-первых, что наш метод тренировки не имеет изъянов. И, во-вторых, что ветер не влиял на избирательность рекрутов (см. Frisch 1967b). При поверхностном взгляде все выглядело так, что пчелы *используют* информацию о направлении и расстоянии, полученную ими из танцев фуражиров.

Впрочем, как и в опытах Фриша, рекруты выполняли свою задачу *слишком* хорошо. В то время как в нашем опыте почти 80 % этих пчел прилетали «по месту назначения», только 40 % могли, в лучшем случае, выполнить поставленную перед ними задачу, если бы полагались на фигуры танца. Дело в том, что разные фуражиры выполняют их по-разному и даже у одного и того же танец изменчив от случая к случаю. Этот должно, в принципе, приводить к ошибкам рекрутов после вылета их из улья (Wenner 1962).

Оставались еще некоторые сомнения (как в любом эксперименте с одинарным контролем) относительно того, не отличалось ли это место в 400 метрах от улья от всех прочих неким специфическим запахом. Или, как позже намекал Фриш (Frisch 1967), не влиял ли на прилет пчел такой фактор, как два ряда стоящих неподалеку деревьев, которые могли, в принципе, изменять направление ветра.

При нескольких повторениях линейного опыта Фриша мы провели детальные наблюдения за поведением немеченых рекрутов, летящих к кормушкам. Следя за ними в бинокль, мы видели, что они приближаются к кормушкам с наветренной стороны от них, двигаясь по зигзагообразной траектории, столь характерной для животных при их перемещении к источнику запаха против ветра. Эти наблюдения помогли нам глубже проникнуть в суть происходящего.

Увиденное нами означало, что рекруты без сомнения летят сначала в направлении, перпендикулярном воображаемой линии, соединяющей улей и кормушку (а не «прямо на нее»). Боле того, они приближаются к ней с дистанции много более протяженной, чем вся площадь поиска, постулируемая гипотезой «языка танцев». Если бы эти рекруты летели по указаниям танцующих пчел, они должны были начинать зигзагообразный поисковый полет, находясь гораздо ближе к цели.

Мы обнаружили также заметные различия в поведении рекрутов при их приближении к экспериментальной кормушке, с одной стороны, и к контрольной — с другой. Этого не должно быть, если рассматривать контрольные кормушки в качестве контрольных в строгом смысле этого слова. Рекруты, подлетающие к этим контрольным кормушкам, демонстрировали хаотичное поведение и чаще всего не присаживались на них. Одно из используемых нами устройств позволяло учитывать их количество и считать, что они были реально привлечены данной кормушкой.

Приближаясь к экспериментальной кормушке, рекруты, напротив, почти всегда сменяют зигзагообразный полет на прямолинейный с направлением прямо на нее. Затем они садятся рядом с регулярными фуражирами и начинают поглощать раствор сахара.

После этих наблюдений, раскрывших очередную серию аномалий, мы попытались уравнять степень привлекательности экспериментальной и контрольных кормушек. Для этого в точках контроля мы поместили дополнительные визуальные и запаховые стимулы, способные в какой-то мере возместить отсутствие здесь пчел, (которые постоянно пребывают на экспериментальной кормушке). Из соединенных вместе фрагментов желтых и коричневых ершиков для чистки курительных трубок мы делали нечто вроде модели пчелы размером с это насекомое. Их помещали на контрольные кормушки вместе с небольшим количеством прополиса[29] из родительского улья. Все это уменьшило степень неуверенности рекрутов в момент приближения к точкам контроля.

Повторение экспериментов Фриша с этими изменениями (привнесение визуальных и ольфакторных стимулов) обещало результаты, отличные от его собственных (Wenner 1967). Отсутствие таких стимулов в его опытах мы расценили как еще одно указание на недостатки в схеме их постановки, которые могли повлиять на результаты этих экспериментов.

---

[29] Прополис (пчелиный клей, уза) — тёмное смолистое вещество, вырабатываемое пчёлами. Это смола растений, собранная ими и модифицированная путем добавления особых ферментов. Пчёлы используют прополис для замазывания щелей и отверстий в гнезде, тем самым защищая жилище от сквозняков и сохраняя в нем особый микроклимат. Они регулируют ширину летка в зависимости от температуры окружающей среды, откуда и произошло греческое название прополиса («впереди города»). Пчелы полируют прополисом ячейки сотов перед тем как матка откладывает туда яйца. Обладая сильным антисептическим свойством, прополис помогает пчелиной семье защищаться от различных вирусов, бактерий и грибков (прим. редактора русского издания).

Мы продолжили работу, натренировав 38 фуражиров на посещение экспериментальной кормушки, поставленной в 500 метрах от улья. Единственную контрольную кормушку поместили в 350 метрах от него. Результат оказался еще более впечатляющим, чем ранее. Спустя три часа после начала опыта 96 % рекрутов посетили экспериментальную кормушку (рис. 9.3). Они определенно «игнорировали кормушку с приманкой поблизости от нее».

Строгое умозаключение: эксперимент с двойным контролем

Контроль такого типа широко используется в исследованиях социологов и психологов, но редко применяется биологами школы реализма, независимо тот того, используют ли они в своих подходах принцип верификации или фальсификации. Мы тоже не прибегали к таким экспериментам в ранний период нашей работы. И только дискуссия в Институте биологических исследований в Сан-Диего заставила нас путем проб и ошибок подойти к принятию этой методологии.

Недостаточность наших аргументов во время этой дискуссии выявилась окончательно при повторении классических экспериментов Фриша, поставленных на первых порах без дополнительного контроля. Как читатель мог видеть, возникли новые аномалии (гл. 8 книги). После того как стало понятно, что сама схема постановки этих опытов нуждается в критической проверке, мы попытались сделать контрольные пункты по возможности идентичными с экспериментальным (см. выше).

Что касается методологии нашего подхода, здесь многое совершенствовалось в результате случайностей. Именно так на площадке, где мы вели исследования, появился второй улей («контрольный улей» на рис. 9.1). Он отличался от первого, экспериментального, только в том отношении, что был населен светлыми пчелами. Их биология и поведение не отличались от того, что было свойственно обитателям экспериментального улья, а различие состояло лишь в отсутствии у них темного пигмента.

Мы начали тренировать некоторых светлых пчел из контрольного улья на посещение всех четырех кормушек (экспериментальной и трех контрольных). Темным пчелам из экспериментального улья было позволено посещать только экспериментальную кормушку.

Только некоторое время спустя мы осознали, что присутствие распознаваемых фуражиров, посещающих одну или все четыре кормушки, может служить обоюдным контролем событий, происходящих в каждом из двух ульев. Иными словами, темные фуражиры могли извещать танцами своих партнеров о местоположении только одной кормушки, а светлые — обо всех четырех. Важная составляющая нашего плана состояла в учете влияния на происходящее других живущих в округе пчел, которые регулярно посещали все имеющиеся кормушки, а не только одну экспериментальную, как в опытах Фриша.

Неожиданное и наиболее важное обстоятельство на этом этапе работы состояло в том, что мы уже не пытались доказать или опровергнуть гипотезу «языка танцев». Это позволило нам избавиться от каких-либо бессознательных предпочтений при проведении опытов и от пристрастных трактовок их результатов. Нас интересовало теперь, поведут ли себя рекруты в соответствии с предсказаниями этой гипотезы или как-либо иначе.

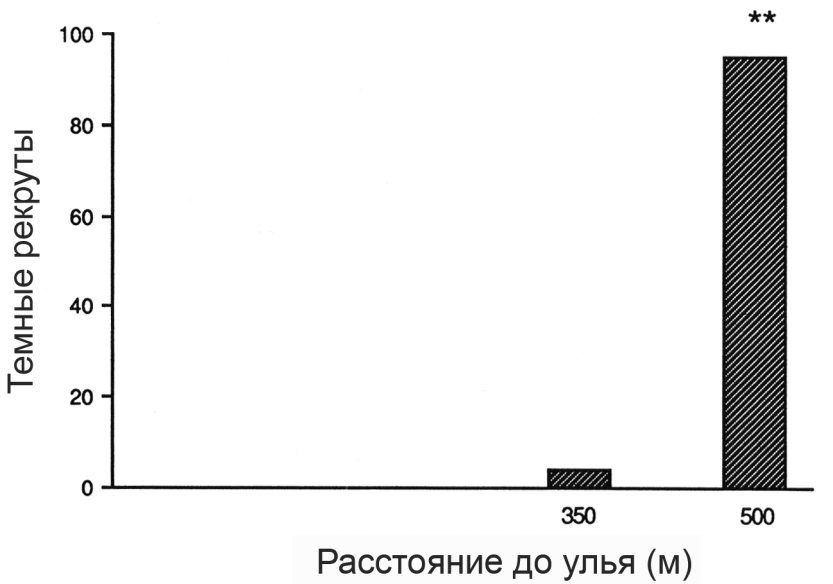


Рис. 9.3. Результат второй серии опыта, схема которого показана на рис. 9.1. Фуражиры из экспериментального улья прикормлены на кормушке в 500 м от улья. Единственная контрольная кормушка располагается в 350 м от него. Светлые пчелы из контрольного улья *не посещают* кормушки. Характер распределения рекрутов и на этот раз соответствует данным Фриша и предсказаниям гипотезы «языка танцев».

В данном случае гипотеза оказалась бы верной если бы 1) большинство темных пчел-рекрутов прилетели на экспериментальную кормушку за 500 м от улья и 2) если светлые пчелы-рекруты распределились бы *равномерно* между всеми четырьмя кормушками.

Таким образом, гипотеза «языка танцев» предсказывала принципиально разные распределения между кормушками рекрутов из разных ульев. Две системы (ульи и их популяции) стали в данном случае и объектами эксперимента, и контролем друг для друга.

Когда эксперимент был закончен, а результаты обработаны количественно, стало совершено ясно, что рекруты и из одного, и из другого улья игнорировали информацию, которая теоретически могла быть предоставлена им опытными фуражирами. Можно было сделать вывод, что рекруты *не пользовались* «языком танцев», но и *не летели к источникам пищи чисто случайным образом*! Их поисковое поведение подчинялось какому-то принципу, объяснить который нам еще предстояло.

Мы поставили три таких опыта. С каждым разом схема их контролировалась все строже, так как становилась все более и более очевидным, насколько важна роль запаха в поисковом поведении пчел. Третий эксперимент в серии, продолжавшийся три часа, был организован как самая жесткая проверка гипотезы «языка танцев». В этом опыте 14 темных фуражиров были натренированы на посещение той же кормушки в 500 метрах от улья (две звездочки на рис. 9.4). Фуражиры из другого улья посещали все четыре кормушки.

Результат оказался впечатляющим. За три часа 67 % темных немеченых рекрутов прилетели на все четыре кормушки, при этом 85 % предпочли две центральные. И только 6 темных рекрутов (9 %) посетили экспериментальную кормушку в 500 м от улья, на которую были натренированы фуражиры из этого улья и чье местоположение могло содержаться в информации, транслируемой их танцами (рис. 9.4). Напомним, что при прямом повторении нами опыта Фриша на эту кормушку прилетели 96 % фуражиров (рис. 9.3).

Распределение рекрутов из улья со светлыми пчелами оказалось почти таким же, хотя в данном случае фуражиры могли посещать все кормушки равномерно (звездочки на рис. 9.5). Из 409 светлоокрашенных рекрутов, пойманных и убитых на кормушках, 92 % прилетели на две центральные. Этот результат, как и в первом случае, совершенно не соответствовал предсказаниям гипотезы «языка танцев», поскольку если бы рекруты руководствовались указаниям языка танцев, эти две кормушки должны были посетить около 50 % рекрутов.

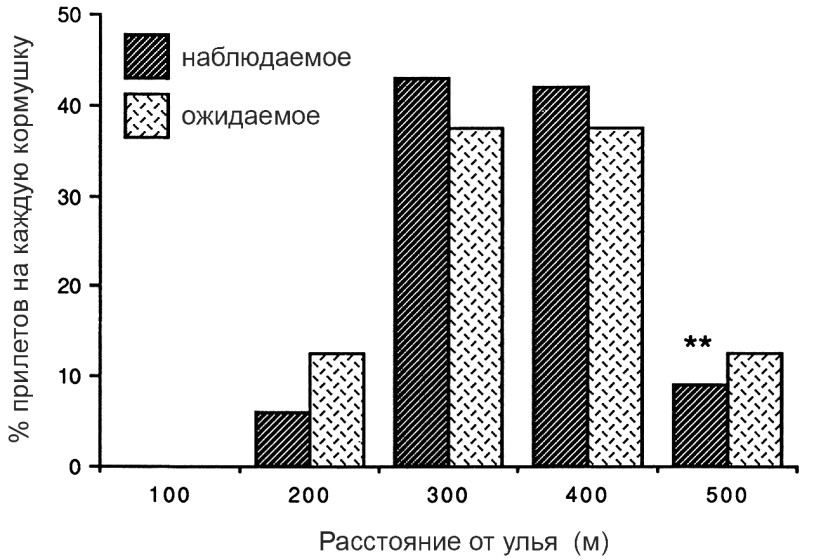


Рис. 9.4. Результат третьей серии опыта, схема которого показана на рис. 9.1. Фуражиры из экспериментального улья прикормлены на кормушке в 500 м от улья, светлые пчелы из контрольного улья *свободно посещают* все кормушки. Характер распределения рекрутов из экспериментального улья (темные столбцы) не имеет ничего общего с предсказаниям гипотезы языка танцев (по данным табл. 1 из: Wenner 1967). Он близко соответствует теоретически ожидаемому в соответствии с функцией биноминального распределения, если число рекрутов на кормушках обратно пропорционально их расстояниям от геометрического центра всех кормушек.

Хотя мы и не думали, что предсказания гипотезы оправдаются, результаты нас удивили. Коль скоро все кормушки были одинаково привлекательны для пчел (на каждую были натренированы фуражиры в одинаковом количестве), мы ожидали, что пчелы из каждого улья будут посещать их в соответствии с принципом равномерного случайного распределения. Мы еще не могли знать тогда, какое объяснение поискового поведения пчел придет на смену гипотезе «языка танцев».

В действительности, полученный результат (рис. 9.4 и 9.5) явно соответствовал математической функции мультиноминального распределения, которое часто наблюдается в генетических экспериментах. Вывод состоял в том, что особи в популяциях пчел, занятых поисками пищи, распределяются в пространстве в соответствии с

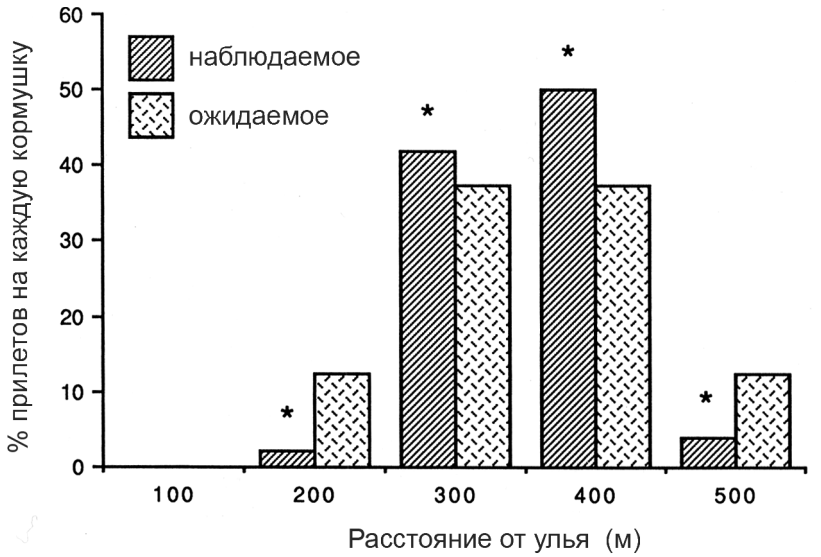


Рис. 9.5. Результат третьей серии опыта, схема которого показана на рис. 9.1. До начала эксперимента светлые пчелы из контрольного улья *свободно посещали* все кормушки (звездочки). Согласно предсказаниям гипотезы «языка танцев» рекруты из этого улья должны были бы прилетать на все кормушки с более или менее одинаковой частотой. В опыте характер распределения рекрутов из этого улья (темно-серые столбцы) такой же, как и рекрутов из экспериментального улья (сравни с рис. 9.4). Как и там, число рекрутов на кормушках обратно пропорционально их расстояниям от геометрического центра всех кормушек.

вероятностным принципом, в зависимости от того, на каком расстоянии разные источники пищи находятся от их общего геометрического центра. Это подтверждается сравнением полученных значений посещаемости рекрутами каждой кормушки со значениями, соответствующими математическому ожиданию (рис. 9.4 и 9.5). Высокое соответствие двух рядов цифр совершенно очевидно.

Этот ход мысли привел нас к предположению, что основная масса пчел начинает поиски этой точки пространства откуда-то с наветренной стороны от воображаемой линии, соединяющей все кормушки (Johnson 1967a; Wenner 1967; 1974).

Веерный эксперимент Фриша при адекватном контроле

Мы уже неоднократно указывали, что размещение кормушек в линейном и веерном экспериментах Фриша (см., например, Frisch 1954) может само по себе влиять на частоту посещения их пчелами (гл. 6 книги). В этих разделах показано, что сама схема этих экспериментов могла создавать впечатление высокой «точности» дистантного наведения пчел на источники пищи посредством «языка танцев» (Wenner 1962).

В дополнение к опытам с симметричным размещением кормушек Фриш поставил эксперимент, в котором они были расставлены асимметрично по отношению к линии, соединяющий улей и место прикормки (рис. 6.2А). В этом случае полученный результат нельзя расценивать как одно лишь следствие устремления пчел к центру общего запахового поля.

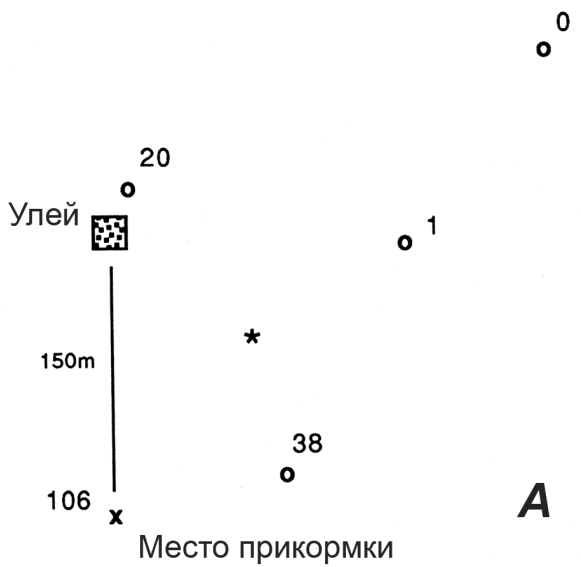


Рис. 9.6. Схема одного из экспериментов Фриша, призванного показать использование рекрутами информации о направлении (рис. 9 из: von Frisch 1947; один из вариантов его веерных экспериментов, показанный на рис. 6.2А). Кружки — кормушки, цифры около них — число прилетевших рекрутов. Звездочкой показан геометрический центр запахового поля.

Рисунок 9.6 (повторение рис. 6.2А) дает пример сказанному: рекруты «прилетают с высокой точностью» на кормушку, постоянно посещаемую фуражирами, и явно игнорируют другие, расположенные неподалеку от улья, но в других направлениях от него. Как и в рассмотренном выше линейном эксперименте, на контрольных кормушках отсутствовали стимулы, необходимые, чтобы уравнять их по привлекательности с экспериментальной кормушкой, что снижало их надежность в качестве контроля.

Деннис Джонсон (1967*а*) повторил этот «полувеерный» эксперимент Фриша. Он расположил три контрольные кормушки полукругом, а экспериментальную поместил ближе к одной из крайних контрольных, но дальше нее от улья (рис. 9.7). Как видно из этого рисунка, первоначально полученный результат не отличался сколько-нибудь существенно от приведенного в работе Фриша. Распределение рекрутов между кормушками показано гистограммой на рис. 9.8А.

После этого неподалеку от экспериментального улья, населенного темными пчелами, Джонсон поставил другой, контрольный. Светлые пчелы, жившие в этом улье, тренировались затем на посещение всех четырех кормушек, тогда как фуражирам из первого улья было позволено летать *только* на экспериментальную кормушку.

В ходе последующих опытов распределение рекрутов из экспериментального улья оказалось принципиально иным, нежели при слегка видоизмененном эксперименте Фриша (рис. 9.8В). Теперь

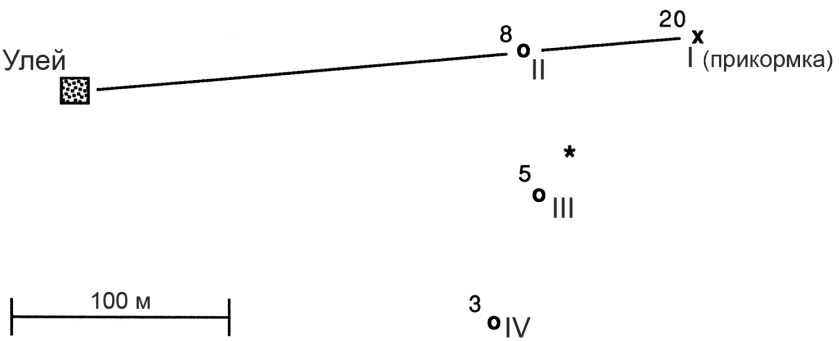


Рис. 9.7. Повторение (с модификациями) эксперимента Фриша, схема которого показана на рис. 9.6. Опыты Денниса Джонсона (рис. 1 из: Johnson 1967*а*). Кружки — кормушки, цифры около них — число прилетевших рекрутов.

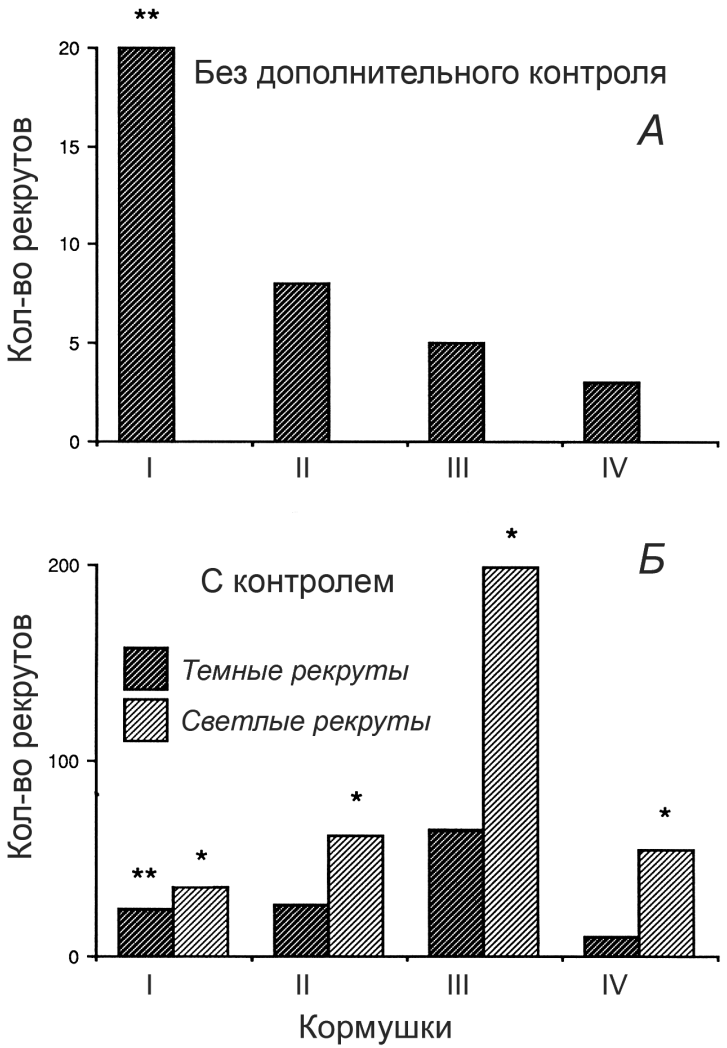


Рис. 9.8. Результат экспериментов Джонсона с использование только одного улья с темными пчелами (А) и с участием еще и светлых пчел из второго улья (Б) (по данным табл. 1 из: Johnson 1967*b*, эксперимент 2В). Две звездочки показывают кормушку, посещавшуюся фуражирами экспериментального улья (темные пчелы). Одинарные звездочки обозначают кормушки, на которых прикармливали фуражиров из контрольного улья.

А — результаты совпадают с полученными Фришем;

Б — рекруты из обоих ульев прилетают в наибольшем числе на кормушку, ближайшую к геометрическому центру всех кормушек.

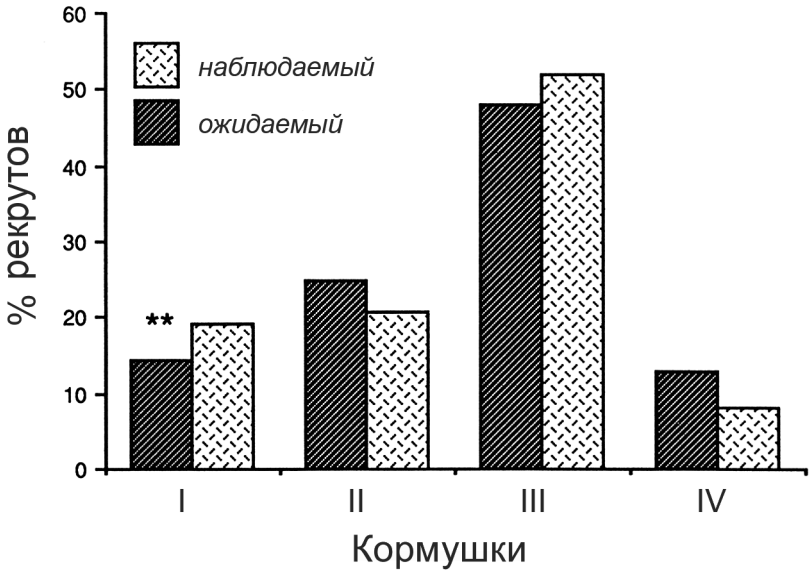


Рис. 9.9. Сравнение наблюдаемого и теоретически ожидаемого распределения рекрутов из экспериментального улья (темные пчелы) в опыте Джонсона (как показано на рис. 9.8А).

Очевидно, что рекруты не использовали информацию о направлении, иначе они должны были бы прилетать в основном на прикормочную кормушку (две звездочки). Их распределение обратно пропорционально их расстояниям от геометрического центра всех кормушек.

они отдавали очевидное предпочтение кормушке, расположенной ближе всех прочих к общему геометрическому центру. Джонсон писал: «когда привлекательность всех кормушек возросла (из-за присутствия на них светлых пчел. — *Е. П.*), большинство рекрутов отдали предпочтение той, что располагалась посередине» (Johnson 1967*a*: 845).

Что касается светлых пчел из контрольного улья, характер их распределения между кормушками явно отвечал той же самой тенденции. Вне всякого сомнения, подавляющее их большинство прилетело на ту же самую «среднюю» кормушку. Это значит, что пчелы полностью игнорировали информацию, которую, как полагал Фриш, они могли получить, наблюдая в улье танцы фуражиров.

Подсчет числа фуражиров, посетивших четыре пункта, показывает, что цифры близко соответствуют математическому ожиданию в

том случае, если вероятность успешного поиска зависит от расстояния разных источников пищи от их общего геометрического центра. Согласно этой модели, чем ближе к нему расположена кормушка, тем больше на нее прилетит новичков.

Из рисунка 9.9 видно, что полученные оценки посещаемости рекрутами разных кормушек весьма близки к теоретически ожидаемым (различия недостоверны, $\chi^2 = 125$). В то же время, полученные распределения не имеют ничего общего с предсказаниями гипотезы «языка танцев».

Вскоре мы поняли, в чем состоял парадокс линейного и веерного экспериментов Фриша. Крайние кормушки при любой их линейной расстановке неравноценны всем прочим, поскольку не имеют соседа с одной стороны. Поэтому при такой схеме эксперимента и не следует ожидать, что посещение кормушек рекрутами может быть сколько-нибудь равномерным, даже если все они обладают «одинаковой привлекательностью» во всех прочих отношениях. Любопытно, что, несмотря на этот явный порок в схеме постановки экспериментов, приверженцы гипотезы «языка танцев», такие как Гулд и Шрикер, продолжали использовать ее в своих исследованиях (гл. 12 и 13 книги).

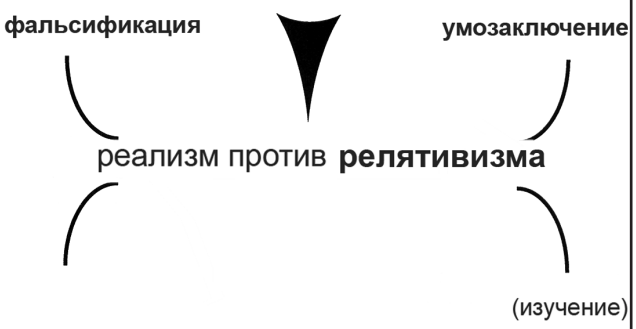
Наиболее принципиальный вывод из всего сказанного состоял для нас в том, что в полной мере оправдались слова Чемберлина о путях прогресса в научном процессе. Мы имеем в виду следующее его замечание:

> Интеллектуальный прогресс в науке проходит три стадии... Первая — господство теории, вторая — постановка рабочей гипотезы, третья — применение метода множественных рабочих гипотез (Chamberlin [1890] 1965: 754).

И в самом деле, за несколько лет наших исследований мы продвинулись от методов «господствующей теории» (эксперименты с единственной контролируемой переменной) к методу «постановки рабочей гипотезы» (эксперименты с двойным контролем). Теперь мы были готовы использовать методологию «множественных рабочих гипотез» (гл. 10).

10

Множественные умозаключения и «решающий» эксперимент



Индукция, которая основана на простом переборе фактов, — это попросту ребячество, она ведет к неясным заключениям и уязвима для любого примера, противоречащего им... истинно полезная индукция в деле открытий и их демонстрации в искусстве и науке [должна] действовать путем отклонения и исключения, и только после выявления всех несоответствий делает положительные заключения.

— Сэр Френсис Бэкон
(Bacon 1620/1952: кн. 1: 105)

Если добросовестно следовать методу рабочей гипотезы, он даст заметные преимущества перед методом господствующей теории; но и у него есть дефекты, которые, возможно, наиболее ярко проявляются в том случае, когда гипотеза становится контролирующей идеей. Противостоять этому может метод множественных гипотез.

— Томас Чровдер Чемберлин
(Chamberlin 1890/1965: 756)

Ясно, почему принцип строгого умозаключения способствовал быстрому и действенному прогрессу... Здесь любое заключение которое ведет к исключению из рассмотрения того или иного предположения, оказывается неполным и должно быть перепроверено. Любая отсрочка в переходе к следующему шагу в проверке гипотезы является только временной.

— Джон Р. Платт (Platt 1964: 347)

Джон Платт опубликовал свою статью «Строгое умозаключение» в 1964 г., двумя годами раньше, чем мы поставили наш эксперимент с двойным контролем (см., например, Johnson 1967a; Wenner 1967 и гл. 9). Незадолго перед этим Платт убедил редактора журнала *Science* (1965) перепечатать работу «Метод множественных рабочих гипотез», впервые увидевшую свет в 1890 г. Интерес Платта к этой теме проистекал из замеченных им резких различий в том, насколько продвижение вперед идет по-разному в разных областях науки (см. гл. 3).

Процесс развития наших собственных представлений о том, как происходит рекрутирование у пчел и о роли в нем запаха мог бы быть сильно ускорен, будь нам известны работы Чемберлина и Платта в начале наших изысканий. Но в то время мы только начали осознавать полезность принципа фальсификации гипотез. В вопросе о важности нулевой гипотезы мы следовали скорее взглядам Поппера, поскольку точка зрения Чемберлина тогда не была нам известна.

После появления книги Куна в 1962 г. для нас стала яснее также роль социального и психологического факторов в реакции научного сообщества на наши результаты. То, что здесь имела место смена гештальтов, было понятно нам, но не нашему научному окружению. Поэтому для нас наступили трудные времена. В силу всего сказанного, схема нашего решающего эксперимента, основанного на строгих умозаключениях, родилась после долгих проб и ошибок, а не на основе глубокого понимания принципов научной методологии.

Решающие эксперименты

Следует сказать, что понятия «решающий эксперимент» и «критический эксперимент» имеют два разных значения в науке, более общее и более частное. В работах, основанных на принципе верификации (см. гл. 3), они используются как понятие родовое, охватывающее все те случаи, когда результат представляется доказательным (см., например, Frisch 1947: 11; 1973: 630). Особенно характерный случай — одобрение полученных данных и их интерпретации каким-либо видным членом научного сообщества, который пришел к выводу, что некая гипотеза после постановки данного эксперимента получила *неопровержимую* поддержку. При этом не учитывается, что данные, кажущиеся неопровержимыми одному специалисту, могут выглядеть совершенно иначе в глазах другого.

Иное дело, если *строгое умозаключение* (критический подход) высказано *a priori*, при планировании схемы эксперимента. В этом случае одно из двух или большего числа *взаимоисключающих* предположений проверяются в эксперименте на их соответствие полученным результатам. Иными словами, опыт может подтвердить лишь одно из этих предсказаний, одновременно полностью отметая другое (или другие). Такой решающий эксперимент заранее лишает исследователя возможности положительно истолковывать «неблагоприятные» результаты, если таковые будут получены.

Первоначально Фриш придерживался предположения, что рекруты после вылета из улья проводят много времени в поисках источников пищи, пользуясь при этом только запаховыми стимулами (Frisch 1920; см. гл. 4). По сути дела, он думал так до конца 1930-х гг. (Frisch 1939), а возможно и до 1944 г., когда в его воображении родился «мысленный образ языка танцев» у пчел (гл. 6). Таким образом, он мог выбирать между обеими интерпретациями происходящего (поиск по запаху и язык танцев), когда выдвинул это предложение как более верное.

Как было сказано в гл. 4, сам Фриш (Frisch 1947) и многие другие приверженцы гипотезы языка танцев (среди которых первоначально были и мы) упустили возможность следовать выводам Метерлинка, которые были сделаны им при изучении поведения фуражиров (см. гл. 3). В ходе экспериментальной работы, проделанной Фришем, его приверженность принципу верификации, похоже, отчасти ослабела. Он был близок к тому, чтобы поставить по настоящему «решающий эксперимент», о чем можно судить по следующим его словам (уже цитированным в гл. 6):

> Наблюдения за различными акциями в улье тех пчел, которые кормились вблизи и на отдалении от него, подтвердили гипотезу с неожиданной четкостью. Не кажется целесообразным проверять все это, прослеживая поведение новых пришельцев (к источникам пищи. — *Е. П.*)... Но, вероятно, есть даже лучший способ проделать критический тест (Frisch 1947: 11).

Используя выражение «критический тест», Фриш, по-видимому, понимал его в указанном выше общем смысле, который предполагает получение в опыте дальнейших свидетельств в пользу проверяемой гипотезы. Если бы Фриш уделял больше внимания подходу, основанному на строгих умозаключениях, он мог бы, например, поставить

опыт с вычислением времени, которое рекруты затрачивают на полет между ульем и местом прикормки фуражиров (как позже сделали Гулд и его коллеги Эш и Бастиан — см гл. 12). Тогда можно было бы сравнивать два взаимоисключающих предположения:

1. Время полета рекрутов в поисках взятка примерно равно таковому у опытных фуражиров.
2. Время полета рекрутов больше, чем требуется для перемещения фуражиров по прямой от улья до кормушки.

Потребовалось более 20 лет, чтобы несколько исследовательских коллективов убедились в том, что верно второе предположение (Esch, Bastian 1970; Gould et al. 1970; см. также прил. 13). Рекруты затрачивают на поиски весьма длительное время, прежде чем находят кормушку (если находят ее вообще).

Как было сказано в главе 3, Фриш мог бы также повторить опыт Метерлинка, поставленный по контролируемой схеме. Вместо этого он пошел по пути «положительных заключений» (см. цитату из Бэкона в эпиграфе) и упорствовал в поисках подтверждения своего мысленного образа, согласно которому «пчелы обладают символическим языком танцев».

Число прилетов рекрутов на кормушку растет как функция времени

После того, как нам стало ясно, что фактор запаха представляет собой весомую альтернативу гипотезе «языка танцев» Фриша, мы решили заняться дальнейшими поисками дополнительных данных о поведении рекрутов при поиске ими источников пищи. Одна из наиболее странных аномалий, обнаруженных нами ранее, касалась влияния стимулов, удаленных в пространстве, на распределение рекрутов в стандартной экспериментальной системе (см. рис. 8.3 и гл. 8).

Другая аномалия, обратившая на себя наше внимание, состояла в том, что динамика прилета рекрутов на кормушки во время каждого трехчасового сеанса проводимых нами экспериментов выглядела весьма странной (рис. 10.1, повторяющий рис. 8.2). На протяжении каждого из 26 дней число успешных рекрутов на единицу времени увеличивалось постепенно и единообразно, вопреки тому факту, что в те же отрезки времени число полетов регулярных фуражиров из улья

и обратно оставалось постоянным. Как мы указывали в главе 8, если бы «гипотеза языка» танцев была верна, следовало бы ожидать также и *постоянного числа* прилетов новых рекрутов в единицу времени.

Разумеется, одно из объяснений состояло в том, что в системе накапливался запах приманки. В самом деле, динамика прилетов рекрутов шла параллельно с нарастанием кумулятивного эффекта, обязанного полетам регулярных фуражиров взад и вперед, и никак не соответствовала числу таких полетов в единицу времени. Наш предыдущий опыт подсказывал нам также, что запах корма, переносимого фуражирами в улей, накапливается в нем как на протяжении одного дня, так и в череде времени.

В любом случае, накопление запаха в улье должно, в свою очередь, способствовать результативности его поиска рекрутами за пределами их жилища. Иными словами, усиление запаховой стимуляции во времени, из-за многократных прилетов фуражиров в улей, предоставляет

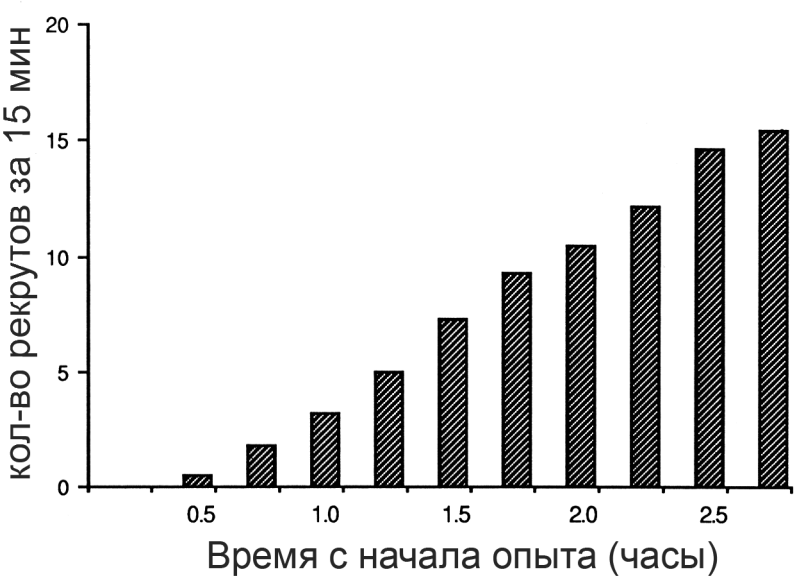


Рис.10.1. Нарастание числа прилета рекрутов как функция времени (см. также рис. 8.2). Каждый столбец показывает среднее число рекрутов, пойманных за 15 мин. за трехчасовой период. Число регулярных фуражиров оставалось одним и тем же. Если бы рекрутирование происходило посредством танцев, оно должно было бы иметь устойчивый характер, и высота столбцов была бы одинаковой.

рекрутам действенные стимулы еще до их вылета из улья. В таком случае, все большее число таких пчел будут в состоянии найти источники пищи, на которых побывали фуражиры. Мы пришли к выводу, что этот феномен следует использовать при планировании схемы нашего нового эксперимента, который мы рассматривали в качестве «решающего».

Наш «решающий» эксперимент

То, что рекруты, покидая улей, не летят «прямо к цели», было для нас очевидно (см. прил. 13). В действительности они начинают поиски из некой точки, откуда появляется возможность направиться против ветра в сторону заранее известного запаха (см. прил. 11). Теперь они могут полагаться на ольфакторную стимуляцию и лететь, ориентируясь на запах, с которым познакомились еще в улье.

Вся сумма знаний, накопленных нами к этому времени, позволяла думать, что простая гипотеза поиска по запаху достаточна и вполне экономна (parsimonious), чтобы устранить необходимость в чрезмерно усложненной и малоправдоподобной гипотезе языка танцев (такой ход мысли соответствовал принципу бритвы Оккама). Теперь следовало спланировать такую схему эксперимента, чтобы противопоставить друг другу предсказания обеих гипотез как взаимоисключающих.

Мы решили ставить трехчасовые опыты на протяжении 24 дней. В них рекруты оказывались в таком положении, что их поведение должно было однозначно свидетельствовать, пользуются ли они «языковой» или запаховой информацией. Иными словами, этот эксперимент должен был относиться к числу «критических» в строгом смысле этого слова.

Большую часть времени, отведенного для опытов, нам следовало ставить их так, чтобы результаты совпадали с данными, отраженными в работах Фриша. Иными словами, это время мы отвели для повторения его опытов с контролем лишь одной переменной. Но в некоторые, заранее намеченные дни схему опытов следовало изменить так, чтобы «столкнуть лицом к лицу» предсказания обеих гипотез. То есть, если рекруты будут полагаться на «язык танцев», они полностью проигнорируют запаховые стимулы, и наоборот.

В сухой открытой травянистой местности, лишенной древесной растительности, был установлен улей и три кормушки (рис. 10.2). При этом средняя отстояла от двух крайних достаточно далеко. Иными

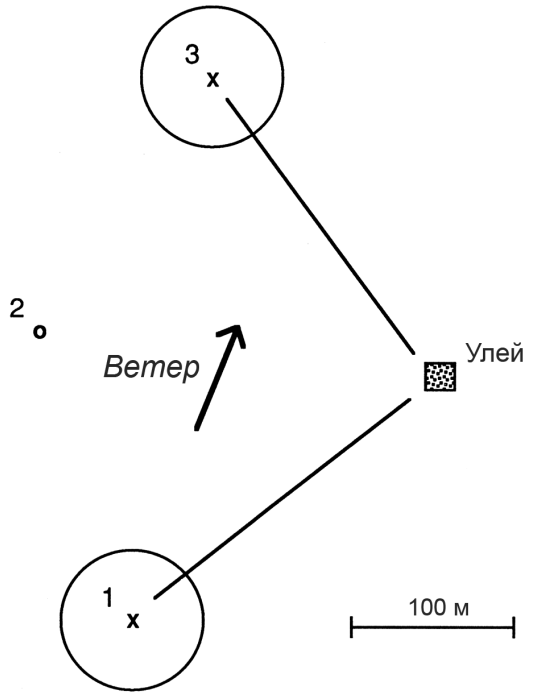


Рис. 10.2. Схема решающего эксперимента (из: Wenner, Wells, Johnson 1969). Регулярные фуражиры посещали только кормушки 1 и 3, и никогда — кормушку 2. То есть, они могли бы информировать рекрутов в улье только о местоположении первых двух кормушек. Круги оконтуривают области, где информация, которая могла бы быть получена из танцев, теоретически действенна.

словами, вокруг двух крайних кормушек были оставлены свободными теоретически допустимые «зоны разброса». Сюда могли бы, в принципе, прилетать рекруты, неточно информированные танцами тех фуражиров, которые кормятся на этих боковых кормушках.

На протяжении более чем двух недель каждую из боковых кормушек регулярно посещали по 10 меченых и пронумерованных пчел, 20 в общей сложности. Всех прочих посетителей кормушек здесь беспощадно уничтожали (см. прил. 9). Ни одна из этих 20 пчел ни разу не прилетела на лишенную приманки центральную кормушку. В соответствии с предсказаниями гипотезы языка танцев, эти регулярные фуражиры могли информировать своими танцами других обитателей улья только о местоположении двух крайних кормушек.

После этого подготовительного периода начались ежедневные эксперименты. В день опыта ароматизированную приманку (раствор сахара с гвоздичным маслом) помещали либо в боковые кормушки, либо в центральную, но не во все три одновременно. Именно это обстоятельство позволяло получить взаимоисключающие результаты, которые свидетельствовали либо в пользу одной гипотезы, либо в пользу другой.

Предсказания исхода опытов были заранее четко сформулированы. Если рекруты используют информацию, получаемую из танцев, они будут всегда прилетать на боковые кормушки, независимо от мест локализации запаха. Если же решающим фактором является запах, они будут прилетать на центральную кормушку в тех случаях, когда пахучая приманка будет доступна им только здесь. В таком случае можно сказать, что рекруты игнорируют указания, полученные ими из танцев.

В дискуссиях, где конкретные результаты сделанного зачастую не рассматривают пристально, может быть приведен следующий довод: а что, если *некоторые* рекруты *иногда* используют оба источника информации — и танцы, и запах. Этот третий вариант, к которому прибегают *ad hoc*, не приложим к нашему случаю, ибо если бы он был справедлив, рекруты прилетали бы на все три кормушки совершенно бессистемно, чего, как следует из табл. 10.1, в наших опытах не происходило.

Как уже было сказано, на протяжении 24 дней мы варьировали схему эксперимента (см. табл. 10.1). Четырнадцатый и двадцать четвертый дни были контрольными. На двадцать четвертый день мы убили всех фуражиров, так что они не могли посещать улей и рекрутировать других пчел. Только один рекрут посетил кормушку. Таким образом удалось показать, что присутствие опытных фуражиров — это необходимый компонент процесса рекрутирования.

На четырнадцатый день, напротив, все три кормушки были снабжены беззапаховой приманкой. На этот раз очень немногие рекруты нашли кормушки, несмотря на то что посещавшие их пчелы интенсивно выделяли секрет железы Насонова (см. табл. 10.1 и ниже), а в улье весьма активно танцевали, что полностью соответствовало нашим предсказаниям (Wells, Wenner 1971; см. также гл. 8).

В других случаях за день или за два перед тем, как налить пахучий раствор в центральную кормушку, мы помещали его в боковые кормушки. Полученные результаты недвусмысленно говорили сами за себя (табл. 10.1).

День опыта	Процедура	Прилеты рекрутов			Обнажения железы Насонова
		Кормушка 1	Кормушка 2	Кормушка 3	
1	Запах на кормушках 1 и 3	42	0	71	31.0
2	Запах на кормушке 2, нет на кормушках 1 и 3	15	38	3	134.5
3	Запах на кормушках 1 и 3	89	0	76	71.5
4	Нет запаха на кормушках 1 и 3	20	0	7	182.0
5	Запах на кормушках 1 и 3	87	0	90	94.5
6	Запах на кормушках 1 и 3	70	0	55	82.0
7	Запах на кормушке 2, нет на кормушках 1 и 3	4	51	0	139.5
8	Запах на кормушках 1 и 3	111	0	101	136.5
9	Нет запаха на кормушках 1, 3 и 2	0	3	17	223.0
10	Запах на кормушках 1 и 3	44	0	90	149.0
11	Запах на кормушках 1 и 3	159	0	89	160.0
12	Запах на кормушке 2, нет на кормушках 1 и 3	4	91	5	253.0
13	Запах на кормушках 1 и 3	102	0	61	92.0
14	Нет запаха на кормушках 1, 3 и 2	6	2	5	161.5
15	Запах на кормушках 1 и 3	93	0	87	87.5
16	Тот же запах на кормушке 2, другой запах на кормушках 1 и 3	2	44	0	82.0
17	Запах на кормушках 1 и 3	71	0	29	55.5

День опыта	Процедура	Прилеты рекрутов			Обнажения железы Насонова
		Кормушка 1	Кормушка 2	Кормушка 3	
18—22	Отдельная серия экспериментов (запах на кормушках 1 и/или 3)	-	-	-	-
23	Запах на кормушках 1 и 3	68	0	32	168.5
24	Запах на кормушках 1, 3 и 2, нет фуражиров	1	0	0	0.0

Таблица 10.1. Количество рекрутов, прилетевших на три кормушки в ходе решающего эксперимента (табл. 1 в работе: Wenner et al., 1969)

Примечание: фуражиры никогда не посещали кормушку 2 (то есть вообще не знали о ее существовании). Десять фуражиров регулярно летали из улья к кормушкам 1 и 3 и обратно. В седьмой день опыта только 5 из них посетили кормушку 3. На шестнадцатый день кормушка 2 была снабжена мятным запахом, который отсутствовал ранее на кормушках 1 и 3 и, соответственно, не мог аккумулироваться в улье (0.13 мл мятного масла на 1 литр 1.5-молярного раствора сахарозы). Число обнажений железы Назонова приведено как среднее для кормушек 1 и 3.

Прочие результаты также были вполне ожидаемыми. Поведение рекрутов соответствовало предсказаниями обеих гипотез (языка танцев и поиска по запаху), когда схема опытов не предполагала использования танцев как значимого сигнала (контрольные дни 1, 3, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 15, 17 и 23).

С другой стороны, в экспериментальные дни 2, 4, 7, 9, 12 и 16 полученные результаты четко противоречили предсказаниям гипотезы языка танцев. Предъявление запаховых стимулов *накануне* этих дней противопоставлялось возможности «использовать» информацию, содержащуюся в танцах, в дни самих опытов. Если бы рекруты в дни опытов использовали «языковую» информацию, они посещали бы только две боковые кормушки. Но если *накануне* они полагались на запаховые стимулы, то в дни опытов должны были бы прилетать преимущественно на центральную кормушку.

Преимущественное посещение рекрутами центральной кормушки в эти 6 дней (табл. 10.1) ясно свидетельствовало о том, что при поисках

источников пищи эти пчелы полностью игнорировали информацию, которую могли бы, в принципе, получать перед вылетом из улья.

В итоге можно сказать, что в те дни, когда боковые кормушки содержали пахучую приманку, именно здесь рекруты были многочисленны (рис. 10.3), что не противоречит обеим гипотезам. Однако кумулятивный характер динамики прилета рекрутов на протяжении первых трех часов ежедневно не согласуется с предсказаниями гипотезы языка танцев (см. выше). То есть число прилетов в единицу времени не было постоянным, хотя именно такой оставалась динамика прилетов в улей опытных фуражиров.

Когда пахучая приманка присутствовала только в центральной кормушке, рекруты в большинстве появлялись именно здесь (рис. 10.4B). Но, в то же самое время, только немногие из них посещали две боковые кормушки, куда они, теоретически, должны были направляться танцующими в улье фуражирами (рис. 10.4A). Результаты, полученные в дни контроля, подтверждают, таким образом, гипотезу поиска по запаху и противоречат предсказаниям гипотезы языка танцев. Таковы были итоги нашего «критического» эксперимента, построенного на взаимоисключении двух априорных предположений.

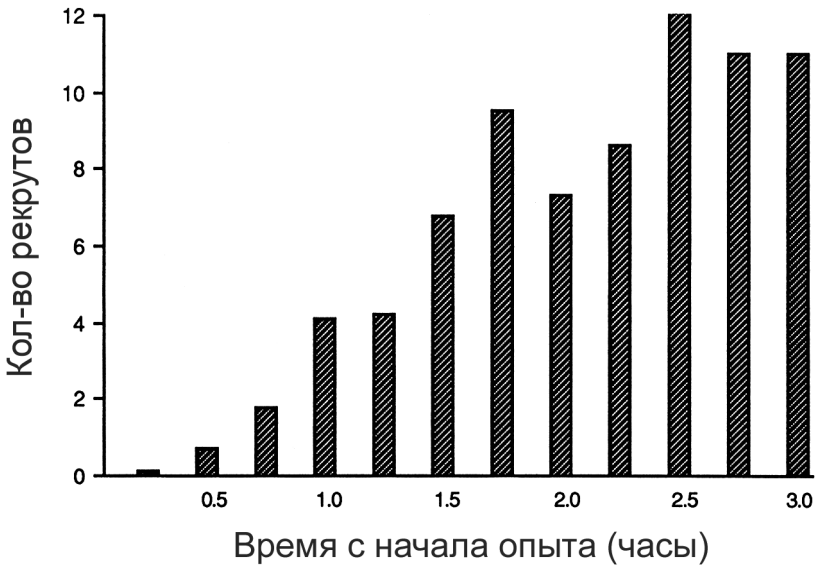


Рис. 10.3. Средние значения прилета рекрутов на кормушки 1 и 3 с пахучей приманкой при отсутствии кормушки 2 (обратите внимание на сходство гистограммы с показанной на рис. 10.1)

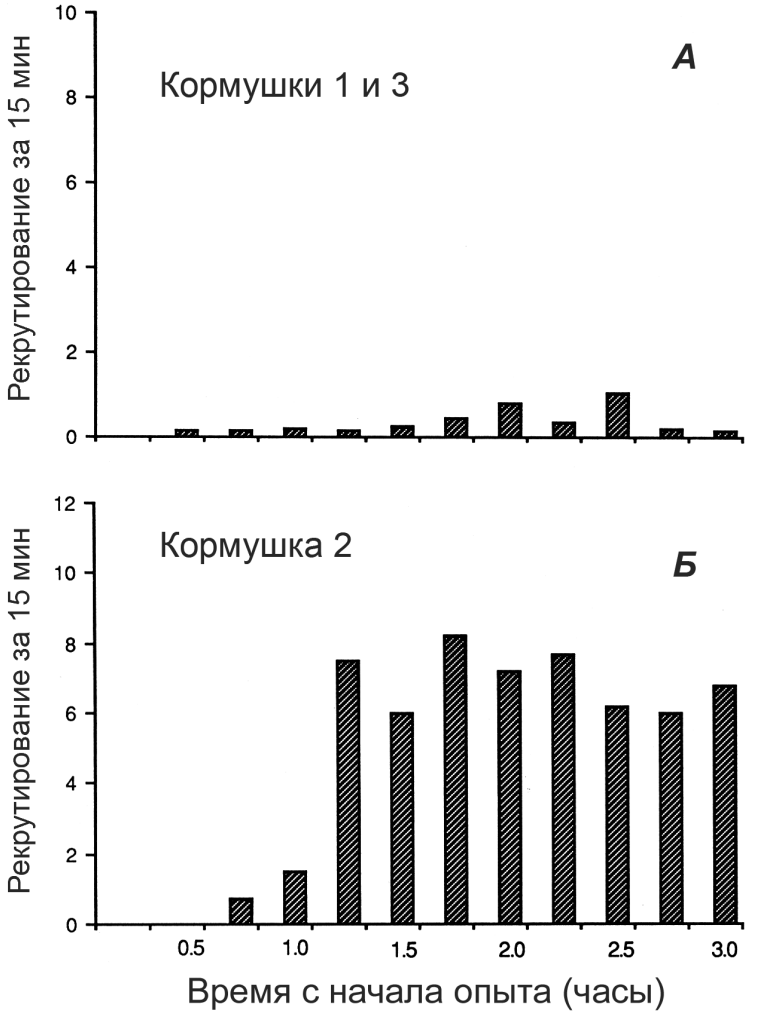


Рис. 10.4. Средние значения прилета рекрутов на кормушки 1 и 3, когда корм, находящийся в них, лишили запаха. А) Прилет минимален, несмотря на то что продолжают сигнализировать танцами о местоположении этих кормушек, а частота обнажения железы Насонова у прилетающих сюда пчел весьма высока (см. табл. 10.1). Б) Хотя регулярным фуражирам не известно место расположения кормушки 2, прилет на нее стал весьма регулярным после того как накануне она была снабжена тем же запахом, который присутствовал на кормушках 1 и 3 в другие дни и был знаком пчелам в улье. Отличие гистограммы от показанной на рис. 10.1 объясняется тем, что запах не был аккумулирован в улье, поскольку фуражиры на летали на эту кормушку.

Таблица 10.2. Отсутствие влияние секрета железы Насонова на темп рекрутирования

Характер корма	Обнажения железы Насонова	Прилеты рекрутов
Пахучая прикормка	103	78
Беззапаховая прикормка	182	7

Особенно важными оказались результаты, полученные в ходе трех последовательных дней с 15-го по 17-й (см. табл. 10.1). В первый и третий из них раствор сахара с гвоздичным маслом предлагали пчелам на боковых кормушках, и рекруты прилетали сюда интенсивно. В день 16-й, напротив, эта приманка была помещена в центральную (проверочную) кормушку, а раствор сахара на двух боковых, регулярно посещаемых фуражирами, был ароматизирован добавлением запаха мяты. Теперь регулярные фуражиры приносили в улей этот запах и, как предполагается, имели возможность указывать рекрутам местоположение двух кормушек посредством своих танцев. Но запах мяты не мог накопиться в улье в заметных количествах за столь ограниченный промежуток времени.

Спровоцированное нами преобразование обстановки не изменило, тем не менее, ожидаемого результата. Рекруты продолжали прилетать на центральную кормушку, где присутствовал привычный запах гвоздики, *которым они руководствовались в предшествующий день*. Происходило это вопреки тому, что, как уже было сказано, фуражиры могли бы, в принципе, указывать им местоположение двух боковых кормушек своими танцами.

В итоге, все наблюдения, полученные в ходе этого длительного эксперимента, четко свидетельствовали в пользу нашей модели поиска по запаху, которая в то время еще не была разработана во всех деталях. Эти данные привели, как и результаты поставленного ранее опыта с двойным контролем (см. гл. 9), к фальсификации гипотезы языка танцев.

Аномалия, связанная с вопросом о роли железы Насонова в мобилизации рекрутов

Эксперименты, поставленные с целью проверки некоего конкретного вопроса, почти всегда дают неожиданные побочные результаты, которые подчас оказываются важными в совершенно другом аспекте. В описанном выше эксперименте таким неожиданным аспектом оказалась оценка гипотезы об аттрактивной функции железы Насонова. Наша уверенность в отсутствии этой функции подтвердилась в этой серии опытов, что привело в дальнейшем к более полному изучению данного вопроса (см. прил. 10).

У нас ранее вызывали удивление сведения о том, что пчелы не обнажают эту железу, когда посещают естественные источники пищи, например, цветы (см., например, Ribbands 1953). Однако на искусственных кормушках частота обнажения этой железы увеличивается с уменьшением силы запаха приманки (Wells, Wenner 1971). Обратная зависимость между демонстрацией железы и интенсивностью рекрутирования очевидна при рассмотрении данных таблицы 10.1. Тот же самый вывод следует из цифр, приведенных в таблице 10.2. Совершенно очевидно, что все эти явления прямо противоречат обсуждаемой гипотезе. В тех местах, где у пчел наблюдается повышенная активность в функционировании железы Насонова, число рекрутов не увеличивается (см. прил. 10).

Так мы снова оказались в положении людей, вынужденных создавать «мысленный образ» того, как пчелы, стимулированные к вылету из улья, могут находить естественные источники пищи, обнаруженные до этого другими обитателями того же улья. Гипотеза языка танцев не выдержала проверки на ее применимость. То же произошло и с гипотезой аттрактивности секрета железы Насонова. Получается, что рекруты не руководствуются ничем иным, кроме запаха самого источника пищи.

Но случилось так, что полученные и опубликованные нами результаты не были услышаны. Убедить в полезности повторения наших опытов никого не удавалось. Тогда все это оставалось нам непонятно, поскольку мы недооценивали еще в то время всю мощь противодействия новым идеям со стороны научного сообщества. Но об этом речь пойдет в следующей главе.

11

Социальная сеть

Как и в политической революции, при смене парадигм нет стандарта более значимого, чем одобрение соответствующего сообщества людей.

— Томас Кун (Kuhn 1962: 94)

Чтобы быть воспринятыми, новые идеи должны выглядеть как естественное продолжение уже известного. Новые наблюдения и гипотезы, которые не соответствуют привычному стилю мышления, не принимаются к сведению, по крайней мере, временно.

— Фредерик Гриннел (Grinnell 1987: 45, 46)

Если коммуникация функционирует *только* внутри данной области знаний или некоего учреждения, исчезает возможность обмена идеями внутри обширной сети неформальных контактов.

— Николас К. Маллинс (Mullins 1968: 796)

Подобно другим сферам деятельности, наука не избегает клановости и закрытости. Это не должно удивлять, хотя ученые отрицают, что дело обстоит именно так... На самом деле, исследователи склонны объединяться в группировки типа клубов по интересам.

— Вильям Брод и Николас Вейд
(Broad, Wade 1982: 180)

Противостояние вокруг вопроса о языке танцев у пчел выглядит беспрецедентным по числу персонально вовлеченных в спор участников (биологов и неспециалистов), а также по разнообразию их позиций. Следует также заметить, что многие из них оставались на периферии проблемы, в том смысле, что не пытались решить ее постановкой собственных экспериментов. Фактически, большинство принимавших участие в споре почти ничего не знали о биологии пчел.

Фредерик Гриннел предложил термин «коллективное научное сознание», имея в виду группу ученых, которые, сами того не подозревая, оказались в ловушке некой парадигмы. Он писал:

> Одна из интересных особенностей коллективного научного сознания — это его анонимность. Большинство исследователей не рассматривают себя как участников процесса коллективного мышления. Эта анонимность исчезает, однако, когда возникает научный конфликт... Тогда линия фронта между приверженцами разных «стилей мышления» (schools of thought) становится четко очерченной» (Grinnell 1987: 46).

Помимо «заинтересованных зрителей» среди участников противостояния имеется немало исследователей пчел и этологов, которые могли давать экспертные оценки происходящего и имели возможность повторить наши разнообразные эксперименты (и опыты Гулда), меняя их схему для проверки своих сомнений. Однако эти квалифицированные персоны предпочитали оставаться «над схваткой» и полагались на общее мнение в среде «классиков».

В свое время Луи Пастер столкнулся с похожей ситуацией, когда на фоне споров о полученных им результатах дело дошло до возможности повторения его опытов другими учеными. Пастер взывал тогда: «Повторите [эти эксперименты] во всех деталях, описанных мной, и вы преуспеете так же, как преуспел я сам» [Pasteur из Дюкло (Duclaux 1896/1920: 97)].

Равнодушие, проявленное к нашим выводам в среде исследователей пчел и специалистов по поведению животных, резко контрастирует с тем, что мы обычно видим в более быстро развивающихся науках. Там в случае возникновения противоречий неизменно присутствуют: 1) экспертиза, 2) проведение дополнительных экспериментов и 3) личное участие в них заинтересованных лиц. Работники в этих сферах знания весьма склонны оспаривать новые результаты и их интерпретации.

Эти очевидные различия между происходящим в медленно и быстро развивающихся науках в известной степени параллельны противостоянию между представителями школы реализма и сторонниками релятивизма (см. гл. 3). Логические позитивисты (стоящие на позициях логического эмпиризма) могут, так сказать, «почивать на лаврах». Они одинаково довольны и в том случае, если удалось получить дополнительные данные в пользу своей гипотезы, и когда ее никому не удалось фальсифицировать.

Те же, кто добросовестно следует подходу, основанному на строгих умозаключениях, воспринимают новые экспериментальные данные как средство для дальнейшего улучшения схемы опытов. Это нечто вроде еще одной перекладины на лестнице неизвестности, которая дает возможность сделать очередной шаг к лучшему пониманию волнующей их проблемы.

Но что кажется удивительным в противостоянии в вопросе о языке танцев у пчел, так это конформистская позиция в нем многих видных биологов, которые в своей профессиональной области были склонны следовать подходу, основанному на строгих умозаключениях. Но здесь они сконцентрировали внимание только на данных, благоприятствующих гипотезе языка танцев, полагая, возможно, что она была достаточно надежно проверена на ранней стадии формулирования.

Считается, что ученый, обладающий высоким авторитетом в своей области, часто пользуется бóльшим уважением и у тех, кто работает в сфере других дисциплин, относящихся к социальной сети, взятой в широкой перспективе. Это правило действует даже в тех случаях, когда такая персона мало знакома с ходом исследований классиков (и с их методологией) в этой чуждой ей области. Подобное доверие иногда ведет к ложным представлениям об аргументированности новых идей, провозглашенных «у соседей». Как сказал один молекулярный биолог при нашей встрече на международном конгрессе: «Я всегда полагал, что гипотеза языка танцев пчел была проверена такими же строгими тестами, которыми пользуемся мы».

Большинство ученых не ограничиваются тем, что полностью игнорируют феномен *социальных сетей*. Основная масса исследователей даже публично отрицают то давление, которое этот фактор оказывает на ход научного процесса. При этом, однако, нельзя отрицать, что в неявной борьбе за хорошее место в социальной структуре научного сообщества присутствует немалая доля «политиканства» и даже жульничества.

Чтобы проиллюстрировать сказанное, стоит внимательнее отнестись к некоторым событиям внутри той «социальной сети», члены которой могли бы быть либо были вовлечены в противостояние на почве языка танцев у пчел. Мы хотим показать, как именно эта сеть осуществляла контроль над ситуацией на фоне столкновения разных идей. Но прежде мы сделаем небольшое отступление в область социологии.

Эффект Мэтью

Одно из наиболее очевидных проявлений фактора социальных сетей в науке было обозначено Робертом Мертоном как «эффект Мэтью» в качестве аллюзии следующего места из Евангелия от Матфея (Merton 1968):

> Каждый, кому больше дано, будет иметь затем все большее изобилие; но у того, кто не имеет ничего, даже и это будет отнято (Евангелие от Матфея 13:12 и 25:29).

Мертон видит похожую ситуацию в неравноценности оценки работ, выходящих из-под пера ученых с разным статусом в научном сообществе. Произведения «классика» в данной области знаний пользуются несоразмерно большим доверием среди коллег, даже если работа выполнена преимущественно его сотрудниками и сделана на исходе интеллектуальных возможностей ученого, а потому не отличается высоким качеством.

Поэтому ошибочным можно считать мнение тех, кто полагает, что рецензенты, оценивающие качество журнальных статей и проектов, поданных на гранты, придерживаются объективности, опираясь исключительно на достоинства (или недостатки) рассматриваемых материалов. Так, Майкл Мехони, изучавший практику рецензирования, писал:

> Все дело в том, кто автор статьи... Особенно велико влияние престижа на исход дела, если статья посредственная... Печальная ирония в том, что высокий статус облегчает ее публикацию. По аналогии с эффектом Мэтью, знаменитости порождают новых знаменитостей (Mahoney 1976: 87).

Питерс и Сеци (Peters, Ceci 1982) решили проверить, так ли это. Они подали в некий журнал 12 статей, уже опубликованных в нем ранее (от 18 до 32 месяцев тому назад.). В первый раз их авторами были сотрудники престижных университетов, а теперь статьи подписали вымышленными именами. (Кстати, журнал был известен тем, что отвергал 80 % предлагаемых материалов.). И хотя к первой публикации статей имели отношение 38 рецензентов и редакторов, только три статьи были опознаны как напечатанные ранее. Таким образом, 9 из 12 статей снова прошли весь процесс рецензирования. Из них 8 были отвергнуты, как не отвечающие стандарту журнала.

Новый взгляд на первое положение эффекта Мэтью

«Каждый, кому больше дано, будет иметь затем все большее изобилие». Мертон придавал наибольшее значение именно этой первой фразе из библейского отрывка. Впрочем, та же самая фраза может быть истолкована в другом смысле, который касается принципиально иного аспекта проблемы. Речь идет о той тенденции в науке (как и в других сферах человеческих отношений), в соответствии с которой некоторым предоставляется право выносить окончательные решения.

Наверное, в истории биологии было очень немного эпизодов, где эффект Мэтью проявился бы столь же ярко, как в истории выдвижения гипотезы языка танцев пчел. Сказанное станет яснее, если восстановить хронологию событий на стадиях появления гипотезы, возражений против нее и «спасения» ее от нападок.

Как было показано в главе 4, вопрос о том, руководствуются ли пчелы при поисках источников пищи «языком» или запахом, стоял на протяжении столетий. В конце 1930-х гг. Жюльен Франкон развивал взгляды, поразительно близкие к тем, что позже были высказаны Фришем. В то время сам Фриш еще настаивал, что пчелы в ситуациях поиска полагаются исключительно на запах. Франкону, однако, не удалось склонить [«convert», по выражению Аткинсона (Atkinson 1985)] на свою сторону значительное число биологов.

Фриш также высказал идею, согласно которой пчелы обладают «речью», более чем за 20 лет до предположений Франкона, но на протяжении последующих десятилетий она не приобрела сторонников.

Удивительно то, что восприятие научным сообществом гипотезы языка танцев пчел в середине 1940-х гг. не было обусловлено строгостью экспериментов Фриша. Сегодня, как нам представляется, все согласны с тем, что эти эксперименты, поставленные им в те годы, не были контролируемы сколько-нибудь адекватно. Более того, создается впечатление, что гипотеза взросла в основном на почве горячего ее одобрения научным сообществом того времени (см. цитату из Куна в эпиграфе).

Беннет задавался вопросом, почему новые идеи воспринимаются в одно время и не производят впечатления в другое:

> Почему некоторые новые идеи должны быть восприняты научным братством, в то время как другие отвергаются на основаниях, *не имеющих прямого отношения к науке*?.. Мы видим причину в следующем... Инновации по самой своей природе подлежат одобрению, хотя креативность как таковая противоположна устоявшемуся коллективному сознанию. Инновации рождаются в исследованиях, проводимых в соответствии с принятыми правилами и выработанными стандартами. Это новое знание, однако, остается преемственным по отношению к установленным теоретическим конструкциям и удовлетворяет ожиданиям, которые соответствуют принятым формулировкам» (Bennett 1968: 237 — курсив автора цитаты).

Другими словами, гипотеза языка танцев пчел была поднята на щит в 1940-х гг. только лишь потому, что ей благоприятствовал научный климат того времени. Ее акцент на «лингвистический» аспект хорошо соответствовал романтизму, растущему на фоне успехов новорожденной этологии и перспектив зарождающейся социобиологии. То, что гипотеза базировалась на полевых экспериментах, придавало ей характер инновации, а само содержание «открытия» еще раз подтверждало для заинтересованной аудитории правильность пути, по которому двигалась этология.

Здесь не место подробно рассматривать хронологию событий в сфере изучения поведения животных. Однако в наших силах детально документировать роль социальных факторов, которая оказалась решающей в принятии, продвижении («раскручивании», как принято говорить теперь) и защите гипотезы языка танцев от критики со стороны ее противников. Отметим, что некоторые социологи науки нашли этот эпизод весьма поучительным и подвергли его глубокому анализу (см., например, Veldink 1989).

Когда революционная статья Фриша впервые вышла на немецком языке в 1945 г., ее выводы были сначала встречены волной скептицизма (см. Thorpe 1949). Однако тот же Торп, считавшийся «классиком» в области изучения поведения животных, решил затем, что статью следует перевести на английский язык (Frisch 1947) и написал предисловие к ней с полным одобрением и поддержкой проведенного исследования. Об энтузиазме этого автора в отношении работы Фриша можно судить по следующей цитате:

> В своей последней работе фон Фриш поднял проблему крайней важности для психологии и нейропсихологии. Он показал, что кормовое поведение пчел и их ориентация в пространстве заставляет пересмотреть некоторые наиболее фундаментальные представления, господствующие в наших объяснениях поведения насекомых и других животных. В самом деле, дни Леба и его теории тропизмов уже миновали» (Thorpe 1949:14; см. также гл. 7 и 13).

Вскоре после этого гипотеза языка танцев получила еще более мощную поддержку со стороны нобелевского лауреата Августа Крога, который был удостоен премии в 1920 г. за исследования в области физиологии газообмена и осморегуляции у разных видов животных.

Крог (Krogh 1948) представил Фриша и его исследования в статье, напечатанной в журнале *Scientific American*. Поскольку этот журнал считается у ученых проводником новых идей, публикации в нем свидетельствуют о высоком престиже авторов. К тому же статьи для него пишут простым языком, понятным для широкого круга читателей. Крог, таким образом, предоставил аудитории убедительный рассказ об экспериментах Фриша и их, якобы, чрезвычайной важности. Высокую оценку работы Фриша он подал в следующих выражениях: «Эта серия экспериментов представляет собой наиболее замечательный пример того, чего человеческий мозг с высочайшем уровнем интеллекта может достичь путем неустанных усилий» (Krogh 1948: 21).

Интересно, что в заключительном параграфе этой статьи содержатся первые попытки рассмотреть вопрос с точки зрения различий в психических возможностях насекомых и человека (см. гл. 7 и 13).

Дональд Гриффин, позже получивший известность как автор работ по локации у летучих мышей, стал очередным активным защитником

гипотезы языка танцев. Как мы уже упоминали в главе 6, в 1949 г. он организовал поездку Фриша в США. Гриффин был в то время сотрудником Корнелльского университета, первого из трех в стране, посещенных Фришем. Затем последовал его трехмесячный вояж по 13-ти другим университетам США, в которых Фриш читал лекции (Frisch 1950).

Результатом этой поездки стало издание в США на базе Корнелльского университета трех его лекций в виде небольшой книги «Пчелы: их зрение, химическая чувствительность и язык». Эта книга вскоре завоевала большую популярность: содержание ее было интересным, а язык доходчивым. Во всей этой истории ясно видна вера в возможность оправдания исследования средствами его верификации (см. гл. 3). Гриффин выразил приверженность такому подходу в следующих словах: «В самом деле, гипотеза была независимо подтверждена исследованиями в США, Англии и на Европейском континенте» (Griffin в книге: Frisch 1950: V).

Книга вышла в 1951 г., и вскоре после этого Фриша избрали иностранным членом Американской национальной академии наук.

«Нормальная наука» по Т. Куну

Точкой отсчета, с которой популярность гипотезы языка танцев резко пошла вверх, можно считать вручение Фришу Премии им. Магеллана в 1956 г. Эту премию Американское философское общество присуждает не каждый год, и лишь за наиболее выдающиеся открытия или изобретения. Как было сказано, премию присудили Фришу за открытия «в области навигации, астрономии и философии естествознания».

Краткое уведомление об этом событии можно найти в ежегоднике Общества за 1955 г. Оно гласило: «По предложению Комитета (члены Бронк, Фоут, Хансейкер и Шепли) приз за 1956 г. присуждается Карлу фон Фришу, профессору зоологии из Мюнхенского университета за его сенсационное исследование по “математике” и навигации пчел».

Формальное решение о награде было провозглашено 20 апреля 1956 г. Обычно на церемонии присутствует сам автор и зачитывает здесь свою работу, но Фриш не приехал, и его статью (Frisch 1956) читал не кто иной, как все тот же Дональд Гриффин, теперь сотрудник Гарвардского университета.

Одним из заключительных эпизодов в приобретении гипотезой языка танцев статуса парадигмы стало предложение, сделанное Фришу редакторами журнала *Scientific American*, написать для него статью, что и было сделано (Frisch 1962).

Между 1950 и 1965 гг. исследования в рамках гипотезы языка танцев благополучно продолжались в соответствии со стандартами «нормальной науки». Иными словами, в этот период гипотеза являла собой типичный пример парадигмы в понимании Томаса Куна: «Многие продвижения науки в прошлом, которые приветствовались данным научным сообществом, были не более чем дополнениями к уже существовавшим средствам для продолжения все той же привычной деятельности» (Kuhn 1962: 10).

Все восторженные похвалы в адрес Фриша со стороны видных представителей биологического научного сообщества создавали у представителей других научных дисциплин впечатление, что впервые описан и подтвержден случай использования «языка» животными. Множество разнообразных исследований на эту тему были инициированы в лингвистике, психологии и социологии. Начались поиски языков у других видов животных. При этом изыскатели обыгрывали на все лады «открытие» Фриша.

Кун специально останавливался на подобном типе активности. Он писал: «Когда ученый принимает парадигму на веру, он уже и не пытается далее ... начать все сызнова, взяв за основу некие новые исходные принципы и критически рассмотрев теоретические допущения, вводимые им в исследование» (Kuhn 1962: 19—20).

Ученые, оказавшиеся в шорах парадигмы, тем не менее жили припеваючи. Мартин Линдауер и другие студенты и протеже Фриша публиковали статью за статьей о коммуникации и навигации у пчел, описывая в них использование пчелами их необычайных «языковых» способностей. Гарольд Эш и Адриан Веннер первыми опубликовали данные по звуковой продукции пчел во время исполнения ими виляющего танца (см. гл. 7) и благодаря этому оказались востребованы для чтения лекций и выступлений на симпозиумах.

Гранты на тему языка танцев пчел стали доступны для всех, кто поддерживал идею, а журналы принимали соответствующие статьи без малейших колебаний. Эш получил звание профессора в Университете Нотр-Дам, а Веннеру было предложено написать статью в журнал *Scientific American* (Wenner 1964).

Другая сторона эффекта Мэтью

Описав эффект Мэтью, Мертон так комментировал первую приведенную там фразу из Библии. «Выражаясь по-простому, — писал он, — суть этого эффекта в том, что престиж быстро растет у ученых, внесших заметный вклад в науку, но такое продвижение вперед тормозится в отношении тех, кто пока что еще не стал заметен в ней».

Вторая часть эффекта Мэтью по Мертону звучит так: «...но у того, кто не имеет ничего, даже и это будет отнято» (Merton 1968: 58). Эти слова могут быть интерпретированы как намек на подавление критики, и как свидетельство диффомаций в адрес тех, кто «осмелился» подвергать сомнению взгляды немногих избранных, наделенных правом высшего авторитета. Сильвермен так говорит об этом: «Когда эффект Мэтью наделяет мужчин и женщин, способных заблуждаться, статусом идолов авторитета, это ведет к подавлению критики и, таким образом, к торможению прогресса в познании» (Silverman 1986: 387).

Таким образом, в то время как поборники парадигмы пожинают лавры славы, нечто прямо противоположное ожидает тех, кто пытается ниспровергнуть догму (см., например, Bennett 1968; Merton, 1968; Blissett 1972; Mahoney 1976; Veldink 1976, 1989; Gilbert, Mulkay 1984; Cohen 1985). Даже если некоторые члены научного сообщества утверждают, что они приветствуют критику существующих взглядов, они отказываются от этой позиции, как только возникает угроза разрушения привычной расстановки сил в теоретических подходах и в структуре социальной сети.

Сопротивление, которое научное сообщество оказывает по настоящему значимым попыткам ниспровержения господствующей теории, хорошо согласуется со второй частью эффекта Мэтью. Те, кто пытается предложить гипотезу, альтернативную широко принятой, могут быть подвергнуты серьезному давлению. Здесь в поведении ученых проявляется низменная природа человека. Так, на ранней стадии нашего противостояния гипотезе языка танцев этот социальный конформизм позволил Докинзу отозваться о наших взглядах следующим образом: «Веннер и его коллеги позволили себе оспаривать открытие великого биолога» (Dawkins 1969: 751).

Давление, направленное на сохранение единомыслия, может принимать самые различные формы. Все это ведет к тому, что попытки опереться в спорах на новые экспериментальные данные, противоречащие принятым взглядам, способствуют развитию кризиса сначала

в узком кругу лиц, причастных к обсуждаемой проблеме. Томас Кун в главах 7 и 8 своей книги (Kuhn 1962/1970a) подробно рассматривает суть подобного кризиса, возникающего при выявлении аномалий. Он пишет: «Открытие начинается с осознания аномалий или, иными словами, с обнаружения того, что сама действительность противится предсказаниям парадигмы, управляющей течением нормальной науки» (Kuhn 1962: 52).

Следует заметить, что во многом близкие взгляды («нормальная наука», «кризис») высказывались ранее Мертоном, когда он ввел в обиход науки понятие «эффект Метью». Так, еще в 1942 г. Мертон писал:

> Дух науки — это эмоционально окрашенный комплекс ценностей и норм, которых ученому следует придерживаться, чтобы соответствовать своей профессии. Нормы выражены в форме предписаний, ограничений, предпочтений и пожеланий профессионального характера. Они легитимизированы в терминах институциональных ценностей. Все эти императивы, представленные в виде негласного перечня принципов поведения, а также положительных и отрицательных примеров, и усиленные санкциями, усваиваются ученым в большей или меньшей степени. Таким образом формируется его научное сознание, или, если следовать новой терминологии, его супер-эго... Хотя дух науки не может быть кодифицирован, он выражается в моральном согласии ученых, отраженном в их деятельности и традициях, в многочисленных описаниях морального духа исследователей и в проявлениях негодования, направленного против нарушений научной этики (Merton 1973: 268, 269).

Первые признаки ожидавших нас неприятностей вышли на поверхность, когда мы приступили к тестированию гипотезы языка танцев и предложили в печати идеи, альтернативные ей (см. гл. 7—10). Неодобрение стало очевидным, когда мы начали представлять полученные данные на конференциях и симпозиумах (например, в 1966 г.; см. прил.4). Затем последовали отрицательные отзывы анонимных рецензентов на наши статьи, предлагаемые в научные журналы. Наши исследования подвергались осуждению, но журналы отказывались печатать наши возражения (см. прил.5).

Наконец, многие наши коллеги перестали присылать нам оттиски своих работ, примечательными исключениями были Е. О. Уилсон, Джон Кефусс и Том Риндерер (Wilson, Kefuss, Rinderer). Нас престали приглашать на университетские семинары и симпозиумы.

Возникновение кризиса

Кризис в науке развивается по стандартной, предсказуемой схеме. После его возникновения возникает и усиливается противостояние между конфликтующими группами. Затем противоречия так или иначе сглаживаются. Еще во времена Луи Агассиса картина виделась примерно таким образом: «Когда выдвигается новая доктрина, события проходят в три этапа, на первых порах говорят, что этого не может быть. Затем, что новшество противоречит религии (или научной догме). И, наконец, что все это давно известно» (Gould, Eldredge 1986: 143).

Но в истории науки редко документируется (или специально акцентируется), насколько острыми бывают дебаты и сколько времени требуется на их завершение. Иными словами, вопреки тому факту, что наука «самокорректируется», такая самокоррекция редко дает знать о себе сразу. В быстро развивающихся отраслях науки промежуток времени, необходимый для восприятия новой точки зрения, может быть сравнительно коротким. Но это отнюдь не общее правило.

В книге «Ящик Пандоры открывается» ее авторы Гилберт и Малки (Gilbert, Mulkay 1984) показали, насколько длительное время (более 10 лет), требуется большинству биологов, даже работающих в быстро развивающихся дисциплинах, чтобы принять новую точку зрения. В приведенном ниже примере речь идет о хемиосмотической гипотезе (chemiosmotic coupling hypothesis), предложенной Питером Митчелом в 1960-х гг. и удостоенной Нобелевской премии в 1978 г. (см. рис. 6.2В на стр. 143 этой книги). Обсуждая историю вопроса, авторы пишут:

> Растущее среди ученых согласие относительно важности хемиосмозиса... было обязано постепенному накоплению экспериментальных доказательств... и медленному росту понимания того, о чем идет речь... Отсутствие окончательного согласия среди исследователей было связано с нежеланием некоторых видных ученых принять теорию, в создании которой они не участвовали сами и которая оказалась трудной для их восприятия (Gilbert, Mulkay 1984: 114—115).

После того как процесс принятия гипотезы завершился благополучно, некоторые из его участников суммировали новую точку зрения в сборнике под редакцией Бойера и др. (Boyer et al. 1977: 955—1026). Однако из приведенных в нем статей читатель не сможет узнать о том, насколько тяжело шел этот процесс, приведший к одобрению новых

взглядов. Эта тема более полно была изложена затем в журнале «Nature» (см. Latour 1987; Veldink 1989).

К сожалению, для восприятия научным сообществом новых взглядов требуется отнюдь не только время. Недостаточно также всестороннего беспристрастного ознакомления аудитории с «данными», подтверждающими их, как это происходит в рамках индуктивной науки. Каждый, кто пришел к новым интерпретациям реальности, должен активно выступать с их пропагандой и защитой, особенно если речь идет о медленно развивающихся дисциплинах. Впрочем, такое напористое поведение не слишком приветствуется научным сообществом. Здесь уместно вспомнить следующее замечание Аронсона: «Накопление научного знания есть одновременно накопление ошибочных заключений» (Aronson 1986: 630). С другой стороны, ученые не любят признавать, что «знание», которому они следовали, было ошибочным.

Мишель Полани относился к числу тех, кто терпеливо ожидал изменения научного «климата», прежде чем попытался убедить психологов, что его взгляды заслуживают внимания. Позже Полани углубился в причины несоответствия между предполагаемой и реальной «широтой взглядов» ученого. В этой связи он ввел понятия «эвристические эмоции» (heuristic passion) и «страсть убеждения» (persuasive passion) (Polanyi 1958).

Первое из этих двух словосочетаний относится к исследованиям того типа, к которому принадлежат работы Барбары МакКлинток (см. Keller 1983), и которые, по мнению Полани, «обогатили картину мира». «Страсть убеждения», с другой стороны, проявляется в попытках ученого заставить других поверить в его интерпретации новых фактов и, тем самым, встать на его сторону. Полани указал также на неизбежные следствия воздействия социальных факторов на науку, что отражено в следующих его словах:

> Научное противостояние никогда не ограничивается рамками самой науки. Ибо когда предложена новая система мышления, охватывающая целый класс мало понятных фактов, возникает вопрос, надо ли ее принять или отвергнуть в принципе. Те, кто отвергает систему, исходя из таких общих соображений, неизбежно будет считать ее полностью неправомочной и даже вредной (Polanyi 1958: 150).

Полани продолжает эту мысль в такой словесной форме, которая поразительно близка к высказываниям Куна, сделанным четыре года спустя, и Аткинсона двадцатью семью годами ранее:

> Провозвестник новой системы сможет убедить аудиторию в своей правоте только в том случае, если его стараниями новая доктрина, пока мало понятная окружающим, сразу же завоюет интеллектуальную симпатию. Те, кто прислушиваются к сказанному с симпатией, почувствуют, что они открывают для себя нечто ранее совершенно неизвестное. Это вживание в новое представляет собой эвристический процесс, акт изменения собственного сознания и переосмысления сущего. Так растет число сторонников новой школы, которая до поры до времени оказывается отделенной логической пропастью от лиц, не входящих в нее (Polanyi 1958: 151).

Если вы позволите себе проявить долготерпение, полагая, что вам удастся переубедить сторонников другой парадигмы «фактами», вы только внесете лепту в замедление научного прогресса. Например, Пастер не проявил подобной неторопливости, он активно настаивал на своей точке зрения перед Французской академией наук (Duclaux 1896/1920). Интересно, однако, что в учебниках биологии обычно не упоминается о тех трудностях, с которыми Пастер столкнулся при взаимодействии с научным и медицинским истеблишментом.

Более продуктивный способ борьбы для тех, кто настаивает на своем и выигрывает несмотря на противодействие научного сообщества, состоит в том, чтобы вызвать сильное возмущение со стороны наиболее активных его членов. Такую ситуацию описывает Блиссет на основании интервью, которые он брал у ученых, столкнувшихся с неприятием их идей:

> Чтобы изменения свершились, вы должны четко формулировать свои идеи, быть убедительным и настойчивым. Вам следует обнажить суть проблемы. Но это сделает вас объектом обструкций. Позже вы сможете сказать: «Я был фанатичен до параноидальности и буйства, но я собирался выиграть. Время на моей стороне» (Blissett 1972: 141).

В этом отрывке легко увидеть ту самую «страсть убеждения», о которой говорил Полани и которую проявил Пастер. У большинства исследователей такая настойчивость, необходимая для противодействия активности оппонентов, к сожалению, отсутствует.

Чтобы идти вперед в подобной ситуации, от исследователя требуются как эвристические эмоции, так и страсть убеждения. Первые заставляют ученого проводить все больше экспериментов, чтобы получить удовлетворение от все лучшего понимания своей собственной позиции. На стадии такого рода усилий возможно применение всех существующих научных подходов, показанных на рис. 3.1. Страсть убеждения должна присутствовать у тех исследователей, которые рассчитывают, что их усилия в корне изменят существующие взгляды (на что, на самом деле, надежды мало, поскольку такие преобразования требуют длительного времени).

В цитируемой работе Полани приходит к тем же заключениям, что позже будут высказаны Куном. Здесь можно видеть также аллюзию метафоры об «очках» в споре между Поппером и Куном (Kuhn 1970b: 3). Полани пишет:

> Эвристический импульс в нашем понимании позволяет провести параллель между позицией ученого и нашими представлениями о реальности (vision of reality), что и служит ориентиром при постановке новых вопросов. Эвристические эмоции есть также сердцевина оригинальности — то есть стимул, заставляющий нас отказаться от принятых схем интерпретаций и создать свои собственные, перейдя затем к их применению путем пересечения логического разрыва (Polanyi 1958: 159).

Хочется завершить этот раздел указанием Полани на те трудности, с которыми может столкнуться исследователь, пришедший к радикально новым идеям: «Фактически, враждебная аудитория может вполне осознанно отвергать восприятие новых концепций» (Polanyi 1958: 151).

Социальная сеть и «лингвистическо-запаховое» противостояние

Понятно, что никто не может знать всех тонкостей взаимоотношений между учеными в сложной сети социальной структуры обширного научного сообщества. Присутствие на научных конференциях, однако, оказывается весьма поучительным, особенно для тех, кто участвует в закулисных переговорах и наблюдает «позерство» их участников (как один случайный участник научного сборища назвал соответствующий тип поведения).

Разумеется, мы не могли знать о тех разговорах с глазу на глаз, которые бесспорно имели место среди поборников гипотезы языка танцев. Ведь теперь нас не допускали к подобного рода обсуждениям. И все же есть возможность на основе более поздней информации дать краткое описание событий того времени.

Как было сказано в начале главы, множество видных биологов оказались так или иначе вовлеченными в противостояние вокруг гипотезы языка танцев. Некоторые из них (Торп, Крог и Гриффин) были уже упомянуты как активные ее сторонники. Их не останавливал тот факт, что гипотеза не была серьезно проверена. Гриффин и многие другие убедили себя в ее правдоподобии, просто повторив опыты Фриша и получив те же самые результаты. Но целый ряд других ученых встал на их сторону, ошибочно предполагая, что проверка была проведена надлежащим образом.

Дату начала противостояния вокруг гипотезы языка танцев можно указать совершенно точно. Это март 1966 г., когда наша точка зрения была провозглашена на семинаре Института биологических исследований в Ла-Джолла (Калифорния) (см. прил. 4). То, что произошло там в присутствии многих прославленных ученых (таких, как Якоб Броновский, Теодор Баллок, Фрэнсис Крик, Жакоб Моно и Джонас Салк), полностью соответствовало словам Полани, приведенным в конце предыдущего раздела.

Произошедшее не имело в то время каких-либо прямых последствий. Однако позже этот эпизод сыграл роль чуть ли не главного фактора в развитии противостояния, поскольку именно с него началась карьера Джеймса Гулда.

Через два месяца после заседания на имя Веннера пришло письмо от Сеймура Бензера из Калифорнийского института технологии, в котором тот выражал сожаление, что не смог присутствовать на выступлении адресата в Ла-Джолла пару месяцев тому назад. Письмо удивило нас, поскольку Веннер не выступал с докладом, а только участвовал в прениях (см. прил. 4).

Второй эпизод, о котором стоит упомянуть, произошел в августе 1966 г., когда на собрании в Американском институте биологических исследований (AIBS) в Корнуэлсе Уильям П. Стефен из Орегонского университета и Бургхард Шрикер из Германии сделали сообщение о предполагаемых нарушениях в использовании информации языка танцев пчелами-рекрутами. После воздействия на них органическими пестицидами они летели не туда, куда фуражиры «направляли» их своими танцами.

Названные авторы использовали схему веерного эксперимента Фриша. Такая постановка опыта была неадекватной, как ранее (еще в 1962 г.) показал Веннер (см. прил. 12).

Тем временем Бензер, который был движим желанием прояснить проблему для себя, объединился на этой почве с Робертом Синшеймером. Они не проводили изысканий сами, а вместо этого спонсировали студентов: Джеймса Л. Гулда, Мишеля Хенери и Мишеля К. МакЛеода. Студенты написали статью в *Science* (Gould et al. 1970), которая сплотила поборников гипотезы языка танцев в резком противодействии нашим исследованиям. Редактор *Science* не дал нам возможности ответить на критику даже после наших апелляций (см. прил. 5).

События принимали неожиданный оборот, поскольку в дебаты помимо исследователей поведения пчел включились люди, не имеющие к этой теме никакого отношения. Так, Гулд, Хенери и МакЛеод участвовали в гранте по биомедицине от Службы здравоохранения, полученом Робертом Ф. Бечером из Калифорнийского технологического института. В публикации Гулда с соавторами принесены благодарности У. П. Стефену за возможность использовать его улей, Р. Синшеймеру за помощь в получении финансирования.

Среди активных противников нашей точки зрения весьма влиятельной фигурой считали Эдварда О. Уилсон из Гарвардского университета. Правда, в противоположность прочим нашим недоброжелателям (таким, в частности, как Бензер), он не прекращал переписки с нами и был в курсе постепенного прогресса наших исследований. Таким образом, его поведение резко контрастировало с тем, что мы видели у большинства других приверженцев гипотезы Фриша.

В наших попытках переубедить Уилсона поистине непреодолимой проблемой оказался тот самый «логический разрыв», о котором говорил Полани. Как нам стало понятно позже, Уилсон был строго привержен подходу, основанному на принципе верификации, и был в очевидном плену парадигмы языка танцев (см. Wilson 1971). Мы же в то время смотрели на поведение пчел «через новые очки».

После того, как в печати появилась наша статья с описанием эксперимента с двойным контролем (см. гл. 9), Уилсон в своем письме пытался убедить нас, что она не решает проблемы. Он настаивал, чтобы мы поставили опыт другого типа, который впоследствии и стал нашим решающим экспериментом (Wenner, Wells, Johnson 1969). Мы послали Уилсону копию статьи с его результатами еще до того, как она была напечатана в *Science.* Кроме того, мы написали ему длинное письмо, в котором объясняли дефекты в схемах экспериментов Фри-

ша и Линдауэра, то есть в той самой точке зрения, которая позже была принята другими (см., например, Gould 1976).

В качестве примера такого рода дефектов мы предложили Уилсону познакомиться со статьей Линдауэра, переведенной нами на английский язык. В статье шла речь об экспериментах с ориентацией пчел по солнечному компасу. Мы просили Уилсона дать статью на прочтение кому-либо из его студентов-дипломников, способному непредвзято оценить сделанное. Из этого мало что вышло, поскольку Уилсон как раз в то время (1969 г.) был занят организацией приезда Линдауэра в Вудс-Холл в качестве гостя, при спонсорстве Корпорации РЭНД («Фабрика мысли») и Морской биологической лаборатории (Lindauer 1971).

Летом 1969 г. Линдауэр повторил в Вудс-Холле (и позже, по возвращении в Германию) наши «решающие» эксперименты (гл. 10), хотя и с некоторыми изменениями (Lindauer 1971). Нам было очевидно, что чем ближе схема его опытов приближалась к нашей, тем больше соответствовали друг другу оба ряда результатов.

Одной из последних возможностей познакомить научную аудиторию с тем, что было сделано нами, стало приглашение от трех психологов (Листер Креймс, Патриция Плайнер и Томас Алловей) принять участие в форуме, проводившемся в Университете Торонто. Вероятно, эти организаторы встречи еще не знали, что мы утратили доверие научного сообщества. Симпозиум проходил в феврале 1972 г. В нем принимал участие и Питер Марлер, ставший в дальнейшем (в качестве члена комиссии на защите докторской диссертации Джеймса Гулда) авторитетным защитником гипотезы языка танцев.

Один из нас (Веннер) почувствовал неладное уже в первый вечер пребывания в Торонто, когда все собрались в гостиной отеля, где нас разместили. Итальянцы Папи и Парди приехали с результатами работы по лунному компасу у бокоплавов. К тому времени ученик Веннера Питер Крег повторил опыты этих исследователей и пришел к выводу, что в пространственной ориентации этих ракообразных важнейшую роль играет угол наклона берега (Wenner 1989).

Когда об этом зашла речь в гостиной, Марлер поднялся и провозгласил: «Не хотите ли Вы сказать, что Папи и Парди лгут?». После чего покинул помещение. Он не присутствовал ни на одном заседании, в том числе и на выступлении Веннера.

Примерно в это самое время Марлер и Гриффин перешли в Рокфеллеровский институт (позже Рокфеллеровский университет) и разработали программу исследований поведения животных. В качестве

докторанта в это учреждение был принят и Джеймс Гулд, закончивший к тому времени обучение в Калифорнийском технологическом институте и успевший уже поработать со Стефеном в Орегоне. Председателем комиссии по докторантуре был Гриффин, в нее входили Марлер и Холдоблер. Последний работал в Гарвардском университете и был коллегой Уилсона по изучению поведения муравьев.

В то время Гулд работал над своей докторской диссертацией в Рокфеллеровском университете, а Фриш (вместе с Конрадом Лоренцом и Нико Тинбергеном) был представлен в 1973 г. к Нобелевской премии по психологии и медицине. После окончания докторантуры в Рокфеллеровском университете Гулда приняли в Принстонский университет, где он заменил на новом посту Марка Кониши. Этот этолог был все время студентом Марлера в бытность того сотрудником Калифорнийского университета. И куда, как вы думаете, отправился теперь Кониши? Он перешел в Калифорнийский технологический институт, в то самое отделение, где работал Сеймур Бензер.

Монотонный ход событий в период усиления позиций гипотезы языка танцев отчасти оживился обменом мнений на страницах *Science.* Швейцарские ученые Энкерл и Пирбум написали в этот журнал письмо (Ankerl, Pereboom 1974) с протестом против статьи Марлера и Гриффина, опубликованной в № 2 за 1973 г. в разделе «Новые исследования». Швейцарские ученые жестко критиковали Марлера и Гриффина за отсутствие в их статье упоминаний о наших работах в период с 1967 по 1973 гг. (Wenner, Wells, Rohlf 1967; Wenner 1971a; Wells, Wenner 1973). Те ответили, что ими все было сделано правильно, ссылаясь на принцип верификации и авторитет классика. «Мы согласны, — писали они, — с мнением Уилсона (Wilson 1971), что коммуникативная функция (танца. — *Е. П.*) *решительно подтверждается* экспериментальными данными» (Griffin, Marler 1974 — курсив наш).

Резюме

В главе 4 мы подробно рассказывали том, как менялись взгляды на «язык» пчел на протяжении более чем двух столетий. Сменявшие друг друга поколения ученых в разные эпохи придерживались либо парадигмы поиска по запаху, либо идеи, основанной на вере в существования у пчел некоего «языка». Приверженность той или другой системе взглядов определялась господствующим социальным климатом в науке данного времени.

Еще Джордж Беркли (1685—1753), епископ в Койне, указывал на важную роль подобных социальных факторов в науке. Фактически, он был первым, осознавшим феномен «плена парадигмы»:

> Люди усваивают научные идеи друг от друга. И каждый, кто учится у других, испытывает большее или меньшее почтение к авторитетам. Это особенно характерно для молодых ученых. При этом они следуют ранее выработанным принципам, хотя и склонны принимать многое на веру. Так идеи, многократно повторяемые, становятся привычными. А привычность постепенно начинает восприниматься как истина» (Berkeley 1735/1951: 117—118).

Два столетия сомнений по поводу справедливости того или иного взгляда на поисковое поведение пчел завершились в 1940-х гг. провозглашением гипотезы языка танцев. Наконец-то были поставлены, казалось бы, «неопровержимые» эксперименты, которые дали множество свидетельств, позволивших сформулировать внешне правдоподобную гипотезу. Каждый, кто хотел, мог повторить эти опыты и получить результаты, описанные Фришем. Но при таком следовании принципу верификации не было места попыткам тестировать гипотезу, что привело к ее превращению в парадигму.

При внимательном отношении к описанным здесь событиям становится ясно, что принятие гипотезы языка танцев и дальнейшее ее «раскручивание» определялись в значительной степени социальными факторами, действовавшими внутри научного сообщества (см., например, Veldink 1989). Этот эпизод в двухсотлетней истории вопроса отличался от предшествующего колебания маятника мнений в том отношении, что огромную роль сыграла вовлеченность в парадигму лиц, не имевших непосредственного отношения к изучению поведения пчел.

Историки и философы науки долгое время пренебрегали социологическим аспектом в этой области человеческой деятельности. Приведенный здесь очерк взаимоотношений между учеными, участниками чего мы оказались сами, может быть полезен в качестве стимула для дальнейших историко-социологических исследований аналогичного характера.

12

Первые попытки реанимировать гипотезу языка танцев

Сами ученые не могут и не будут фальсифицировать теорию, [которая привела к возникновению кризиса]. Они будут вести себя как и раньше, когда сталкивались с аномалиями. Именно, они будут придумывать всевозможные модификации теории по *ad hoc*, чтобы устранить любые очевидные противоречия.

— Томас Кун (Kuhn 1962: 78)

Противоречие парадигме не может быть однозначно подтверждено только логическими рассуждениями и экспериментальными данными... Как и в политической революции, здесь не может быть более значимого фактора, чем согласие соответствующего сообщества людей.

— Томас Кун (Kuhn 1962: 94)

Пороки теории никогда не ведут сами по себе к ее отрицанию... Ученые мирятся с теориями, в отношении которых легко показать их неадекватность.

— Карл Линдегрен (Lindegren 1966: 6)

Я не могу посоветовать ученым любого возраста ничего лучшего, чем отдавать себе отчет в следующем. Какой бы сильной ни была убежденность в справедливости гипотезы, это еще не значит, что она действительно справедлива. Высокая степень убежденности порождает лишь столь же сильное желание проверить, выдержит ли гипотеза критическую проверку.

— Питер Медавар (Medawar [1979] 1981: 39)

Мы опубликовали результаты нашего «решающего» эксперимента через год после выхода в свет книги Джеймса Д. Уотсона «Двойная спираль». В рецензии на нее Мертон писал:

> Истории, в деталях изложенные в «Двойной спирали», по-видимому, многое сделали для развенчания популярного мифа о сложном поведении ученых. Лишь в наш век конкуренции значительное число учёных стремятся, как кажется, опубликовать свои данные раньше коллег в данной области исследований и, таким образом, обрести признание своих заслуг (Merton 1973: 326).

Наш опыт оказался прямо противоположным. Мы не опасались, что кто-либо опередит нас. Вскоре после опубликования наших результатов широкому научному сообществу стало очевидно, что кое-кто из биологов готов поверить в некоторую шаткость гипотезы языка танцев. Ввиду надвигающейся опасности ее поборники лихорадочно приступили к постановке новых экспериментов, чтобы выдвинуть новые логические аргументы и эмпирические данные в пользу идеи языка танцев.

Вероятно, к тому времени нам удалось убедить некоторых ученых в том, что многие исследования, выполненные приверженцами школы реализма, могут так или иначе контролироваться социальными факторами, скрытыми от непосвященных. Чего не учел Мертон в приведенном выше отрывке, так это первостепенного влияния «системы вознаграждения» в научном сообществе. Впрочем, он поднимает эту тему в другом месте:

> Подобно тому, что имеет место в других социальных институтах, в науке выработана эффективная система предоставления вознаграждений тем, кто неукоснительно придерживается норм, принятых в научном сообществе (Merton 1973: 297).

Многое происходящее в науке кое-кому со стороны покажется противоречащим здравому смыслу. С одной стороны, определенный сорт вознаграждений (главным образом, слава как следствие успеха) может быть важным моментом для тех, кому удалось опередить коллег сразу, как об этом сказано в «Двойной спирали» (Watson 1968), или пройдя через период длительного непонимания коллег [случай Барбары МакКлинток, описанный в книге Киллера (Keller 1983)]. Заметим мимоходом, что оба исследования (Крика и Уотсона и МакКлинток) были выполнены в традициях подхода, основанного на

строгих умозаключениях (школа релятивизма; см. рис. 3.1). В быстро развивающихся науках этого направления любая уверенность в правильности некоего единственного объяснения должна лишь замедлить движение вперед.

С другой стороны, иной тип вознаграждения (подобострастие перед авторитетами, которое выливается во всемерном одобрении статей референтами и в неизменном предоставлении грантов) также может воздастся тем, «кто неукоснительно придерживается норм, принятых в научном сообществе» (Merton 1973). Таким образом, в рамках школы реалистов, тех, кто пытается противостоять общепринятой доктрине, трудно заподозрить в желании опередить своих коллег.

В экологии и поведенческих дисциплинах противодействие существующей гипотезе никогда не расценивается в качестве желания «выскочить вперед», даже в том случае, когда такого рода исследование отвечает всем требованиям качества и аргументации, так что полученные результаты могут вести к интенсификации прогресса в данной дисциплине. В этих областях знаний о подобном желании можно говорить, если некто пытается доказать, что «открыт» некий экзотический феномен и существование его «доказано». В области экологии, этологии и социобиологии ученые продвигаются с оглядкой на то, чем одобрение их усилий коллегами может обернуться для них самих.

Вопрос о контроле научного сообщества над поведением входящих в него ученых был всесторонне исследован Ричардом Уитли. Стоит привести две выдержки из его работы (Whitley 1984: 12):

> Ученый, который стремится заслужить высокую репутацию в качестве открывателя нового, вынужден убеждать авторитетных коллег в том, что он вполне компетентен в применении стандартных процедур. Они должны видеть, что он идет вместе с ними, и оценивать его исследование как удовлетворяющее коллективным целям (Whitley 1984: 12).

И далее:

> Новое в науке возможно в силу того, что оно вознаграждается научным сообществом пропорционально успешности результата с точки зрения его влияния на направление и характер других исследований в этой области знаний. Таким образом, ученый ограничен необходимостью соответствовать планам и методологии своих коллег... Противоречие между новизной и традицией или, другими словами,

> между конкуренцией и кооперацией — это важная особенность современной науки, которая создает особый тип ее организации, отличный от того, что мы видим во многих других сферах человеческой деятельности (Whitley 1984: 13).

Принимая во внимание сказанное выше, неудивительно, что за пределами самой арены противостояния вокруг гипотезы языка танцев никто из биологов не выступил с критикой наших экспериментов. Как можно видеть из предыдущей главы 11, критика, которая последовала от приверженцев гипотезы, была направлена против той дерзости, которую мы позволил себе, решившись на постановку экспериментов (то есть вознамерившись оспаривать «факты»). Упрекали нас также в ошибочных, как считалось тогда, приемах исследования (см., например, прил. 9). Никого не удавалось убедить в необходимости повторить наши опыты. Только Линдауэр подошел к этой задаче очень близко, сделав это по собственному почину (см. ниже и гл. 11).

Не вызывает удивления и тот факт, что поборники гипотезы языка танцев приступили к всевозможным попыткам укрепления ее позиции (см. эпиграф из работы Куна). В самом деле, если Фриш «открыл “язык пчел”» и «доказал» его существование, как были убеждены многие из лагеря реалистов, значит это мы допустили ошибки, не сумев предоставить новые свидетельства в пользу этой гипотезы. Именно такой мотив лежал в основе большинства статей, опубликованных вскоре после того, как мы выступили с отрицательными результатами проверки гипотезы.

Сам Фриш продемонстрировал наиболее яркий пример подобной аргументации. В обзоре двух наших работ (Wenner 1971a; Wells, Wenner 1973) он писал:

> Когда эксперименты, касающиеся языка пчел, которые были подтверждены сотни раз и одобрены всеми, не дают тех же результатов, для каждого, кто знаком с литературой, это объясняется лишь тем, что допущены ошибки в методах экспериментирования. Именно это и имеет место в данном случае (Frisch 1973: 630).

Поиски возможностей подтвердить гипотезу языка танцев

Внимательный анализ каждого выступления против наших выводов подтверждает именно то, что сказано Куном в первом эпиграфе к этой главе. А именно: все кто ставил опыты с целью дать дополнительную поддержку гипотезе Фриша либо пытались модифицировать ее по принципу *ad hoc* (то есть вводя дополнительные предположения, которые еще предстоит проверить), либо игнорировали тот факт, что вновь полученные результаты явно не соответствуют предсказаниям, которые диктует гипотеза в ее первоначальной формулировке.

В качестве примеров мы приведем краткие критические замечания в адрес некоторых попыток «вновь подтвердить» гипотезу языка танцев. Подобные попытки предпринимали и мы сами (Wells, Wenner 1973; Wenner 1974), и Гулд (Gould 1976). Для лучшего понимания сути заблуждений, характерных для сторонников гипотезы, мы привлекли понятие «подтверждение следствием», выдвинутое К. Г. Гемпелем:

> [Все наши предшественники] полагали, что для обнаружения источника корма рекрут должен сначала располагать количественной информацией о его местонахождении. Это предположение позволяло интерпретировать прилет рекрутов в место, ранее посещенное фуражиром, как свидетельство лингвистической коммуникации. Иными словами, интерпретаторы фокусировали внимание на успешности поведения рекрутов (Wells, Wenner 1973: 173).

Принимая во внимание отношение Гемпеля (Hempel 1966) к такого рода силлогизмам, мы сделали следующее заключение: «Эксперименты, построенные на таких предположениях, неизменно приведут к *подтверждению* гипотезы. А именно, если у пчел есть язык, рекруты будут находить корм. Некоторые рекруты находят корм. Значит пчелы обладают языком. Ясно, что такого рода дедукция совершенно неадекватна» (Wells, Wenner 1973: 173).

Повторим еще раз слова Куна: «Несоответствие парадигме не может быть однозначно подтверждено только логическими рассуждениями и экспериментальными данными». Ниже мы попытаемся раскрыть содержание этих слов.

До 1975 г. поборники гипотезы языка танцев воспринимали любую попытку доказать ее истинность как неокончательную. Впоследствии, когда результаты этих опытов попадали в печать, все они оценивались

теми же самыми людьми в качестве «решающих» (см. об этом Veldink 1989). Затем стало очевидным упорное стремление защитников гипотезы «стоять на своем». Хотя они и допускали, что прежние данные были неубедительны, но лишь *до тех пор*, пока новый опыт не принесет окончательные свидетельства их правоты (см., например, Gould et al. 1970; Gould 1974; 1975*a*, *b*).

Опыты Гонклавеса (Gonclaves 1969)

В лаборатории есть возможность создать замкнутую систему фуражирования (см., например, Bizetsky 1957; Wenner, Johnson 1966), при которой фуражиры могут проползать короткое расстояние от улья до кормушки в стенах помещения. Другие пчелы вылетают наружу через специальное отверстие, кормятся на воле и тем самым поддерживают жизнеспособность общины.

Бразильский натуралист Лионел Гонклавес использовал такое устройство в своих опытах. Он мог наблюдать, как фуражир, посетив кормушку, возвращался в улей «пешком» и выполнял здесь виляющий танец. Эти танцевальные движения обозначали, предположительно, гораздо более протяженную дистанцию полета, чем реально пройденную фуражиром. По данным Бизетски (Bizetsky 1957), 3—4 метра пешего перемещения могли быть эквивалентны 50—100 метрам полета.

В опытах Гонклавеса потенциальные рекруты после контакта с танцовщицей часто не следовали к лабораторной кормушке, а вылетали за взятком из лаборатории.

Чтобы проверить точность использования рекрутами полученной ими информации о направлении, Гонклавес разместил вокруг улья 8 кормовых точек (рис. 12.1). Ассистенты подсчитывали на каждой кормушке количество рекрутов, приземлившихся на нее либо порхавших в радиусе 50 см вокруг. На рис. 12.1 показаны цифры, полученные в ходе восьми опытов.

Располагая сведениями, изложенными в главах 2 и 3, мы можем проанализировать результаты Гонклавеса на предмет их соответствия той или иной из конкурирующих гипотез. Подтверждают ли они гипотезу языка танцев, или противоречат ей? Соответствовала ли схема экспериментов задаче проверки этой гипотезы? Был ли здесь применен подход, основанный на принципе строгого умозаключения? Были ли две гипотезы проверены в противопоставлении друг другу?

Прежде всего, очевидно, что рекруты не посещали лишь немногие кормушки, размещенные в каком-то определенном направлении от улья, как это было в веерном эксперименте Фриша (см. гл. 6 и рис. 2 в прил. 12). Рекруты прилетали на все 8 кормушек вокруг улья. Иными словами, результаты Гонклавеса полностью противоречат тем, что были получены Фришем, когда он впервые провозгласил гипотезу языка танцев: «Мы видим, — писал Фриш, — что большинство пчел, вылетевших за взятком, летят внутри сектора, отклоняясь не более чем на 15° вправо и влево от направления на место кормежки» (Frisch 1948: 10).

Между тем Фриш, взяв за основу относительное число рекрутов, прилетевших на разные кормушки, сделал явно ошибочное заключение, согласно которому они летели от улья прямо на центральную из них (см. прил. 12).

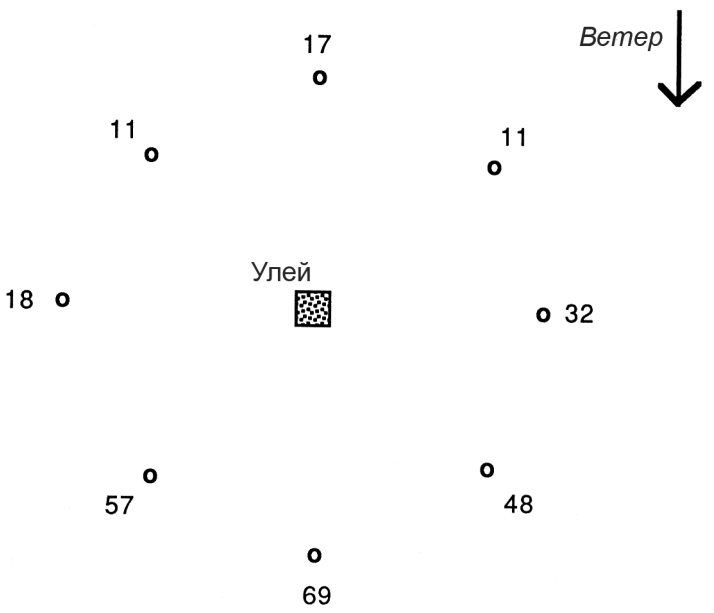


Рис. 12.1. Распределение рекрутов на кормушках в эксперименте Гонклавеса (Goncalves 1969). Фуражиров прикармливали на столиках, расположенных в 50 и 100 м с подветренной стороны от улья (с контрольными кормушками на расстоянии от 4 до 50 м от него в разных сериях опытов). Вместо того чтобы лететь в направлении, «указанном» танцами, рекруты летели во все стороны (главным образом по ветру).

Обратите внимание на то, что в опытах Гонклавеса ветер постоянно дул от улья в ту сторону, где располагались кормушки, наиболее посещавшиеся пчелами. Туда, как полагал этот исследователь, фуражиры и «направляли» рекрутов своими танцами. С этой точки зрения, схема его опытов не давала возможности выбрать между двумя вариантами: ориентацией на запах, приносимый ветром, и использованием информации, поставляемой «языком танцев».

Не заметив, что полученные им результаты опровергают предсказания гипотезы языка танцев, Гонклавес интерпретировал их как подтверждение гипотезы, чего и следовало ожидать от экспериментатора, работающего в традициях школы реалистов. Поскольку он с самого начала верил в «язык пчел» (то есть в то, что Фриш открыл и доказал его существование), ему не пришло в голову проверить свои результаты наперекор неким «ожидаемым» предсказаниям гипотезы Фриша.

Вместо этого Гонклавес оценил статистически полученное им распределение рекрутов, которое, естественно, оказалось несоответствующим «ожидаемому» равномерному. Этот вопрос, во-первых, не входил в число предсказаний гипотезы языка танцев. Во-вторых, гипотеза поиска по запаху также не предполагает равномерного распределения по кормушкам, расположенным по кругу, поскольку движение воздуха всегда противодействует этому (см. гл. 5 и прил. 11). Гонклавес пришел к следующему заключению: «В экспериментах 1—8 67 % информации, используемой пчелами, основывались на запахе корма и 33 % были получены на основе танцев» (Gonclaves 1969: 127).

Гонклавес исходил из априорного предположения, что «язык танцев» есть реальный феномен. Поэтому он пришел к следующему выводу: если неравномерность распределения рекрутов (не следующих, таким образом, «правильному» направлению) не может быть объяснена фактором запаха, то причиной *должно быть* использование рекрутами «языка танцев».

Позже Фризен (Friesen 1973) поставил эксперимент с использованием двух ульев и нескольких кормушек, помещенных между ними. Пчелы, населявшие эти ульи, различались по цвету. Ветер дул от одного улья в сторону другого (см. гл. 8). В результате оказалось, что кормушка, ближайшая к улью, расположенному с наветренной стороны, неизменно привлекала больше рекрутов, чем та, что находилась на таком же расстоянии от другого улья (рис. 8.8 и 8.9). Очевидно, что для объяснения этого нет нужды привлекать какую бы то ни было языковую информацию. То же можно сказать и в отношении опытов Гонклавеса.

Концентрация внимания на успешности рекрутов в работе Гонклавеса, весьма типична для всех, кто следует принципу верификации гипотез. Например, Е. О. Уилсон перечисляет в своем обзорном труде три типа экспериментальных свидетельств, те же самые, о которых Фриш говорил как о самых надежных при трактовке танца пчел в качестве «языка». Вот что Уилсон писал об опытах Гонклавеса:

> Лионел Гонклавес (1969) недавно поставил в Бразилии ряд экспериментов для проверки гипотезы языка танцев другим способом... На коротких дистанциях главную роль играет ориентация по запаху, но очевидно также, что виляющий танец вносит важную лепту в передачу информации (Wilson 1971: 267).

Положительному отзыву Уилсона о работе Гонклавеса вторит Миченер: «Другая серия недавних опытов Гонклавеса независимо подтверждает коммуникативную функцию танцев» (Michener 1974: 175).

Обратите внимание, что Уилсон, говоря о проверке гипотезы, имеет в виду принцип верификации. Имея в виду три аргумента, которые Фриш считал решающими и на которые опирался Гонклавес, Уилсон делает следующее замечание: «Хотя эти эксперименты твердо установили коммуникативную функцию виляющего танца, все же еще предстоит увлекательная работа для выяснения того, какого рода модальность отвечает за эту форму коммуникации» (Wilson 1971: 267).

Давайте рассмотрим две части этого утверждения по отдельности. В первой из них Уилсон уточняет, что именно, с его точки зрения, можно считать установленным фактом. Он считает, что, получив данные в пользу гипотезы, Гонклавес ее «тестировал». Здесь Уилсон не учел указание Карла Попера, согласно которому *тест* не может быть осуществлен путем добавления новых подтверждающих свидетельств к уже известным. Поппер специально подчеркивает важность этого обстоятельства: «Нетрудно получить подтверждение почти любой теории, если есть намерение подтвердить ее» (Popper 1957: 159; см. гл. 2). И далее: «Подтверждения должны считаться таковыми только в том случае, если они получены из предсказаний, которые неочевидны, то есть не предусмотрены данной теорией... Каждый истинный тест для проверки теории — это попытка отвергнуть (фальсифицировать) ее». Или, в оригинале: «testability is falsifiability» (Popper 1957: 159—160).

Вторая часть цитаты из Уилсона указывает на кризисное состояние вопроса, по терминологии Куна. Неспособность обнаружить до сих пор «сенсорную модальность» в танце говорит том, что таковая не существует (см. первый эпиграф к этой главе и прил. 14).

Гулд, обсуждая эксперименты Гонклавеса, придерживается того же мнения, что и мы (Wenner 1974). Он не согласен с оценкой работы Уилсоном и Миченером. Гулд пишет: «Другое малоизвестное исследование, которое некоторые считают убедительным, подчеркнуто игнорируется Фришем и его коллегами, вероятно, на весомых основаниях» (Gould 1975*b*: 692). Упоминая мимоходом протоколы Бизетски и Гонклавеса, Гулд заключает: «Коль скоро рекруты добиваются успеха как с танцевальной информацией, так и в ее отсутствие, опыты не говорят ни о чем. Предпочтение, оказанное ими определенному направлению, есть, вероятно, следствие того факта, что ветер постоянно дул именно в эту сторону».

Оценка Гулдом опытов Гонклавеса характерна для приверженцев подхода, основанного на принципе верификации. Для него обсуждаемые эксперименты «неубедительны», поскольку они *не подтверждают* гипотезу языка танцев. В результате Гулду не удается осознать (как Гонклавесу, Уилсону и Миченеру), что результаты Гонклавеса аномальны и ставят гипотезу языка танцев в еще более затруднительное положение, чем прежде.

Позже Гулд высказал несогласие с результатами Гонклавеса в еще более жесткой форме. Он осудил саму схему этих экспериментов, подобно тому как критиковал наш способ тренировки фуражиров (см. прил. 9). Гулд писал: «Заключение Гонклавеса, что имел место обмен информацией о направлении на основе танцев, выглядит абсолютно недоказанным. В целом, примененная им техника настолько несовершенна, что не имеет никакой практической пользы» (Gould 1976: 234).

В действительности же, результаты опытов Гонклавеса весьма убедительно противоречат предсказаниям гипотезы языка танцев. Понятно поэтому, каковы «весомые основания», по которым Фриш и другие подчеркнуто игнорировали либо осуждали работу Гонклавеса.

Опыты Эша и Бастиана (Esch, Bastian 1970)

Эти исследователи изолировали опытных фуражиров, натренированных на посещение кормушки неподалеку от экспериментального улья. После того как одну из неопытных пчел приучали посещать другую кормушку в 200 м от первой, пленников выпускали и наблюдали их поведение в ответ на танцы этой конкретной пчелы. Эш и Бастиан оценивали, насколько успешно эти «переученные» фуражиры находят вторую (новую) кормушку.

Опыт был повторен 7 раз при участии в каждом из них десяти потенциальных фуражиров. В соответствии с гипотезой языка танцев, эти пчелы должны были, пронаблюдав за танцем, сразу же лететь к цели. Вопрос состоял в том, «смогут ли они *быстро* найти указанное им *новое* место, где приманка обладает тем же привычным запахом?». Если да, можно будет заключить, что они использовали информацию, предположительно содержавшуюся в танце «инструктора».

Очевидно, что схема опыта Эша и Бастиана не соответствовала подходу, основанному на строгих умозаключениях. Но даже при этих условиях они могли рассматривать полученные результаты или как тест на правдоподобность гипотезы (попытка ее фальсификации), или в целях ее верификации. Предлагаемое ими обсуждение опытов показывает, что был выбран второй способ действий.

Даже несмотря на то что сама схема опытов благоприятствовала успеху переученных фуражиров (присутствие на новой кормушке знакомого запаха), поведение очень немногих из них можно было истолковать в пользу гипотезы языка танцев (см. Wells, Wenner 1973; Gould 1976). Только 14 из 70-ти пчел, использованных в эксперименте, присутствовали при танцах осведомленного фуражира и нашли новую кормушку. Двадцать других были свидетелями танцев, но не прилетели на нее. Остальные 36 пчел не оказались в свите танцовщицы.

Десяти из 14-ти «успешных» рекрутов понадобилось от двух до девяти пробных полетов (после повторных контактов с танцовщицей между вылетами из улья), прежде чем они в итоге нашли цель. И только четыре из этих 14-ти пчел обнаружили ее с первого раза, причем лишь две достигли ее в пределах минуты после вылета из улья. Еще хуже то, что среднее время полета до искомой кормушки составило у этих «успешных» рекрутов 8,5 минут, тогда как для полета по прямой было достаточно менее чем 30 сек. (Wenner 1963; см. также прил. 13).

Как уже было сказано, Эш и Бастиан могли бы рассматривать свои результаты в плане фальсификации гипотезы языка танцев, поскольку поведение пчел в их опытах ей не соответствовало. В самом деле, они не «летели прямо» на кормушку, как предполагал Фриш (Frisch 1948: 10; см. также гл. 6).

Но вместо этого Эш и Бастиан, следуя принципу верификации, сосредоточились на тех двух рекрутах, которым все же удалось найти новую кормушку. Вот отрывок из заключительных замечаний этих исследователей:

> В двух случаях ... нам удалось увидеть, как пчелы-новички приближались к кормовому столику с значительного расстояния. Они летели прямо от улья по *зигзагообразной* траектории... по их поведению было очевидно, что они *не* блуждают наугад. Впечатление было такое, что они знают, где находится источник пищи (Esch, Bastian 1970: 180).

Если бы Эш и Бастиан придерживались методологии строгих умозаключений (то есть сравнивали свои результаты с предсказаниями конкурирующих гипотез: запаховой и языковой), они осознали бы значение *зигзагообразного* полета двух «успешных» рекрутов. Такое поведение точно соответствует парадигме поиска по запаху («анемотаксис») для всех летающих насекомых (см. гл. 5 и прил. 11).

Кроме того, в тот день, когда эти два фуражира «вылетели прямо на цель», ветер был очень слабым. В этих условиях его направление обычно гораздо более изменчиво, чем при сильных движениях воздуха. (Эш и Бастиан сообщают только об усредненном направлении ветра за весь экспериментальный период).

Эти исследователи не упоминают о наших опытах с двойным контролем (Johnson 1967a; Wenner 1967), хотя их работа была проведена двумя годами позже, в 1969 г. Не ссылаются они и на описание нашего «решающего» эксперимента (Wenner, Wells, Johnson 1969). В этом мы, опять же, усматриваем проявление особого внимания к фактам, говорящим в пользу гипотезы. Подтверждение этой нашей мысли мы находим в первой фразе описания их результата: «Мы поставили семь *успешных* опытов между 17 июня и 10 июля 1969 г. (Esh, Bastian 1970: 176 — курсив авторов). Количество «неудачных» экспериментов не указано.

Опыты Гулда, Хенери и МакЛеода (Gould et al. 1970)

Энтузиазм, вызванный этим исследованием, которое, как было объявлено, «исчерпывало проблему», постепенно сошел на нет. Со временем стало очевидно, что полученные результаты никак ее не разрешили (см., например, (Wells, Wenner 1973; Wenner 1974; Gould 1976)). Более того, похоже, что сам Гулд (как и комиссия по защите его диссертации) позже пришли к заключению о несовершенстве этой работы. Иначе он не стал бы предпринимать все новые и новые попытки поставить другие «исчерпывающие» опыты для завершения своей диссертационной работы (Gould 1975a, b, c; 1976; см. также гл. 13).

Анализировать здесь в деталях все ранние результаты Гулда и его коллег было бы пустой тратой времени. Можно лишь сказать, что эти исследователи, сами того не желая, опровергли гипотезу языка танцев, а отнюдь не усилили ее позиции, как им казалось (см. прил. 13).

Тем не менее для полноты картины мы приведем некоторые ранние их результаты и проанализируем их, чтобы лишний раз подчеркнуть различия в подходах, основанных на принципах верификации, фальсификации и строгих умозаключений.

В 1965—1970 гг. интеллектуальный климат дискуссии (см. гл. 11) сильно отличался от пришедшего ему на смену десятилетием позже. В 1960-х гг. лишь очень немногие уясняли себе суть нашей позиции. Такое понимание требовало пристального рассмотрения всех исходных оснований гипотезы языка танцев, а также *первичных* экспериментальных данных, положенных в ее основу. Еще меньшее число ученых осознавало необходимость применения принципа фальсификации гипотезы, а тем более подхода, основанного на строгих умозаключениях. Принцип верификации господствовал полностью.

После эпизода, имевшего место в Институте биологических исследований в Ла-Джолла (Калифорния) в 1966 г. (см. прил. 4), Сеймур Бензер и Роберт Синшеймер (из Калифорнийского технологического института) заинтересовались «языком» пчел. Бензер, физик по образованию, позже переключился на исследования в области генетики фагов (Keller 1983). Незадолго перед семинаром в Ла-Джолла он занялся насекомыми и оказался заинтригованным поведением пчел. В мае 1966 г. он запросил оттиск нашей статьи,

а в июле ответил нам письмом, в котором было сказано: «Если вы правы, это будет не первый случай, когда сказки становились частью Евангелия в науке».

Главный вопрос в отношении исследования Гулда, Хенери и МакЛеода (Gould et al. 1970) первоначально звучал так: «Разрешили ли они проблему?». Но интереснее было бы спросить, почему им не удалось ее разрешить?

С нашей точки зрения, причин было три. Во-первых, к лету 1969 г. парадигма языка танцев укоренилась столь глубоко, что любые противоположные интерпретации не имели шансов на успех. Во-вторых, Гулд и его коллеги следовали в своих экспериментах принципу верификации гипотезы. И в-третьих, они выбрали для своих опытов неподходящую местность. Пустыни восточного Орегона изобилуют растительностью, которой свойственно разнообразие ароматов, то есть источников посторонних локальных запахов.

Давайте теперь рассмотрим некоторые следствия из этих трех решающих обстоятельств.

1) *Исходные посылки.* Значимость первой из них очевидна уже из преамбулы к статье Гулда, Хенери и МакЛеода (1970), там сказано: «Простая демонстрация факта, что ольфакторные стимулы важны для пчел в определенных ситуациях, не означает того, что *язык танцев* не используется при других условиях» (Gould et al. 1970: 544 — курсив наш). То есть они приступили к своему исследованию с уверенностью, что у пчел есть «язык», который был «открыт» Фришем и существование которого он «доказал».

2) *Принцип верификации.* Приведенная выше цитата служит также иллюстрацией к сказанному ниже. Из интересующей нас статьи очевидно, что ее авторы ищут подтверждения гипотезы языка танцев, то есть примененный ими подход основан на логически порочном «подтверждении следствием» (Hempel 1966). В их эксперименте контролируется лишь одна переменная, как и в опытах Фриша, что почти наверняка предполагает получение данных в пользу гипотезы. Следование принципу верификации позволяет Гулду и его соавторам игнорировать множество негативных результатов, продемонстрированных нами в наших опытах с двойным контролем и в поставленном нами «решающем» эксперименте (см. гл. 9 и 10).

3) *Посторонние запахи.* В обеих сериях экспериментов (1 и 2, см. табл. 3 и 5 в статье Гулда с соавторами) темп прилета рекрутов очевидным образом возрастает после замены пахучей приманки на беззапаховую. Хотя до начала работы ее авторы держали в руках нашу

статью с описанием «решающего» эксперимента (Wenner, Wells, Johnson 1969), они, судя по всему, не поняли причин внезапного увеличения рекрутов на кормушках в своем опыте. В нашей статье приведены многочисленные данные (табл. 1), которые ясно указывают, что замена фруктозы на беззапаховую сукрозу, напротив, должна сразу же приводить к остановке рекрутирования. Однако Гулд и соавторы даже не упоминают об этих наших результатах (см. ниже).

Анализ данных Гулда, Хенери и МакЛеода

Теперь мы рассмотрим две серии экспериментов, поставленных Гулдом, Хенери и МакЛеодом, и полученные ими результаты более пристально.

Первая серия опытов Гулда с соавторами

Здесь нельзя не отметить поистине замечательный технический прием, примененный авторами. Они пометили 5000 пчел, использовав для этого 2200 разных меток (правда, две или три пчелы могли быть снабжены одинаковыми символами). После этого пчел тренировали на посещение одной из двух кормушек, которые находились в противоположных направлениях от улья, предполагая, что запахи приманки на них идентичны.

Всякий раз, когда это было возможно, исследователи наблюдали танцы фуражиров в улье и прослеживали поведение меченых потенциальных рекрутов из свиты танцовщицы. Фиксировалось время, затраченное рекрутами на полет к приманке, а также доля успешных полетов за взятком.

Расстояние от улья до каждой кормушки составляло 120 м. При штиле время полета пчелы, не нагруженной взятком, от улья до источника пищи составляет 16—18 сек. (Wenner 1963; см. в этой статье цитату № 16 из работы Гулда с соавторами и прил. 13). В статье этих авторов читаем: «Значения временного интервала между участием рекрута в свите танцовщицы и началом полета на кормушку распределялись почти равномерно между менее чем одной минутой и девятью минутами» (Gould et al. 1970: 551).

Однако данные, приведенные в табл. 4 этой статьи, говорят о том, что не все полученные результаты отвечают пожеланиям авторов. Так,

более 40 % пчел затратили более 9 минут на то, чтобы найти одну из двух кормушек, независимо от того, находилась ли она в «правильном» направлении (указанном в танце), или же в противоположном от него.

Что касается успеха рекрутов, здесь дело обстоит не многим лучше. Как сказано в статье, менее 14 % меченых пчел нашли одну либо другую кормушку (Gould et al. 1970). На с. 550 сказано: «В первой серии экспериментов... 277 разных пчел пребывали в свите танцовщиц 155 раз. Только 37 ... из этих 277 пчел оказались успешными рекрутами и были пойманы на кормушке».

Следует заметить, что из этих 37 пчел только 25 прилетели на «правильную» кормушку. Остальные 12 оказались у цели в направлении, противоположном тому, что было «указано» в танце. Между тем, по предсказаниям гипотезы языка танцев, *все* 37 должны были лететь в «правильном» направлении. Таким образом, авторы статьи словно бы не приняли во внимание это обстоятельство (см. прил. 13).

И наконец, рекруты находили кормушки даже после того, как исследователи устраняли запах приманки (см. табл. 3 в их статье). Более того, после такой манипуляции темп прилета рекрутов слегка увеличивался. Так, на пахучую приманку было поймано 89 пчел (эксперимент С1), а после удаления запаха — 122 (эксперимент С2).

Эти аномальные результаты говорят о том, что в эксперименте присутствовал локальный посторонний запах. См. выше, в главе 8 подробный анализ влияния такого рода факторов и необходимости контроля над ними.

Как это обычно бывает в случаях применения принципа верификации, Гулд с соавторами не упоминают того факта, что в наших экспериментах при отсутствии запаха рекрутирование прекращается (Wenner, Wells, Johnson 1969). Не обсуждают они и возможности того, что усиление темпа прилета на беззапаховую приманку могло быть вызвано присутствием в месте ее расположения постороннего локального запаха.

Вторая серия опытов Гулда с соавторами

Описанная выше серия экспериментов неожиданно прервалась из-за того, что пчелы внезапно покинули экспериментальный улей (такое временами случается в практике пчеловодства). Позже Гулд писал: «Неудобство в первой серии наших экспериментов состояло в том,

что два или более танца могли иметь место одновременно. К счастью, пчелы улетели, все наши метки пропали и опыты закончились сами собой» (Gould 1976: 226).

Схема последующей, второй серии опытов сильно отличалась от того, что исследователи делали ранее. Хотя Гулд, Хенери и МакЛеод продолжали, по-видимому, метить пчел индивидуально, они не опубликовали каких-либо дополнительных данных о поведении меченых особей. В схему экспериментов серии 2 были добавлены два новых элемента.

Десять фуражиров прикармливали на одной (экспериментальной) кормушке, содержавшей раствор сахара с молярностью 1.0. На другой, контрольной кормушке 15 пчел могли получать раствор вдвое меньшей концентрации (0.5 М). Предполагалось, что фуражиры, посещающие экспериментальную кормушку с более калорийной приманкой, должны чаще танцевать в улье по возвращении с нее, чем те, которые получали худший взяток на контрольной кормушку. В ходе опытов железы Насонова (см. прил. 10) у фуражиров были блокированы лаком.

Проводя этот эксперимент (с одинарным контролем), Гулд, Хенери и МакЛеод обнаружили, что 96 % от общего числа 295 пойманных рекрутов прилетели на экспериментальную кормушку (с качественной приманкой) и только 4 % — на контрольную (ранее они установили, что рекруты не летят на кормушку в отсутствие танцев в улье, как об этом ранее писал Фриш).

Исследователи увидели причину очевидного дисбаланса в числе прилетов рекрутов на разные кормушки в том, что направление на экспериментальную было продиктовано им танцующими пчелами. Однако, как уже было сказано выше, они не учли возможного влияния посторонних локальных запахов в местах расположения кормушек (см. Wells, Wenner 1973). Здесь они полагались исключительно на непроверенное предположение: «Обоснованность полученных результатов, — пишут они, — обусловлена нашими усилиями сделать две прикормочные станции эквивалентными во всех отношениях» (Gould et al. 1970: 551).

В некоторых важных аспектах результаты этой серии опытов совпадали с данными, полученными в предыдущей серии опытов. Здесь также обнаружились аномалии. Например, как и ранее, при замене пахучей приманки на беззапаховую приток рекрутов на кормушки усилился (98 до этой операции и 126 вслед ней — см. табл. 5 в анализируемой статье). Это противоречит нашим данным (Wenner, Wells,

Johnson 1969) и, как уже было сказано, может быть артефактом из-за отсутствия контроля за запахами локальных участков местности. Гулд, Хенери и МакЛеод опять же не говорят о том, что эти результаты представляют собой аномалию. Понятно, что при использовании принципа верификации негативные данные не упоминаются.

Мы видим еще один недостаток анализируемой работы в том, что здесь не был применен двойной слепой метод[30]. Иными словами, во второй серии опытов экспериментаторам не следовало бы знать, какова концентрация сахарного раствора в разных кормушках до того, как было подсчитано количество рекрутов на той и другой.

Например, в наших опытах с двойным контролем в «решающем» эксперименте нам не было известно *a priori* какой результат *должен* быть получен. Мы разработали нашу модель поиска по запаху только после того, как все данные были в наших руках. Это было «изучение» явления в отсутствие неких предвзятых мнений.

Опыты Мотца (Mautz 1971)

Этот исследователь пометил 1000 пчел из общины численностью 4000—5000 особей. В каждом его опыте единственный фуражир летал от улья к кормушке и обратно. Успешность в обнаружении кормушки рекрутами, составлявшими свиту этой пчелы во время ее танцев, оказалась сопоставимой с той, что имела место в опытах Эша и Бастиана и Гулда с соавторами.

Ранее мы писали (Wells, Wenner 1973), что рекруты в опытах Мотца не столь преуспели в своем поисковом поведении, как этого следовало бы ожидать, если бы они использовали информацию, содержащуюся в танцах. Кормушку нашли менее половины пчел, присутствовавших при танцах фуражиров. Мотц обнаружил, что чем дольше потенциальные рекруты пребывали в свите танцовщицы, тем чаще они находили кормушку. Среднее время полета успешных рекрутов от улья до кормушки в несколько раз превосходило значение, которое показывали фуражиры, а для неуспешных эти значения были еще вдвое больше.

Невысокую оценку этим опытам дал и Гулд, который писал:

---

[30] Двойной слепой метод заключается в том, что не только испытуемые, но и экспериментаторы остаются в неведении о важных деталях эксперимента до его окончания. Двойной слепой метод исключает неосознанное влияние субъективизма экспериментатора при оценке им результатов опыта.

> Поскольку длительность полета пчел к цели была в среднем в 18 раз больше, чем у фуражиров (если поиск вообще приводил к результату), утверждение, что они «летели быстро и направленно» (Frisch 1967a) должно быть подвергнуто сомнению. Рекруты не находили источник пищи за короткое время, а поскольку в опытах Мотца (также как Эша и Бастиана) использовалась только одна кормушка, о степени «целеустремленности» (certainty) поиска вообще трудно что-либо сказать (Gould 1976: 228).

Стоит обратить внимание на то, что результаты, полученные Мотцем, мало чем отличались от тех, к которым пришли Гулд и его коллеги (Gould et al. 1970). Как и эти исследователи, Мотц не заметил, что его результаты «фальсифицируют» гипотезу языка танцев. Подобно авторам других экспериментов, описанных в этой главе, он сконцентрировал внимание на одних лишь «успешных» рекрутах. Так, например, он специально оговаривает случай, когда одна пчела нашла кормушку, расположенную в 400 м от улья, после контакта с танцовщицей, проделавшей всего лишь пять виляющих пробегов.

Все это не помешало супругам Гулд написать почти 20 лет спустя: «[рекрутированные пчелы] летят прямо к источнику пищи в направлении, указанном танцами, при которых они присутствовали» (Gould, Gould 1988: 63).

Опыты Линдауэра (Lindauer 1971)

Как мы уже упоминали, только этот исследователь сделал попытку повторить наши эксперименты, и в частности «решающий», хотя и существенно модифицировав его.

Толчком для этого послужило, как нам кажется, приглашение Линдауэра Е. О. Уилсоном в Вудс-Холл летом 1969 г., как раз через месяц после публикации результатов нашего «решающего» эксперимента (см. гл. 11). Уилсон также предложил Линдауэру «критически обсудить эту статью», что и было сделано два года спустя (Lindauer 1971).

В отличие от других наших оппонентов (Эш и Бастиан, Гулд с соавторами) Линдауэр отнесся с вниманием к нашим опытам. Правда, в Вудс-Холле проведенные им опыты были почти идентичны входившим в серию 2 Гулда и его коллег.

Описанию своих опытов Линдауэр предпослал три возражения против схемы нашего «решающего» эксперимента. Основная суть сводилась к тому, что он не вполне понимает, почему опыт был поставлен именно таким образом. В частности, он писал: «Когда фуражиров в течение 2—3 дней прикармливали на пахучей сукрозе на кормушках 1 и 3 [крайние из трех], запах должен был сохраниться на их пушистых тельцах и в последующие дни. Таким образом, в день начала эксперимента как такового танцы указывали на источник пищи с запахом [гвоздики]. Таким образом, в одном и том же танце информация о направлении, с одной стороны, и о запахе, с другой, указывала на две разные цели» (Lindauer 1971: 91).

Возражение высказано как раз против того, что было квинтэссенцией нашего опыта! Суть его и состояла в том, чтобы поставить рекрутов в ситуацию взаимоисключающего выбора между двумя возможностями: лететь «по указанию» танца или на запах.

Второе возражение Линдауэра касалось продолжительности экспериментальных сессий в дни опыта. Почему мы прерывали процедуру спустя три часа после ее начала? По этому поводу он пишет:

> [Каждый] рекрут, будучи приведен в готовность (alerted) в конце экспериментальной сессии, определенно должен безуспешно разыскивать источник корма... еще длительное время после. Таким образом, вполне понятно, что на следующий день он будет следовать ольфакторным стимулам, поступающим от танцовщицы... и не обращать внимания на информацию о направлении, предоставляемую прямолинейной виляющей пробежкой (Lindauer 1971: 91).

Если мы не ошибаемся, все без исключения опыты по рекрутированию у пчел заканчивались по истечении определенного времени. Мы не нашли исключения из этого правила и в описании методики самого Линдауэра (Lindauer 1971: раздел «Methods»). Вполне очевидно, что это возражение относится к категории введения (по принципу *ad hoc*) дополнительных условий, не предусмотренных в первоначальной формулировке гипотезы языка танцев.

Третье возражение Линдауэра состояло в том, что расположение в нашем эксперименте двух боковых кормушек (1 и 3) могло привести к тому, что рекруты «интегрировали» информацию о направлении на каждую из них, «решая» лететь на среднюю кормушку 2. Комментарии по поводу этого очередного предположения *ad hoc* мы дадим в конце этого раздела.

В первой серии своих опытов Линдауэр использовал только две кормушки, то есть, фактически, повторил схему серии 2 опытов Гулда с соавторами. При этом он, как и эти его предшественники, предполагал «абсолютную симметрию для пчел локального запаха местности в точках расположения кормушек» (Wells, Wenner 1973). В этой работе сказано:

> На этом основании Линдауэр заключил, что «если рекруты следуют только запаховым сигналам, поступающим от танцовщицы... они должны прилетать на обе кормушки в равных пропорциях». На основании этого предположения Линдауэр приписывает неравенство в числе рекрутов, посетивших разные кормушки, лингвистической коммуникации. Таким образом, непроверенное допущение о равноценности кормушек с точки зрения пчел оказывается центральным аргументом в рассуждениях Линдауэра... (Wells, Wenner 1973: 172).

Линдауэр не допускает и мысли, что ошибочной может быть сама гипотеза языка танцев. Ему кажется, что ошибка допущена нами, в том смысле что характер расположения наших кормушек «сбивает с толку» (misled) рекрутов (Lindauer 1971: 91).

Только по возвращении из США во Франкфурт Линдауэр изменил схему своих опытов, поставив третью, центральную кормушку так же, как в нашем «решающем» эксперименте (см. гл. 10, рис. 10.1, а также табл. 10.1 и рис. 10.2, 10.3).

Однако он не стал его повторять, что дало бы ему возможность проверить выводы, сделанные нами. Он поместил запаховую приманку во все три кормушки и, таким образом, устранил наиболее важный компонент нашей схемы, на основе которого рекруты могли бы «выбирать» между ольфакторной и «языковой» информацией.

В итоге, результаты, полученные Линдауэром, оказалось невозможно адекватно сопоставить с нашими, поскольку во всех случаях рекруты полагались не только на информацию, поставляемую танцами. В его опыте количество рекрутов на кормушках составляло 146, 91 (центральная) и 203. Иными словами, посещаемость центральной кормушки оказалось весьма высокой, тогда как в соответствии с предсказаниям гипотезы Фриша практически все рекруты должны были прилетать на две боковые.

От Линдауэра не ускользнуло несоответствие полученных им результатов с предсказаниями гипотезы языка танцев. «Вне всякого со-

мнения, — пишет он, — в информации о направлении содержались указания на кормушки 1 и 3. В то же время, число рекрутов на кормушке 2 слишком велико по сравнению со статистическими оценками для веерного эксперимента Фриша» (Lindauer 1971: 94).

Результаты, определенно, обеспокоили Линдауэра, но не заставили его усомниться в весомости гипотезы языка танцев. Это хороший пример, подтверждающий точку зрения Томаса Куна, согласно которой ученый не склонен «отказаться от парадигмы, ведущей его в ситуацию кризиса», даже тогда, когда выявляются серьезные аномалии, которые долгое время не удается преодолеть (Kuhn [1962] 1970a: 77). Такое положение вещей очевидно из следующих слов Линдауэра:

> Это очевидное несоответствие с результатами фон Фриша разъяснилось, когда были проведены наблюдения за поведением рекрутов в улье: *новички, которые первоначально интересовались танцовщицами, прилетавшими с кормушки 3, затем присоединялись к тем, что прилетали с кормушки 1... Наиболее* вероятное следствие этого состоит в том, что *рекруты интегрировали информацию о направлении, полученную от фуражиров, посещавших ту и другую кормушки*» (Lindauer 1971: 94 — курсив автора цитаты).

Здесь мы снова видим привлечение некой вспомогательной гипотезы по принципу *ad hoc* в попытках спасти гипотезу языка танцев в ее первоначальной форме. Но как же это новшество соотносится с тем обстоятельством, что естественные источники нектара обычно располагаются более чем в одной точке пространства? Если верить Линдауэру, рекруты будут сплошь и рядом при вылете за взятком следовать в неверном направлении.

Линдауэр сделал попытку поставить «последний эксперимент» (в действительности их было два), но при этом снова воздержался от однозначного повторения нашего «решающего» опыта. Так, когда две крайние кормушки были наполнены беззапаховой сукрозой, он не тренировал фуражиров на сукрозу с запахом, как мы делали это на протяжении несколько дней до начала собственно эксперимента.

В этом эксперименте отсутствовал такой элемент, как накопление запаха в системе в целом. Распределение рекрутов, прилетавших на кормушки, оказалось следующим: 38, 1 (центральная, запаховая кормушка) и 54. Эти цифры позволили Линдауэру утверждать, что рекруты следовали информации о направлении, полученной из танцев

фуражиров. При этом отрицательные результаты предыдущих опытов были оставлены им за скобками.

Затем Линдауэр повторил этот эксперимент, чтобы узнать, изменится ли результат, если при сохранении схемы опыта будет иметь место «накопление запаха в улье». Для этого он подвесил в улье фильтровальную бумагу, пропитанную запахом приманки, находившейся в центральной кормушке. Но фуражиров, как и ранее, не прикармливали на ней до начала тестирования пчел. Две крайние кормушки содержали беззапаховый корм.

Количество рекрутов, пойманных на кормушках, составило 83, 2 и 52. Линдауэр сделал вывод, что этот результат «по крайней мере, совместим с предсказаниями гипотезы языка танцев».

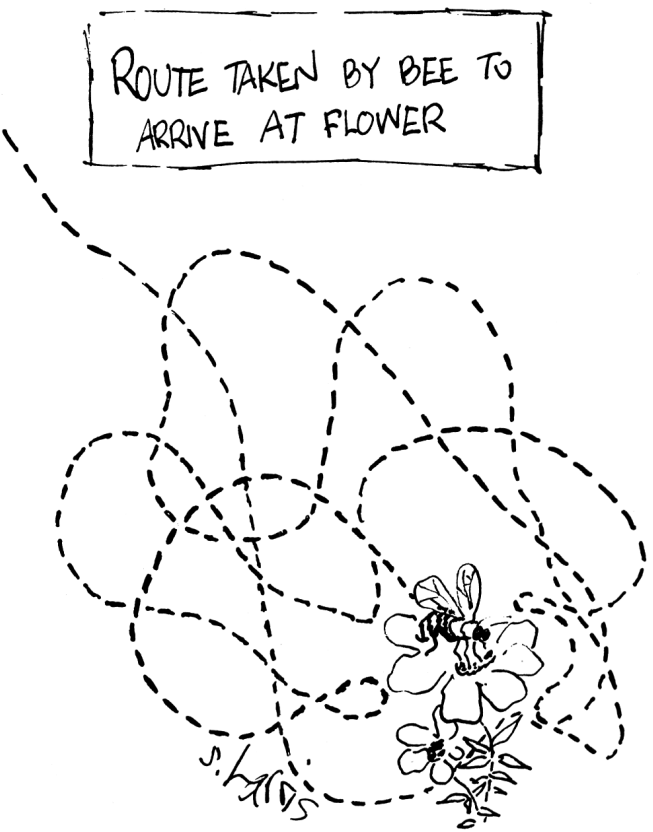
В этом эксперименте регулярные фуражиры не приносили в улей запах приманки, помещенной в центральную кормушку. Они могли кормиться на естественных источниках нектара и приносить в улей их запахи, на поиски которых, возможно, в свой массе устремлялись рекруты, тем самым предпочитая эти ароматы запаху фильтровальной бумаги в улье.

Позже Гулд высказал мнение, что эксперименты Линдауэра не разрешили противоречия. Он попытался также объяснить, в чем их существенное отличие от наших, и заключил, что «результаты Линдауэра одинаково хорошо согласуются как с моделью поиска по запаху, так и с гипотезой языка танцев» (Gould 1976: 230).

Во всех опытах, описанных в этой главе, как и в упомянутых отзывах на них со стороны самих экспериментаторов, проглядывает безуспешность усилий подтвердить гипотезу языка танцев. Это проходит красной нитью через все исследования, подтверждая то, о чем в свое время говорил Медавар: «Весьма распространенный дефект мышления (один из тех, от которого пострадал и я сам) состоит в том, чтобы полюбить гипотезу и оказаться не в состоянии поставить ее под сомнение. Такая любовь к гипотезе-баловню может унести годы драгоценного времени. Очень часто в конце концов не появляется решительное «да», но напротив, следует ожидать решительного «нет»» (Medawar [1979] 1981: 73).

Кризис (по терминологии Куна) продолжался до 1974 г., вызывая обеспокоенность научного сообщества (см. гл. 11). Наконец Гулд защитил свою диссертацию и опубликовал результаты, что позволило другим вздохнуть с облегчением. Постановили, что он «разрешил» противоречие вокруг «языка танцев».

Сделал ли это Гулд в действительности, можно судить по материалам следующей главы, где проблема обсуждается с точки зрения людей, большинство из которых не занимались поведением пчел и в этом смысле оставались «над схваткой».



© 1985 Sidney Harris—*American Scientist Magazine*

13

Школа реалистов и интерпретации поведения животных

Противостояние достигло теперь той стадии, когда все полученные результаты объяснимы с позиций ориентации пчел по запаху и без необходимости использования «языка». Теперь мы, тем не менее, ждем окончательных доказательств того, что они пользуются «языком» абстрактных символов, хотя бы только под давлением обстоятельств.

— Р. Росин (Rosin 1978: 589)

С точки зрения Лакатоса, исследовательская программа вырождается, если она перестает работать, подтверждая непредусмотренные положения. Теперь она вынуждена объяснять новые факты путем привлечения гипотез *ad hoc*, не заложенных в эвристику программы. (Гипотеза *ad hoc* работает лишь с теми фактами, которые нуждаются в сиюминутном объяснении; таким образом, она не ведет к росту научного знания.)

— Джордж Ф. Кнеллер (Kneller 1978: 69)

Результаты исследований, выполненных в традициях школы реализма по принципу верификации, обычно с готовностью воспринимаются другими специалистами, работающими в тех же традициях. Это случается даже в тех случаях, когда гипотеза не была формализована или по настоящему проверена, а сама работа не повторялась другими.

Как было сказано ранее, Джеймс Гулд вырос из научного сообщества, описанного в двух предыдущих главах. Он стал главным защитником гипотезы языка танцев и нашел благодарную аудиторию для своих публикаций. Его успех на этом поприще обязан, как мы полагаем, его стремлению собрать как можно больше данных в пользу гипотезы по принципу ее верификации. В то же время он пренебрегал свидетельствами, противоречащими ей, или занижал их значение, даже несмотря на то что многие из них были получены им самим и его сподвижниками (см., например, прил. 13).

Парадигма языка танцев, которой придерживается научное сообщество (в частности, в сфере этологии и социобиологии), была столь эффектна внешне, что слабость результатов, положенных в ее основу, как и противоречивость их интерпретаций, прошли незамеченными. Это случалось даже тогда, когда сами результаты, полученные Гулдом в одних его экспериментах, противоречили его интерпретациям других его опытов (Rosin 1978; 1980*a*, *b*).

В некоторых случаях недоучет данных, не совпадающих с предсказаниями гипотезы языка танцев, доходил до крайностей. Например, Дональд Гриффин в книге «Мышление животных» намекнул, что не все было в порядке с этой гипотезой в момент ее появления. Он писал:

> Другой пример гибкой коммуникации у социальных насекомых — это так называемый язык танцев у пчел, который был открыт благодаря блестящим оригинальным опытам Карла фон Фриша... Эти коммуникативные танцы столь принципиально отличаются от прочих систем связи у братьев наших меньших, что как-то не вяжутся с чем-либо, что нам известно о поведении животных. И до такой степени, что они не были включены в ряд тех явлений, которые стандартно рассматриваются в этологии (Griffin 1984: 176).

Можно не обращать внимания на то, что Гриффин ничего не высказал против гипотезы языка танцев, поскольку его книга была не научной, но популярной. Хуже обстояло дело с другой книгой «Эколо-

гия медоносной пчелы», автор которой Сили исключил из нее все данные, ссылки и рассуждения, ставящие эту гипотезу под сомнение[31]. Там сказано:

> Наше понимание этой замечательной системы коммуникации базируется главным образом на работах Карла фон Фриша и его коллег, охватывающих к настоящему времени семь десятилетий. Обширнейшая литература по этой теме обобщена в нескольких прекрасных обзорах (Frisch 1967; Lindauer 1967; Gould 1976; Dyer, Gould 1983; Seeley 1985: 84).

То же самое читаем в книге Уинстона:

> Изучение языка танцев началось блестящими работами Карла фон Фриша и его учеников, а затем вылилось в несколько изящных, обширных и тщательно выполненных исследований широкого плана. Эти изыскания наиболее полно обсуждены в классической книге фон Фриша... Другие недавние обзоры выполнены Линдауэром (Lindauer 1961), фон Фришем (Frisch 1967*b*), Миченером (Michener 1974), Гулдом (Gould 1976), Диером и Гулдом (Dyer, Gould 1983). (Winston 1987: 150, 151).

Списки публикаций в книгах Силли и Уинстона включают в себя только работы, написанные учеными, приверженными принципу верификации и гипотезе языка танцев как таковой. Бросается в глаза отсутствие в них других обзоров и аналитических статей иного характера (например, Wells, Wenner 1973; Wenner 1974; Rosin 1978, 1980*a*, *b*, 1984).

Эти примеры противоречат идее, согласно которой биологи охотно принимают противоположную точку зрения, как это сказано в следующей цитате: «Ученый обычно старается более строго, чем обыва-

[31] Абсолютно ту же картину мы видим в русскоязычной научно-популярной и околонаучной литературе. Например, в книге энтомолога В. Е. Кипяткова (Кипятков 2007) танцы пчел преподносятся как реальный факт, а противоположные точки зрения не упомянуты. Другой специалист по социальным насекомым, Ж. И. Резникова (2009), в публикации, адресованной лингвистам, пишет: «Расшифровку символического “языка танцев” медоносной пчелы Карлом фон Фришем можно считать самым выдающимся достижением в области декодирования естественных коммуникативных сигналов животных». Имена критиков гипотезы не обозначены (о других аналогичных примерах см. *Панов Е. Н.* 2010. Антропоморфизм и редукционизм в науках о поведении сдает свои позиции. Зоол. журн. 89(11): 1398—1401).

тель, удерживаться от неких личных предубеждений и проверяет себя на возможность ошибок в суждениях. Он стремится выразить свои предположения в явной (эксплицитной) форме *и внимательно следит за работами коллег в своей области исследований*» (Kneller 1978: 117; курсив наш). В ситуации, которую мы рассматриваем здесь, поборники гипотезы языка танцев не только не отрицают нашу *интерпретацию* явления, но даже не считают нужным упомянуть о *данных* в ее пользу.

Причины игнорирования исследований, которые не укладываются в традиции общепринятого подхода, вполне понятны. Еще ранее той же позиции придерживался Уилсон, который писал: «Объем данных в пользу коммуникативной функции виляющего танца огромен. Длинный перечень замечательных экспериментальных результатов показывает, что это явление не может быть правдоподобно объяснено как-либо иначе» (Wilson 1972: 6).

Глубина приверженности Гриффина, Сили, Уинстона и прочих гипотезе языка танцев иллюстрируется тем фактом, что они не упоминают даже высказывания *самих приверженцев* гипотезы, которые могут поставить ее под сомнение. Например: «Контроль в опытах фон Фриша таков, что не отрицает использования пчелами одних только запаховых стимулов. Виннер совершенно прав, говоря о том, что бесконечное повторение сомнительных экспериментов не добавляет ничего нового к нашему пониманию этого явления» (Gould 1976: 241).

Вероятно, наиболее показательным оказывается отсутствие в перечисленных ссылках на источники (и во многих других) упоминаний аналитических статей Росин (Rosin 1978, 1980*a*, *b*, 1984). В соответствии с научной традицией, эти публикации заслуживают самого пристального внимания, поскольку они были опубликованы в престижных журналах с жестким реферированием и никогда не подвергались критике в печати.

В предыдущей главе был дан анализ статьи Гулда с соавторами (Gould et al. 1970). Росин сделала в этом направлении много больше, проанализировав как эту публикацию, так ряд других, в том числе диссертацию Гулда (Gould 1975*a*) и статьи, основанные на приведенных в ней материалах (Gould 1974; 1975*b*, *c*; 1976).

Многие эксперименты Гулда опираются на изучение реакции рекрутов в улье на «дезориентирующие» виляющие танцы при исходном предположении, что контроль единственной переменной вполне адекватен. Гулд считал также очень важным блокировать с помощью

черной краски три простых срединных глаза (оцеллы), расположенных между большими фасеточными глазами пчелы.

Росин анализирует результаты Гулда, подчеркивая как противоречия, внутренне присущие самой гипотезе языка танцев, так и несоответствия между разными блоками экспериментальных данных этого исследователя (см.: Rosin 1980a, b, где анализируются также работы Шрикера, также см. ниже).

Учитывая важный вклад Росин в анализ противостояния вокруг гипотезы языка танцев (в особенности методологического аспекта проблемы, схематически показанного на рис. 3.1), мы рассмотрим ниже часть ее аргументации. Упомянута будет и точка зрения Охтани (Ohtani 1983), который также анализировал данные Гулда. Наконец, мы обсудим опыт Реннера и Хайнзеллера (Renner, Heinzeller 1979) с блокированием оцелл, который непреднамеренно (вероятно, случайно) подорвал доверие к схеме экспериментов Гулда, отраженных в его диссертации.

Росин (1978): объяснения в рамках взглядов на поведение насекомых и человека

Исследователи, работающие в традициях школы реализма по принципу верификации, могут упустить из виду дефекты своей основополагающей гипотезы и/или ее оснований. Росин, не будучи приверженцем этой школы, как и сообщества, поддерживающего гипотезу языка танцев, обнаружила здесь именно такие дефекты.

В первой из своих статей Росин оперирует с несколькими исходными положениями, важными в рамках вопроса: «Что можно предполагать в отношении принципиальных возможностей насекомых?». Этот вопрос рассматривается Росин в контексте экспериментальных схем Гулда с нескольких точек зрения.

1) *Основная гипотеза.* Гулд и его сторонники упустили из виду ошибки в своих рассуждениях, которые стали очевидными для Росин. А именно, что не следует ставить эксперимент на базе непроверенной гипотезы, и, соответственно, едва ли полезно использовать непроверенную гипотезу для объяснения экспериментальных результатов.

Сам Гулд признавал, что его ранние опыты не свидетельствовали в пользу существования языка танцев. Он уверовал в его реальность лишь после того, как путем верификации получил данные, которые,

как он думал, соответствовали гипотезе языка танцев. Таким образом он оказался в плену порочного логического круга.

Как указывает Росин, сама схема экспериментов Гулда опирается на предположение, что у пчел есть язык (ловушка парадигмы). Росин пишет:

> В эксперименте, касающемся «информации о расстоянии», все экспериментальные кормушки были сосредоточены только в направлении, которое, как думали, указывалось танцами особей с блокированными оцеллами участникам их свиты... В эксперименте, касающемся «информации о направлении», весь комплект кормушек был выстроен на расстоянии, отвечающем тому же предположению. Иным словами, на основе чисто априорного допущения, что потенциальные рекруты используют информацию о расстоянии, содержащуюся в танцах (Rosin 1978: 590).

Росин продолжает:

> Однако, поскольку Гулд признал, что все более ранние результаты объяснимы и без привлечения категории «языка», гипотеза оказалась недоказанной им, так что не было смысла ставить на ее базе другие эксперименты (Rosin 1978: 590).

К сожалению, Росин смотрела на вещи «сквозь очки», не используемые прочими заинтересованными участниками дискуссии. Она пришла к выводу, что гипотеза языка танцев должна быть протестирована, в то время как научное сообщество приняло ее как факт, опираясь при этом только на свидетельства в ее пользу. Ловушка парадигмы взяла верх, и мнение, что у пчел есть язык, уже не ставилось под сомнение.

2) *Необходимый контроль.* Росин пришла к выводу, что эксперименты Гулда не контролировались должным образом. Эта сторона вопроса осталась полностью вне поля зрения тех, кто сфокусировал внимание исключительно на данных, собранных Гулдом в подтверждение гипотезы. Росин говорит об этом в следующих выражениях:

> Очевидно, что схема размещения кормушек в пространстве опыта должна оказывать воздействие на распределение пчел, вновь прибывающих на места кормления. Фактически, «контроль Виннера» (как его называет Гулд, имея в виду использование большинством из них одного лишь запаха) достаточен для демонстрации того, что *сама по себе* схема размещения кормушек приводит к появлению

основной массы рекрутов в той или иной точке. При этом нет никаких доказательств, что хотя бы одна пчела пользовалась «языком» (Rosin 1978: 591).

В том же разделе своей статьи Росин подвергает сомнению обоснованность схемы «веерного» эксперимента (как это было сделано и нами в работах (Wenner 1962; Wenner 1971a); см. также гл. 5). Сама по себе схема расположения кормушек воздействует на распределение рекрутов, особенно в ветреную погоду (см. прил. 12). Росин пишет: «В этих экспериментах симметричное расположение кормушек относительно линии, соединяющей улей и прикормочный столик, обусловливает распределение рекрутов, также симметричное по отношению к этой оси. Последнее также ожидаемо с позиций ольфакторной гипотезы, которая рассматривает прилет рекрутов как процесс вероятностный» (Rosin 1978: 593).

Другими словами (как уже сказано в гл. 5), сама схема опытов в исполнении Гулда предопределяла полученные им результаты. Росин это заметила и предположила, какого рода контроль следовало использовать в данном случае: «В добавление к той схеме, которая имела место, стоило создать вторую такую же, но размещенную в противоположной стороне от улья. Это могло бы послужить надежным контролем в опыте» (Rosin 1978: 593). Но до сих пор никто не поставил эксперимента по такой схеме.

3) *Вторичные гипотезы ad hoc.* От Росин не ускользнула и манера Гулда свободно пользоваться гипотезами *ad hoc* для объяснения неблагоприятных для него результатов, которые невозможно истолковать в рамках первоначальной (главной) гипотезы:

Отрицая возможности того, что рекруты могут достичь, руководствуясь одним лишь запахом, той или иной кормушки, включая «правильную языковую», Гулд заявляет, что сам способ проведения эксперимента создает ситуацию (create a «stress» situation), которая заставляет пчел воспользоваться «языком». Эта идея абсолютно произвольна. Столь же произвольно утверждение, что прилет фуражиров не на ту кормушку, которая была указана им танцами, обусловлен использованием «языка», но примененного с ошибками. Наконец, ни на чем не основано положение, согласно которому прилет рекрутов на кормушку, «неверную» с позиций гипотезы языка танцев, но адекватную в рамках запаховой гипотезы, объясняется тем, что «некоторые пчелы, тем не менее, используют только запаховые стимулы» (Rosin 1978: 594).

Для Росин было ясно, что Гулд мог бы гораздо лучше продумать свой опыт, чтобы избежать такого количества «неблагоприятных» результатов, требующих объяснений задним числом (*ad hoc*). Против такой тактики предостерегали Поппер, Лакатос и многие другие. Росин пишет: «Все эти произвольные построения есть, фактически, вторичные гипотезы, вызванные необходимостью “подпереть” первичную гипотезу языка танцев» (Rosin 1978: 594).

4) *Результаты, несовместимые с гипотезой языка танцев.* Вероятно, нет такого ученого, который бы, раньше или позже, не относился с трепетом к полученным им результатам (Medawar 1979/1981: 73). Это происходит потому, что каждому из нас свойственно по-отцовски привязываться к выдвинутым нами гипотезам («родительская привязанность», по словам Чемберлина). В итоге во внимание принимаются преимущественно те результаты, которые следуют из «успешных» наблюдений или экспериментов с «ожидаемыми» результатами.

Именно такое педалирование Гулдом данных в пользу гипотезы языка танцев усмотрела Росин. На этот счет было сказано следующее: «Результаты исследования, направленного на доказательство гипотезы, изначально считавшейся верной (и предполагающей, что пчелы пользуются «языком» абстрактных символов), замечательны в одном отношении: в большинстве случаев, представленных читателю, максимальное число рекрутов оказывается как раз на той кормушке, которая предположительно была указана им танцами в улье» (Rosin 1978: 595).

Росин хорошо понимала, что поборники гипотезы, полагающиеся на принцип верификации (как это делал Гулд), могут считать значимыми только «успешные» эксперименты. Она пишет: «Результаты Гулда производят меньшее впечатление, когда становится ясно, что они представлены лишь в отношении четырех экспериментов «по указанию направления» (при расстояниях до объекта 390—400 м), тогда как в тексте упоминаются 39 таких опытов. Они становятся еще менее впечатляющими, когда мы внимательно сравниваем цифры, отражающие посещаемость рекрутами определенных кормушек» (Rosin 1978: 595).

Проделав детальный анализ количественных показателей распределения рекрутов и трактовок их Гулдом, Росин приходит к следующему заключению:

> Таким образом, автор отрицает необходимость рассматривать распределение рекрутов на кормушках, если бы они руководствовались одним лишь запахом, как следствие вероятностных закономерностей. Между тем, его собственные результаты требуют признания

> именно этого принципа. Он также игнорирует значимость пространственной схемы опыта и изменений в ней, тогда как полученные им результаты демонстрируют как раз эти эффекты (Rosin 1978: 597).

К этому следует добавить, что Гулд, по-видимому, не заметил следующего обстоятельства. Когда пчелы в данной серии опытов с высокой точностью используют, как предполагается, информацию о направлении, они не следуют указаниям танца о расстоянии, и наоборот. Другими словами, Гулд упустил из виду ту самую аномалию, которую ранее не заметил и Фриш, когда впервые провозгласил свою гипотезу в 1946 г. (см. гл. 6).

5) *Эффективность «языка».* В этой части своего очерка Росин обращает внимание на еще один аспект, ускользнувший, как кажется, от внимания большинства поборников гипотезы языка танцев. В статье Гулда с соавторами (Gould et al. 1970) представлены *прямые свидетельства* а) низкого процента рекрутов, достигших экспериментальных кормушек, б) длительности времени, затраченного успешными рекрутами на достижение цели, и в) многочисленности рекрутов, покинувших улей на поиски взятка, прежде чем некоторые из них обнаружили «правильную» кормушку (см. гл. 12 и прил. 13).

Росин заметила, весьма проницательно, что сказанное Гулдом в его поздних публикациях не соответствует данным, полученным им и его коллегами ранее. Росин пишет:

> Возможность отрицать высокую эффективность предполагаемого использования «языка» устраняет разумные основания думать, что он вообще необходим, поскольку пчелы способны находить источники пищи с отнюдь не меньшей эффективностью, полагаясь на один лишь запах... почему, обладая столь изощренным и эффективным «языковым» механизмом, пчелы не используют его регулярно? (Rosin 1978: 598).

Очевидно, Гулд не чувствовал необходимости как-то примирить данные поздних лет с теми, что были опубликованы им ранее (см. прил. 13).

В соответствии с этими ранними результатами (Gould et al. 1970), рекруты присутствуют при многих танцах в улье, более одного раза вылетают на поиски взятка прежде чем добиваются успеха и затрачивают значительное время на полет к цели (более 10 минут у 40 % рекрутов, при том что полет по прямой требует всего 16 секунд; см. прил. 13).

В более поздних опытах Гулд перемещал контрольные кормушки каждые 12 минут с интервалом между самими испытательными сессиями длительностью всего лишь 5 минут. При этом не были учтены результаты, полученные им и его коллегами в 1970 г. Росин, со своей стороны, поняла, что неизбежным следствием каждого перемещения кормового столика будет пребывание в воздухе множества пчел, разыскивающих корм на прежнем месте, в соответствии с «неверной»[32] информацией, полученной ими ранее из танцев. В таком случае, пчелы, вылетевшие из улья раньше, должны перемешиваться с теми, которые разыскивают новую цель. Росин приходит к заключению, что гипотеза поиска корма по запаху прекрасно соответствует нашим представлениям о возможностях насекомых, в то время как предполагаемая способность к использованию языка должна требовать от пчел таких качеств, которые присущи только людям. Она пишет:

> На первый взгляд может показаться, что способность медоносных пчел использовать «язык» абстрактных символов, по крайней мере при некоторых весьма специфических условиях, была окончательно доказана. Однако детальный анализ методологических установок при планировании экспериментов, а также интерпретации результатов показывают, что доказательства неубедительны, как и прежде. С этой точки зрения медоносные пчелы остаются в ряду ординарных насекомых, что со стороны может казаться несколько разочаровывающим. Но при этом наши устоявшиеся взгляды на филогенез животных устояли против такого рода уклонения от них, что, в общем, немало (Rosin 1978: 600).

Возражение Росин, основанное на анализе собственных данных Гулда, может обсуждаться с точки зрения опасностей телеологического и антропоморфического подходов. Приверженцы гипотезы языка танцев убеждены, что танцы пчел «должны приносить им какую-то пользу, иначе они не затрачивали бы на эти маневры столько энергии» (см. прил. 8).

Это утверждение, окрашенное в телеологические тона, обычно сопровождается непозволительным (и ни на чем не основанном) антропоморфическим объяснением: «Это должно способствовать тому, что мы, люди, считаем полезным для пчел».

---

[32] Многие эксперименты Гулда опираются на изучение реакции рекрутов в улье на «дезориентирующие» виляющие танцы.

Росин (1980*a*): парадоксы гипотезы языка танцев

Возвращаясь к изложенному в предыдущем разделе, хочется задать вопрос: «Как ученые могут мириться со столь серьезными несоответствиями?». Один из ответов был предложен Томасом Куном: «Нормальная наука должна постоянно стремиться привести в соответствие факты и теорию и делает это... Она занята тем, что решает головоломки с пользой для тех, для кого весомость парадигмы важнее всего» (Kuhn 1970a: 80).

Кун ввел понятие «нормальной науки» для объяснения исследований, выполняемых в рамках установленного набора начальных посылок. Другими словами, такого рода деятельность можно назвать исследованиями, «подгоняемыми концепцией» (Wenner 1989). Здесь реальное поведение организма оказывается менее значимым для исследователя, чем теория или парадигма, взятая на вооружение научным сообществом. Такая приверженность парадигме, естественно, заставляет ученых поддерживать как можно более тесную интеллектуальную связь с научным сообществом (см. гл. 11). По словам Куна, подобный конформизм объясняется тем, что «нет стандарта более высокого, чем одобрение со стороны соответствующего научного сообщества» (Kuhn 1970*a*: 94).

Как и следовало ожидать, никакой реакции на статью Росин (Rosin 1978) не последовало (по принципу «проигнорировано, значит забыто»). Росин, тем не менее, не ушла в тень, а настаивала на своем и опубликовала результаты своих новых изысканий. Ее статья, напечатанная в 1980 г. (Rosin 1980*a*), содержала разбор всевозможных «улучшений» гипотезы языка танцев (изложенных в работах: Esch, Bastian 1970; Gould et al. 1970; Stephen, Schricker 1970; Mautz 1971; Gould 1974; 1975*b*, *c*; 1976; Schricker 1974; Brines, Gould 1979). Позиция Росин в этой работе во многом совпадает с тем, что было изложено выше, в главе 12.

Прежде всего, Росин обсуждает разные стороны модели поиска по запаху в ее отношении к процессу рекрутирования пчел (см. гл. 5 и прил. 11) и приходит к такому заключению:

> Как это ни парадоксально, но гипотеза языка танцев не может объяснить факты, которые фон Фриш обнаружил, когда пытался подтвердить *свою гипотезу поиска по запаху*. Она не в состоянии объяснить прилет новичков на разные расстояния (до одного километра от улья), когда фуражиры кормятся всего лишь в 16 метрах от него.

> Фриш считал, что танцы начинают указывать направление с минимальной дистанции 25 м и становятся полностью информативными в этом смысле при дистанции 100 м. Таким образом, если фуражиры собирают взяток на расстоянии 16 м от улья, их танцы указывают местонахождение источника пищи по крайней мере в 100 м от него (Rosin 1980*a*: 777).

(Фриш, разумеется, знал, что немногие пчелы допускают серьезные ошибки, но называл таких неудачников «аутсайдерами»). Росин продолжает, приводя возражения против ранней версии модели поиска по запаху:

> Так или иначе, следует подчеркнуть, что вне зависимости от частных деталей модели Веннера способность пчел находить сильно удаленные от улья источники пищи, полагаясь на одни лишь запаховые стимулы, доказана полностью. Первоначально это было сделано не кем иным, как самим фон Фришем... задолго до появления гипотезы языка танцев. Позже явление было доказано снова Джонсоном, Веннером, Веннером с соавторами, Уэллсом и Веннером, а также Гулдом (Johnson 1967; Wenner 1967; Wenner et al. 1969; Wells, Wenner 1973; Gould 1975*a*, *b*) (Rosin 1980*a*: 780).

Далее Росин обсуждает «главное утверждение Веннера, согласно которому пчелы не используют информацию, заложенную в танце» (о чем говорилось в предыдущих главах книги), и приходит к заключению, что перед нами «новый парадокс», возникший на почве продолжающихся попыток подтвердить гипотезу языка танцев. В частности, он разбирает экспериментальные результаты исследований Шрикера (Schricker 1974) и Гулда (Gould 1974; 1975*a*, *b*) и интерпретации, предлагаемые этими авторами. Дальше мы рассмотрим аргументы Росин пункт за пунктом.

1) *Интоксикация фуражиров в опытах Шрикера*. Этот исследователь воздействовал на пчел инсектицидом паратионом, с тем чтобы заставить их воспроизводить «обманчивые» танцы, транслирующие «неверную информацию о расстоянии до объекта». Они были короче танцев интактных пчел и, таким образом, предположительно должны были указывать рекрутам меньшее, по сравнению с реальным, расстояние до источника пищи. Росин пришла к выводу, что полученные результаты выглядят парадоксально. Она писала:

> Новички, присутствовавшие при таких танцах, прилетали не только на ближайшие кормушки, но также на размещенные и ближе, и значительно дальше «указанных» танцами. Более того, до начала опытов с интоксицированными фуражирами большинство новичков прилетали не на те кормушки, которые они должны были посетить, следуя информации из танцев, но на те, что находились на промежуточном расстоянии. Таким образом, перед нами парадоксальная ситуация. Гипотеза языка танцев не в состоянии объяснить факты, на основании которых она была сформулирована (Rosin 1980*a*: 783).

Росин обнаружила и другие несоответствия в результатах Шрикера и в интерпретациях, которые и следовало ожидать от попыток верифицировать гипотезу: «Как можно видеть, Шрикер попросту не заметил, что его результаты, полученные до использования интоксицированных пчел, полностью не соответствуют предсказаниям гипотезы языка танцев» (Rosin 1980*a*: 783).

2) *Неопровержимые доказательства, полученные Гулдом.* В опытах с «дезориентацией» рекрутов, проведенных Гулдом, он направлял в улей световой луч, изменяя направление виляющих пробегов фуражиров, и тем самым, как он полагал, вводил в заблуждение потенциальных рекрутов. Росин выявила ряд несоответствий в результатах этих опытов и в выводах, сделанных Гулдом на их основании, и показала, что сделанное не укладывается в трактовки, совместимые с гипотезой языка танцев. Выводы Росин сводились к следующему:

> Гипотеза «языка танцев», как мы видели, была выдвинута для объяснения сбора корма пчелами в естественных условиях (когда информация не может быть ложной), на конкретных источниках пищи, посещенных фуражирами. Гулд считает, что он доказал использование «языка танцев» под давлением со стороны наблюдателя (under «stress»). Вместе с тем, он показал, что все новые посетители его кормушек неизменно ориентировались только по запаху[33]. Не кажется ли странным, что гипотеза «языка танцев» понадобилась лишь для того, чтобы объяснить характер прилета рекрутов в ответ на дезориентирующую информацию? (Rosin 1980*a*: 784).

Как сказано в другом месте этой книги (см. прил. 12), веерное размещение кормушек в опытах Гулда не отвечало задаче проверки предположения об использовании «языка», поскольку кормушки были не

[33] См. ниже о *ad hoc* гипотезе «отвлекающего запаха» (locale odor), предложенной Гулдом.

идентичны друг другу (крайние отличались от прочих тем, что соседние с ними кормушки располагались только с одной стороны). Гулд не учел того обстоятельства, что схема его опыта уже ранее была подвергнута критике (см., например, Wenner 1962; 1971*a*; 1974).

В постановке опытов Гулда Росин усмотрела доминирующую веру в принцип верификации (когда спорные вопросы и негативные данные могут игнорироваться перед лицом благоприятных свидетельств). Она пишет: «Как это ожидаемо в ситуации научной революции (Kuhn 1970), весомость точки зрения Гулда несоизмеримо уступает аргументации противников гипотезы "языка танцев". Создается впечатление, что он ставил все эти опыты ради каких-то собственных, личностных целей» (Rosin 1980*a*: 786).

Росин добавляет новые штрихи к своему анализу так называемых доказательств, предложенных Шрикером и Гулдом. Они должны были поставить контрольные кормушки в таких местах, где ни дезориентированные пчелы, ни те, что не были направлены по неверному пути, не должны были появляться. (Мы хотим добавить к этому, что такие контрольные кормушки следовало размещать со стороны наветренной относительно всех контрольных кормушек. Это дало бы возможность адекватного контроля гипотезы — см. гл. 8 и 10).

3) *Разрешение парадокса.* В этом разделе интересующей нас статьи Росин (Rosin 1980*a*) она показывает, каким образом Шрикер, Гулд (и Фриш, в первую очередь) пытаются не замечать результатов, неблагоприятных для гипотезы языка танцев. Мы снова вынуждены обратиться к примерам логического круга в случаях «подтверждения следствием» (Hempel 1966). Каждый из трех названных исследователей попросту интерпретировал факты таким образом, чтобы они соответствовали априорному допущению о существовании у пчел языка танцев. Этот момент не ускользнул от внимания Росин.

В отношении опытов Шрикера Росин писала:

> Я даже не могла представить себе, что он станет утверждать, будто большинство тех рекрутов, которые в экспериментах, предшествовавших опытым с интоксикацией, ... прилетели на «неверные» кормушки (более близкие к улью, чем указанные в танцах) и собирались лететь дальше, но были чем-то остановлены здесь... Похожее утверждение было высказано ранее фон Фришем, ... который столкнулся с аналогичными фактами. Заявление Шрикерса означает, что он, возможно, знает, что на уме у пчелы (чего не может знать никто), и что это его знание важнее того, что мы видим своими глазами, и,

следовательно, более правдоподобно, чем самое простое, самоочевидное объяснение (Rosin 1980*a*: 787).

Впрочем, в практике школы реалистов концепция часто имеет преимущество перед реальной биологией исследуемых видов (Wenner 1989). Так что Росин не слишком удивило это использование Шрикером аргументов *ad hoc* с целью объяснения полученных им «неблагоприятных» фактов.

Ту же склонность придавать значение позитивным свидетельствам и игнорировать негативные Росин увидела и в работах Гулда. Кроме того, тот обошел вниманием одно явное противоречие в своих выводах. Выдвинув *ad hoc* гипотезу «отвлекающего запаха» (locale odor), согласно которой пчелы могут искать источник пищи не там, куда указывают танцы, Гулд не заметил, что ее предсказания часто противоречат предсказаниям гипотезы языка танцев, и наоборот. В этой связи Росин пишет:

> Гулд вынужден признать, что его результаты, полученные вне «принудительной или вынужденной ситуации», проистекают из использования большинством рекрутов, если не всеми, одних лишь запаховых стимулов. Это признание само по себе опровергает его гипотезу «отвлекающего запаха»... С другой стороны, эксперименты с использованием «давления» на пчел («stress» experiments) можно рассматривать как адекватный, хотя и не самый лучший способ проверить две гипотезы в их противопоставлении друг другу. Полученные результаты опровергают гипотезу «языка танцев» (Rosin 1980*a*: 790—791).

Затем Росин возвращается в прошлое, к работам самого Фриша:

> Если медоносные пчелы обладают столь изощренным и эффективным инструментом, как «язык танцев», зачем им прибегать к использованию грубого и неэффективного способа действий путем поиска корма по одному лишь запаху? К середине 1970-х гг. практически все ухитрились не замечать ранее доказанный фон Фришем факт, что пчелы находят источники пищи, пользуясь только запаховыми стимулами ... (Frisch 1923; 1939). Более того, им было доказано, что новички, прибывающие на кормушки, могут добиваться успеха, не используя информацию «языка танцев» (Rosin 1980*a*: 792).

В том же разделе своей статьи Росин обсуждает причины ранней приверженности Фриша ольфакторной гипотезе, а также данные, собранные им в ее защиту. Создав «мысленный образ» того, что пчелы обладают «языком танцев», и убедив в этом других в 1946 г., Фриш круто изменил свою оценку роли запаховой ориентации у этих насекомых.

На основе своих ранних исследований Фриш пришел к выводу, что у пчел не слишком развита способность к восприятию запаха (не отличается от той, что свойственна людям). Такое отсутствие острой ольфакторной чувствительности хорошо согласовывалось с идеей, что «язык танцев» может быть для пчел «полезен».

Риббандс (Ribbands 1953: 43; 1955*b*), который проводил опыты того же типа, что и Фриш, пришел к противоположной точке зрения. Согласно ей, пчелы весьма чувствительны к очень малым концентрациям запаха[34]. Но поскольку гипотеза языка танцев к тому времени уже основательно укоренилась, работы Риббандса прошли почти незамеченными. Не возникало и мысли, что пчелы могут пользоваться запаховыми стимулами, а не языком танцев. Росин пишет: «С самого момента своего создания гипотеза "языка танцев", несмотря на всеобщее признание, боролась за свое выживание путем все новых и новых ревизий по принципу *ad hoc*» (Rosin 1980*a*: 794).

Далее Росин показывает, насколько возражения Фриша против ольфакторной гипотезы противоречат некоторым его прошлым заявлениям, и делает следующий вывод: «Можно видеть, что гипотеза "языка танцев" оказалась парадоксальной с самого момента своего появления, поскольку была не в состоянии объяснить данные, полученные Фришем в поддержку его ольфакторной гипотезы... В силу ее быстрого восприятия научным сообществом эта гипотеза и не могла обладать необходимой доказательностью» (Rosin 1980*a*: 797).

Это последнее обстоятельство акцентирует слабость любого биологического исследования, полагающегося в основном на коллектирование данных, которые подтверждают идею (ее верификацию) в ущерб процедурам тестирования. И Шрикер, и Гулд полагали, по-видимому, что они «тестируют» гипотезу языка танцев в противовес ольфакторной гипотезе. В действительности же они искали свидетельства в пользу первой, как это хорошо видно из их собственных высказываний. Росин подводит итог трудностям на пути этого подхода:

[34] См.: Wells et al., 2010.

> Не вызывает сомнений тот факт, что способность пчел пользоваться «языком танцев» в тех или иных обстоятельствах до сих пор не имеет никаких доказательств. Все те допущения, к которым вынуждены прибегать поборники гипотезы «языка танцев», есть ее ревизии по принципу *ad hoc*. Эти операции не в состоянии в принципе обеспечить какие-либо значимые подтверждения гипотезы, поскольку ее подправления *ad hoc* в лучшем случае дают основания лишь для более строгого ее тестирования. Очевидно, защитники гипотезы «языка танцев» не отдают себе в этом отчета (Rosin 1980*a*: 799).

В то время как некоторые адепты гипотезы языка танцев остаются в уверенности, что она ими доказана, другие исследователи из того же лагеря не склонны воспринимать эти результаты как окончательные. Тэйбер, в частности, писал: «Вы можете думать, что интерес к работам фон Фриша и весьма эффектным исследованиям многих его учеников, выполненным на протяжении последних 50 лет, привел к верификации гипотезы языка танцев, но, насколько мне известно, этого не было сделано» (Taber 1986: 538).

Росин очерчивает в деталях всевозможные парадоксы, возникающие в попытках подтвердить гипотезу языка танцев в ее «улучшенных» формах. С точки зрения этого исследователя, весь процесс демонстрирует лишь «способность ученых старательно не замечать того, чего им не хочется видеть». Как мы полагаем, вся история с гипотезой языка танцев дает прекрасный пример слабости исследований, направляемых догмой («concept-driven» research), в противоположность тем, которые движимы желанием понять поведение реальных организмов («organism-driven» research — Wenner 1989).

Позволительно спросить: что же представляет собой гипотеза языка танцев? Как было сказано в главе 1, ее поборники едва ли охотно согласятся с такой постановкой вопроса. Росин же пишет: «Истина состоит вот в чем: мгновенное восприятие сообществом эффектной гипотезы привело к тому, что понадобилось 20 лет, прежде чем она впервые была поставлена под сомнение» (Rosin 1980*a*: 798).

На фоне столь многих парадоксов и модификаций возможность истинного тестирования гипотезы языка танцев в ее нынешнем виде может стать еще более проблематичной.

Росин (1980*b*): основы биологии и поведения

В учебниках общей биологии часто можно встретить упоминание принципа бритвы Оккама, или иначе, «закона парсимонии», тогда как психологи обычно именуют этот принцип «правилом Моргана». Попросту говоря, не следует прибегать к сложным объяснениям (больше факторов и причин, чем необходимо) феномена, если есть возможность удовольствоваться более простыми. В своей обзорной статье Гулд возразил против этого общего принципа: «Применение правила Моргана и подобных ему “фильтров на простоту” служит для *чрезмерного корректирования* тенденции очеловечивать животных. Но такой стойкий скептицизм может препятствовать поиску еще не открытых модальностей и психических процессов у животных» (Gould 1976: 241).

Говоря так, Гулд следовал линии Дональда Гриффина. Из книги последнего «Мышление животных» (Griffin 1984) совершенно очевидно его желание отказаться от ограничений, принятых теми учеными, которые возражают против использования антропоморфических и телеологических объяснений в исследованиях поведения животных.

Росин критикует Гриффина и Гулда за их отрицание важности правила Моргана. Она приводит целый ряд аргументов, которые мы рассмотрим далее.

1) *Противодействие гипотезе языка танцев: контрреволюция?* Росин называет появление гипотезы языка танцев в ее первоначальной формулировке «революцией» в том смысле слова, как его понимал Кун. Наше выступление против нее названо здесь «контрреволюцией», поскольку наша задача состояла в том, чтобы вернуть научное сообщество к существовавшей ранее ольфакторной гипотезе (см. гл. 5 и прил. 11). Росин пишет: «Мгновенный успех гипотезы языка танцев был обусловлен, без сомнения, тем, что она давала одновременно ответ на два важных вопроса. Именно, как происходит мобилизация пчел на взяток и какова адаптивная ценность сложных танцевальных маневров» (Rosin 1980*b*: 459).

Гипотеза языка танцев бесспорно сыграла важную роль в привнесении новой технологи в чисто описательную прежде дисциплину. Ранее изучение поведения животных было не более чем наблюдением и «объективным» описанием увиденного. Изыскания в отношении языка танцев помогли поднять статус этологии на уровень других дисци-

плин, где сложные последовательности событий удавалось раскрыть с применением современной экспериментальной техники.

Росин, назвав наш протест против гипотезы языка танцев «контрреволюцией», видит в нем и революцию в строгом смысле этого слова. Формированию такой точки зрения способствовал враждебный прием, оказанный научным сообществом нашему выступлению:

> Контрреволюция в данном случае переросла в новую революцию. Правящая парадигма «языка танцев» получила одобрение Нобелевского комитета к концу того самого года, в начале которого появилась статья Уэллса и Веннера (Wells, Wenner 1973) с доказательством того, что рекрутированию у пчел не препятствует отсутствие «языковой» информации (Rosin 1980*b*: 460).

2) *Последствия революции в вопросе о языке танцев.* По мнению Росин, в данном случае оправдались предвидения Куна:

> Кун (Kuhn 1970) указывает, что кризис в доминирующей парадигме часто переходит в период блужданий и сомнений относительно ее главных предпосылок... Поборники [гипотезы языка танцев]... уже сейчас пересматривают их... Это приводит их в замешательство, поскольку возникают вопросы к правдоподобности положений, считавшихся неоспоримыми до начала революции (Rosin 1980*b*: 460).

Один из наиболее важных вопросов, по мнению Росин, состоит в том, действительно ли можно предположить, что у насекомых возможно нечто подобное языку человека (как об этом думал Гриффин). Показательно, что в рамках гипотезы языка танцев такую возможность рассматривали в качестве операционального положения.

После того как было показано, что рекрутирование пчел на взяток возможно посредством одних лишь запаховых стимулов (Wells, Wenner 1971; 1973; см. также гл. 5, 9 и 10), как это имеет место в поисковом поведении прочих насекомых (прил. 11), появилась возможность применить принцип парсимонии (бритва Оккама), или правило Моргана, к рассмотрению двух конкурирующих гипотез — ольфакторной и лингвистической. По этому поводу Росин пишет:

> Морган подчеркивает, что предложенное им правило запрещает приписывать животным более высокие психические свойства, чем те, которые можно подтвердить имеющимися данными. Правило, таким образом, не догматично, но направлено против априорных

> допущений. Оно применимо к свидетельствам, имеющимся «на руках» и должно быть пересмотрено в свете новых данных (Rosin 1980*b*: 463).

Как и в житейских ситуациях, в науке при появлении фактов, конфликтующих с предвзятыми идеями, открывается несколько возможностей (см. гл. 3). Факты можно обсудить или проигнорировать. Это относится и к правилу Моргана. Налагаемые им ограничения можно не принимать во внимание, если в данной ситуации они грозят нарушить привычный ход мыслей. В самом деле, в науке нет правил, которые заставляли бы исследователя действовать так или иначе при появлении свидетельств, неблагоприятных для его точки зрения.

И все же, когда новые факты ставят под угрозу фундаментальную научную концепцию, у ее последователей появляется вполне объяснимое острое желание попросту проигнорировать их, вместо того чтобы начать пересматривать свои взгляды. Именно поэтому Гриффин (Griffin 1984: 176) отбросил все, что противоречило гипотезе языка танцев, хотя и отдавал себе отчет в том, что этот тип активности не согласуется со всем тем, что известно о поведении других видов животных (см. начало этой главы). Такая позиция позволила Гриффину сохранить полнейший оптимизм в его вере в мифические способности животных, и пчел в частности. Здесь не было и речи о том, чтобы попытаться подвергнуть сомнению свою веру в маловероятное.

Рассматривая вопрос о применимости правила Моргана в качестве основы для парсимонии, Росин рассматривает опыты по обучению шимпанзе языку знаков и явление эхолокации у летучих мышей. Ни то, ни другое не требует от этих животных более высоких психических качеств, чем те, которые они используют при других формах своей активности. Что касается пчел, то здесь, по мнению Росин, дело обстоит принципиально иным образом: «Считается, — пишет она, — что медоносная пчела может использовать и интерпретировать символы, обозначающие такие абстрактные понятия, как расстояние и направление. Между тем, еще не родился шимпанзе, способный к подобным проявлениям» (Rosin 1980*b*: 468).

Рассмотрев результаты, полученные Шрикером и Гулдом, с позиций применимости к ним правила Могана, Росин замечает:

> Адепты гипотезы «языка танцев» готовы, как мы видим, отклонить правило Моргана. Они не склонны также принимать во внимание

> теорию эволюции. Они считают, что допустимо говорить об отдельных изолированных исключениях из того, что эволюция диктует ученому. Возможно, — считают они, — что некие гены, ответственные за очень сложные формы поведения, способные повысить выживаемость вида, возникли случайным образом. Возможно также, что эти мутации обеспечивают некие позитивные функции, смысл которых нам еще не ясен (Rosin 1980*b*: 472).

Росин поражена тем фактом, что поборники гипотезы языка танцев способны чувствовать себя вполне комфортабельно, защищая принципиальную возможность явления, столь очевидным образом отличного от всего, что нам известно о поведении животных, да еще при всех тех несоответствиях, с которыми эта гипотеза сталкивается. Она пишет:

> Я показала в другом месте (Rosin 1978), что утверждение Гулда, будто он доказал существование «языка танцев», есть не более чем его персональная гипотетическая интерпретация. Эти претензии абсолютно неприемлемы (Rosin 1980*b*: 473).

Показательно, однако, что такие авторы как Гриффин, Сили и Уинстон (Griffin 1984; Seeley 1985; Winston 1987) ни словом не упомянули о несуразностях в результатах Шрикера, Гулда и прочих, равно как и в их интерпретациях. Эти три автора не только не цитировали работы Росин, но вообще умолчали о них. Читатель не найдет в их трех книгах какой-либо информации об альтернативной гипотезе ориентации пчел по запаху, разработанной Фризеном, Джонсоном, Уэллсом и Веннером (см. гл. 5 и 8).

Впрочем, Росин не опустила рук, даже когда ей стало очевидно, что возражения против гипотезы языка танцев восприняты враждебно, и что никто не собирается повторять опыты Гулда и проверять качество его интерпретаций. В это время Росин стало известно, что Гулд с помощью своих коллег (Хенери и МакЛеода) уже поставил контрольный опыт, который, как было сказано, опроверг его собственное утверждение, что противостояние вокруг гипотезы языка танцев «полностью разрешено» (Gould 1976: 234; см. также прил. 13).

Росин проанализировала первую серию экспериментов Гулда с соавторами (Gould et al. 1970; см. гл. 12). В них информация в танцах не искажалась, и на всех стадиях эксперимента имело место направляющее воздействие условий эксперимента. Росин пишет: «Предсказание Гулда, что ни один рекрут не прилетит на “неверную” кормушку, бы-

ли сформулированы правильно... Однако на нее прилетели несколько (quite a number) новичков... Это обстоятельство опровергает ранее сделанное предсказание» (Rosin 1980*b*: 477). Она продолжает:

> Таким образом, среди прилетевших на кормушки пчел в первой серии опытов оказалось около трети новичков, подвергшихся давлению условий эксперимента, что противоречит утверждению Гулда, будто он получил неопровержимые доказательства гипотезы «языка танцев». Более того, если верить этому утверждению, причины появления этих пчел там, где их не ждали, остается полнейшей загадкой... Все эти факты могут быть, разумеется, легко объяснены тем, что пчелы полагались исключительно на запах, в соответствии с представлениями Уэллса и Веннера (Wells, Wenner 1973) (Rosin 1980*b*: 480).

В своей борьбе против гипотезы языка танцев Росин не учла важности следующего замечания Куна: «Нет стандарта более высокого, чем одобрение со стороны соответствующего научного сообщества». Но поскольку «соответствующее научное сообщество» этологов и социобиологов фокусировало внимание только на свидетельствах в пользу гипотезы, дабы верифицировать ее, ни один аргумент Росин не был услышан. Объяснения *ad hoc* противоречивых результатов Гулда и их интерпретаций были с готовностью приняты научным сообществом.

Охтани (1983): существует ли такое явление, как «язык танцев» пчел?

Анализ исследований Гулда, проведенный Охтани, представляет собой во всех отношениях независимый вклад в проблему. Так считать позволяют по меньшей мере два обстоятельства. Во-первых, Охтани никогда не был членом социальной сети, объединяющей приверженцев гипотезы языка танцев (см. гл. 11). Во-вторых, он не принадлежал и к противоположному лагерю.

При этих обстоятельствах, в соответствии с устоявшимися научными традициями, можно думать, что его аргументация носит совершенно объективный, непредвзятый характер. К тому же статья Охтани была опубликована на японском языке и, таким образом, являла собой взгляд на проблему как бы из другого мира.

Чтобы познакомить читателя с точкой зрения Охтани, мы приведем некоторые его основные аргументы из перевода статьи, опубликованного на сайте Международной ассоциации по изучению медоносной пчелы (IBRA).

1) *Необходимость контрэкспериментов.* Охтани пришел к выводу, что Гулд поставил не все те эксперименты, которые были необходимы для решения проблемы. Он пишет:

> Гулд экспериментировал как с танцовщицами, у которых оцеллы были блокированы, так и с интактными потенциальными рекрутами. Но он не поставил опытов с интактными танцовщицами и с рекрутами, оцеллы которых были покрыты черной эмалью. В результате, нельзя отрицать интерпретацию, противоположную выводам Гулда. Например, можно предположить, что интактные фуражиры воспринимали свет, отклоненный влево от направления, противоположного силе тяготения, и летели правее направления на кормушку 1 под тем же самым углом, компенсируя таким образом отклонение светового луча. В этом случае информация, получаемая из танца, могла не говорить ни о чем (become insignificant) (Ohtani 1983).

2) «*Эффект Веннера*». Охтани рассматривает далее схему опыта, которая, по мнению Гулда, соответствует «методу тренировки, применяемого Веннером». «Гулд интерпретировал полученный результат, — пишет Охтани, — таким образом, что пчелы использовали главным образом запаховую, а не языковую информацию. Почему тогда они не посещали “правильные” кормушки, используя информацию, полученную из танца, даже при условии, что в этом месте присутствовали адекватные запаховые стимулы» (Ohtani 1983).

Приведя далее пример поискового поведения пчел в естественных условиях, Охтани пишет: «Независимо от всего прочего, постановка опытов Веннера больше соответствует тому, что имеет место в природе, где нет никакой необходимости в информации, получаемой из танцев» (Ohtani 1983).

3) *Позиция Фриша.* Охтани останавливается на таком факторе, как пахучий след, оставляемый в воздухе регулярными фуражирами, и замечает, что Фриш не принимал его во внимание. Далее он рассматривает опыт Гулда, отрицающего эту проблему, и пишет: «В своих объяснениях Гулд делает особое ударение на информацию, представленную им на рис. 4C. Однако модельную кормушку, предписанную “ложной” информацией, посетило меньшее количество

рекрутов [D в статье Гулда]. При всем при этом можно допустить, что прилет пчел был обусловлен «ложной» информацией» (Ohtani 1983).

4) *Информация о расстоянии.* В этом пункте Охтани подвергает критике интерпретации, предложенные Фришем. Речь идет о числе циклов танца в единицу времени, как вероятном показателе расстояния от улья до места кормежки. Охтани удалось показать, что танцы, призванные указать дистанцию более 400 м, не отличаются от выполняемых во всех прочих условиях, что указывает на отсутствие у них коммуникативной функции.

Охтани анализирует эксперименты Гулда в сравнении с результатами Эша и Бастиана, а также Фриша. Он приходит к выводу, что в опытах, которые, как полагают, демонстрируют использование пчелами информации о направлении, были получены данные, противоречащие гипотезе, согласно которой они используют информацию о расстоянии. Как мы показали выше, справедливо также обратное: опыты, призванные продемонстрировать использование информации о расстоянии, часто приводили к результатам, опровергающим гипотезу об использовании информации о направлении (см. гл. 6).

Из всего сказанного Охтани делает следующий вывод:

> Я надеюсь, что теперь ясно следующее. «Теория языка танцев», которая подается как факт в школьных учебниках и которая получила Нобелевскую премию в 1973 г., будучи уже поставлена под сомнение, не может считаться доказанной... Гулд (1975*a*) утверждает, что в эволюции невозможно возникновение ничего такого, что не имело бы некой функции, и потому танцы должны быть языком (Ohtani 1983).

В этом отрывке Охтани подчеркивает приверженность адептов гипотезы языка танцев во главе с Гриффином (Griffin 1984) и Гулдом (Gould 1976) к телеологическим объяснениям. Он также весьма проницательно раскрывает суть подхода, при котором простые корреляции рассматриваются как причинно-следственные категории, что столь характерно для научно несостоятельного принципа верификации гипотез. Охтани пишет:

> Я полагаю, что обнаружение Фришем информации о направлении и расстоянии [в танцах пчел] следует приписать острой наблюдательности, свойственной *Homo sapiens*. Когда я вижу мою собаку, которая собирается бежать, я могу по той позе, в которой она сидит,

> даже спиной ко мне, и по ее общему состоянию понять, в каком направлении и на какую дистанцию она побежит. Но из этого я не стану заключать, что все это собака сообщает мне «языком своего тела» (Ohtani1983).

Мы видим, что Охтани сохранил свой скептицизм перед лицом великого множества косвенных свидетельств, выдвигаемых поборниками гипотезы языка танцев в ее пользу.

Реннер и Хейнзеллер (1979): фуражиры с блокированными оцеллами

Мы не можем пройти мимо еще одного примера того, в какой степени хватка парадигмы способна оказывать давление на интерпретациию фактов. В эпизоде, о котором пойдет речь, двое названных исследователей дискредитировали, вовсе того не желая, экспериментальный прием, использованный Гулдом. Речь идет о блокировании черной эмалью оцелл у фуражиров, чтобы изменить направление («misdirect») прямолинейного пробега в их танцах.

Дело в том, что у пчел (как и у многих других насекомых) помимо двух фасеточных глаз есть три маленьких простых глаза, именуемых оцеллами. Они располагаются по углам треугольника между крупными фасеточными глазами. И хотя им было посвящено немало исследований, о возможной функции оцелл известно немного.

В своих «решающих» экспериментах Гулд (Gould 1975*a*, *b*, *c*) блокировал эти оцеллы. Используя этот прием, он надеялся получить возможность манипулировать информацией о направлении, транслируемой фуражирами рекрутам. Он намеревался направить потенциальных рекрутов по «неверному пути» к кормушкам, размещенным в разных направлениях от улья. Как показали Росин и Охтани (см. выше) результаты этих опытов оказались спорными.

Из экспериментов Реннера и Хейнзеллера следует, что закрашивание оцелл весьма серьезно влияет на ориентацию фуражиров в полете. Однако принадлежность этих исследователей к школе реалистов помешала им понять, что опыты Гулда могут быть неубедительны.

Реннер и Хейнзеллер предприняли свои опыты, чтобы прояснить противоречия в ранее опубликованных работах, посвященных способности к полету пчел и других насекомых с блокированными

оцеллами. Они использовали разные блокирующие агенты и пришли к выводу, что не все они равно эффективны в предотвращении поступления света в эти органы зрения. Оказалось, что при полном блокировании фуражиры не возвращаются в улей. Исследователи пишут: «Из 16 особей, блокировку оцелл у которых мы считаем полной, только три появились в месте прикормки. Они прилетели сюда с большим опозданием, и все 16 умерли в течение трех дней» (Renner, Heinzeller 1979: 227).

Эти данные имеют прямое отношение к опытам Гулда. Результаты его экспериментов оказываются под сомнением, поскольку неизвестно, насколько полно в них были блокированы оцеллы. Если мы принимаем результаты Реннера и Хейнзеллера, то приходим к выводу, что при эффективном блокировании оцелл пчелы просто не способны ориентироваться в пространстве. Что в таком случае можно сказать о схеме экспериментов Гулда? Позволительно также спросить: как Реннер и Хейнзеллер должны трактовать полученные ими результаты в свете исследований Гулда?

В период постановки собственных опытов Реннер и Хейнзеллер находились уже в лагере приверженцев гипотезы языка танцев. Поэтому неудивительно, что они не обратили внимания на принципиальное несовпадение своих результатов (неспособность их экспериментальных пчел к ориентации) с данными Гулда (такие пчелы могут ориентироваться и транслировать искаженную информацию). Поэтому мы читаем:

> В отношении изящных опытов Гулда (Gould 1974) с фуражирами, у которых были блокированы оцеллы, можно сказать, что блокировка была неполной и не лишала их способности к полету, но достаточной в плане уменьшения чувствительности к свету лампы, имитирующей солнечный свет в улье (Renner, Heinzeller 1979: 227).

Так ловушка парадигмы избавила гипотезу языка танцев от очередного кризиса.

Одно из главных положений, которые Росин пыталась донести до нас, было более чем сто лет назад рассмотрено Клодом Бернаром:

> Да, атакуя природу всевозможными вопросами, экспериментатор заставляет ее раскрывать свои секреты; он никогда не должен спрашивать ее или выслушивать ответы, полагаясь только на те

результаты опытов, которые поддерживают или подтверждают его гипотезу. Позже мы убедимся в том, что такой образ действий — это один из самых опасных камней преткновения на пути применения экспериментальных методов... [Экспериментатор] должен предложить природе свою идею и быть готовым, что она будет отвергнута ею, с тем чтобы он изменил или заменил ее в соответствии с наблюдениями над феноменом, который он изучает (Bernard 1865/1957: 23).

14

Противостояние вокруг языка танцев: конфликт между парадигмами

Античные мыслители предпочитали аргументы экспериментам. В те времена выдающиеся персоны рассуждали об истинности и ложности мнений. Сегодня люди оперируют экспериментальными данными.

— Бейзин (Bazin 1744: 90—91)

Если вы заранее знаете, что вы собираетесь делать и даже что обнаружите в результате, это вовсе не исследование, но деятельность, удовлетворяющая собственное тщеславие...

— Альберт Сент-Дьердьи (Szent-Gyorgyi 1971: 1)

Наиболее трудная задача для ученого — отделить зерна от плевел.

— Сьюзен Коззенс (Cozzens 1985: 1267)

Прошло более 20 лет[35] с тех пор как Кун опубликовал свою книгу, рассчитанную на широкий круг читателей. В ней он показал определяющую роль «хватки парадигмы» в деятельности ученых. Основная идея выражена в следующих словах Штернберга: «Ученые нередко не отдают себе отчета в истинной сути той модели, которая определяет направление их исследований. Многие даже не осведомлены о конкретных ограничениях, налагаемых на исходные посылки, которые положены в основу такой модели» (Sternberg 1985: 1111).

В те дни, когда возникло противостояние вокруг языка танцев, мы не знали, что подходу, которому мы следовали, присуще ограниченное поле зрения и уязвимость с точки зрения методологии науки. Понимание пришло позже, вместе с любопытством в отношении того, почему результаты наших опытов и их интерпретации были столь активно отвергнуты научным сообществом (см., например, прил. 4 и 5). Это любопытство, в свою очередь, заставило нас пережить двадцатилетнее «отчаянное приключение», в ходе которого мы погрузились в изучение философии, социологии и психологии науки, их роли в научном процессе и влиянии на другие стороны жизни ученого.

Так мы выяснили, что каждый ученый работает, сознательно либо неосознанно, в рамках ограничений, накладываемых тем или иным методологическим подходом. Было бы интересно задать биологу вопрос: «Каким философским принципам Вы следуете в Вашей работе?». Этот вопрос, кажущийся на первый взгляд безобидным, легко может вызвать непонимание или даже недовольство. Дело в том, что часто исследователь не имеет четко сформулированного ответа или вообще не знает, о чем идет речь.

Оказалось, что Томас Кун пошел в понимании такой ситуации гораздо дальше профессиональных философов науки. О «полезности» его точки зрения говорят многочисленные позитивные ее оценки на протяжении последующих трех десятилетий. Для многих стало понятно, что «плен парадигмы» и традиции идут рука об руку с системой вознаграждения ученых, осуществляемой тем или иным способом. Так что она имеет глубокие социальные корни. Данные экспериментов должны находиться в соответствии с методологией, превалирующей в данном локальном научном сообществе.

В некоторых случаях подавление креативных исследований под влиянием господствующей методологии может быть весьма жестким, причем гонители даже не отдают себе отчета, в чем, собственно,

[35] Книга вышла в свет в 1990 г. (прим. ред.)

состоят глубинные мотивы их отрицательной реакции. К сожалению, ученый, который глубоко заинтересован методологической стороной своих исследований, либо тот, кто придерживается методологии, отличной от общепринятой, рискует быть выброшенным из главного русла, в котором движется его научное окружение.

Наш опыт взаимодействия с научным сообществом

На первых этапах разработки нашей исследовательской программы мы не собирались апеллировать к аргументам из области философии науки. В то время, как показывает хронология наших изысканий (гл. 7—10), понимание механизмов движения научного процесса еще только зарождалось. Все началось с обнаружения звуков, сопровождающих виляющий танец пчел. Тогда мы создали для себя «мысленный образ», говорящий о том, что эти звуки и есть истинный носитель информации, и что как раз с их помощью «язык танцев» транслируется фуражирами (в полной темноте улья) в адрес рекрутов.

Мы стали искать подтверждения этой идеи, двигаясь вперед в соответствии с принципом верификации (см. гл. 7). Наши попытки использовать с этой целью «искусственную» пчелу привели лишь к отрицательным результатам (см. прил. 14). Случай помог нам понять, что у пчел легко вырабатывается условный рефлекс на совершенно нейтральные стимулы (такие, как слабое движение воздуха). Это открытие, в свою очередь, повлекло за собой понимание того, что многое в поведении пчел, трактуемое в качестве свидетельств использования ими «языка танцев», может быть вполне адекватно объяснено их условнорефлекторной деятельностью.

Ряд других событий привел нас к пониманию эвристической ценности принципа фальсификации (см. гл. 9 и прил. 4), а затем и к подходу, основанному на «строгих умозаключениях» (гл. 10). В результате мы стали первыми, кто решил протестировать гипотезу языка танцев через 20 лет после ее появления. В соответствии с рекомендациями Карла Поппера мы использовали здесь принцип фальсификации. К сожалению, никто из членов научного сообщества, имевшего отношение к проблеме, не последовал нашему примеру. Вместо этого продолжались попытки доказать истинность гипотезы путем накопления свидетельств, якобы верифицирующих ее, а также имитаций ее тестирования (гл. 12 и 13).

В ходе всех этих событий мы прошли длинный путь, схематически изображенный на рис. 3.1 и в заставке к этой главе — двигаясь от одного методологического подхода к следующим. Первоначально мы не избежали того, что именуется в книге «созданием мысленного образа» исследуемых явлений (а именно, что пчелы могут транслировать содержательную информацию посредством звуковых волн). Затем мы работали в стиле школы реалистов, упорствуя в попытках доказать истинность этой точки зрения, в корне неверной. Еще позже, столкнувшись с новыми аномалиями, мы были вынуждены спланировать эксперименты с двойным контролем, которые стандартно используются в психологии и других науках. И наконец, мы обратились к подходу, основанному на «строгих умозаключениях», применяемому, благодаря его высокой разрешающей способности, в генетике и микробиологии.

Наше присоединение к школе релятивистов стало своего рода пробуждением, переходом к необходимости осознания важности методологических основ науки. Это освободило нас от концентрации внимания на поисках доказательств истины. Мы оказались перед лицом свободного поиска, полагая, что истина рано или поздно восторжествует. Это не освобождало нас от возможности вернуться на время назад, в лоно школы реалистов, чтобы подойти с самого начала к непредвзятому изучению неизвестных еще особенностей поведения пчел.

Здесь можно провести параллель с человеком, сменившим пишущую машинку на компьютер. При его отсутствии обратный переход, вызванный временной необходимостью, не составит никакого труда.

Комплексный характер противостояния вокруг языка танцев

Это противостояние оказалось гораздо более многоплановым по сравнению с теми, что были известны ранее, и именно здесь особенно уместно замечание Штернберга, гласящее, что «ученые нередко не отдают себе отчета в истинной сути той модели, которая определяет направление их исследований». В этой связи можно усомниться в том, что сами приверженцы гипотезы языка танцев смогли бы договориться друг с другом относительно истинного ее содержания и предсказаний. Также маловероятно, что они смогли бы прийти к соглашению о том, на какие именно вопросы должен ответить адекватный тест на ее

истинность, соответствующий общему принципу тестирования гипотез в науке.

Комплексный характер противостояния в нашем случае обусловлен тем, что существует по меньшей мере пять конкурирующих друг с другом парадигм, непосредственно касающихся гипотезы языка танцев. При этом мало вероятно, чтобы два адепта этой гипотезы придерживались бы одной и той же их комбинации. Ниже мы перечислим эти парадигмы и попытаемся показать, в чем состоит трудность оперирования с каждой из них.

1) *Школы реалистов и релятивистов.* Опубликованные высказывания приверженцев гипотезы языка танцев показывают, что большинство из них принадлежит к школе реалистов. Они уверены, что гипотеза «закрыта для дальнейшего обсуждения». Такая позиция зиждется главным образом на телеологических объяснениях увиденного, например: «Информация, содержащаяся в танце, должна служить для чего-нибудь, иначе такое поведение было бы отброшено естественным отбором».

Другие адепты гипотезы могут оказаться стойкими приверженцами школы релятивистов. Они могут догадываться, что доказательства, противоречащие гипотезе языка танцев, пока еще недостаточны для ее опровержения. Возможно также, что им неизвестны новые негативные данные или несоответствия в экспериментальных результатах, предоставленных ранее сами Фришем (Frisch 1947; см. также гл. 6). Они могут не знать и о противоречиях, внутренне присущих подходу Джеймса Гулда и схемам постановки его экспериментов (см. гл. 13), ни о и преимуществах опытов, проводимых в традициях школы релятивистов (как это описано в гл. 9 и 10).

2) *Подтверждать гипотезу или тестировать ее?* Вновь и вновь мы читаем и слышим, что существует множество фактов, подтверждающих гипотезу языка танцев. Совершенно очевидно, что многие ее сторонки привержены принципу верификации в традициях школы реалистов. Некоторые из них считают, что успешное повторение опытов того типа, что были поставлены Фришем, есть адекватное *тестировани*е гипотезы. Для других сам факт присутствия информации о направлении и расстоянии в маневрах танцовщицы кажется достаточным, чтобы принять гипотезу.

В то же время, широко распространено ошибочное представление (которого и мы сами придерживались в начале наших исследований), что Фриш с учениками тестировали гипотезу (по принципу нулевой гипотезы), прежде чем остальные приняли ее как свершившийся

факт. Однако из разговоров с теми, кто думает так, выяснилось, что они полагаются при этом на вторичные источники (в том числе, на популярную литературу). Сейчас для нас ясно, насколько те могут дезориентировать читателя. При постановке экспериментов необходимо принимать во внимание исключительно первоисточники.

3) *Язык танцев или поиски источников пищи по запаху?* Внутренний смысл этой оппозиции, пожалуй, наиболее затемнен в литературе. Многие биологи, изучающие поведение ночных бабочек и прочих насекомых, или преподающие этот предмет студентам, знают, что все эти существа находят пищу по запаху (анемотаксис; см. гл. 5 и прил. 11). Но те же самые ученые могут подписаться под гипотезой языка танцев и рассказывают о ней студентам. Здесь проявляется раздвоение сознания, в том смысле, что поисковое поведение медоносной пчелы оказывается исключением из закона, которому подчиняются все прочие насекомые.

С другой стороны, немало исследователей работают в рамках парадигмы поиска по запаху. Они не обязательно принимают гипотезу языка танцев, но хранят молчание, не выступая против нее. Мы надеемся, что в конце концов они поймут, насколько благоприятным объектом может стать медоносная пчела для такого рода исследований.

4) *Поведение насекомых и поведение человека*. Рут Росин становилось не по себе при одном упоминании о том, что у пчел может быть «язык» (см. гл. 13). Правда, некоторые верят в то, что пчелы могут обладать качествами, которые обычно считают присущими только человеку (например, Griffin 1984; Gould, Gould 1988). С другой стороны, среди сторонников гипотезы языка танцев немало таких, кто не верит, что пчела может существенно отличаться от прочих насекомых, но они никогда не пытались взглянуть на этот вопрос в более широкой перспективе. Им было бы полезно ознакомиться с эссе Карла Поппера «Проблема разума и тела» (Popper 1977/1985), в которой он касается трудностей, присущих самой вере в существование «языка» у пчел.

Есть еще одна любопытная сторона в изучении поведения пчел — человек, вовлеченный в эту деятельность, может оказаться привязанным на эмоциональном уровне к своему объекту, рассматривая этих поистине замечательных насекомых как «вторых после человека», и тем самым наделяя их некими сверхспособностями. Когда такой антропоморфический подход соединяется с телеологическим стилем мышления (см. выше, пункт 1), беспристрастные исследования становятся почти невозможными. Этот пыл, близкий к религиозному, очень легко передается обывателю.

Микробиолог никогда не полюбит исследуемых им существ. Не должен поддаваться этому чувству и исследователь пчел, даже если в глубине души он их обожает. То же можно сказать в отношении функций поведенческого паттерна, приписывая ему статус инновации, «задуманной» природой для какой-то определенной цели.

5) *Закономерности на индивидуальном и популяционном уровнях.* Мы подозреваем, что огромное большинство приверженцев гипотезы языка танцев ограничивают свой взгляд преимущественно взаимодействиями между особями в улье (реже — вне его). Но есть и такие, кто решились рассматривать процесс рекрутирования в качестве популяционного феномена, как это делаем мы. В то время как особь, разыскивающая пропитание, может действовать случайным образом, наугад, коллективная деятельность обитателей улья подчиняется, как мы думаем, закономерностям, которые описываются той или иной математической моделью (см., например, прил. 13).

Мы перечислили несколько пар конкурирующих парадигм (возможно, не все), существование которых делает противостояние вокруг гипотезы языка танцев столь многоплановым и, в то же время, столь увлекательным для методолога науки. Ученый может придерживаться одной крайности или другой, либо занять некую промежуточную позицию, в зависимости от того, какая комбинация этих парадигм ему ближе.

Наша точка зрения на процесс получения новых знаний

Мы пропагандируем множественный подход в научном исследовании, который находится в соответствии с замечанием П. Фейерабенда — «годится все» (Feyerabend 1975). Нам кажется, что научный процесс во многом подобен искусной работе детектива. Поэтому полезно использовать не тот единственный подход, который может выглядеть традиционным, а сразу несколько разных. Такой способ действий позволяет полнее понять исследуемое явление.

В прежние времена в конкретном исследовании обычно применяли какой-то один из четырех подходов, которые мы рассмотрим ниже. Это «создание мысленного образа» (открытие), верификация гипотезы, поддержка гипотезы невозможностью фальсифицировать ее и строгое умозаключение (см. гл. 2, 3 и рис. 3.1). Этот рисунок, данный упрощенно в начале главы, поможет ориентироваться в дальнейших пояснениях.

Создание мысленного образа

Процесс получения нового знания в науке включает в себя в качестве неустранимой отправной точки озарение, предполагающее возможность нестандартного объяснения исследуемого явления. Возможно также «переоткрытие» индивидом ранее высказанной идеи, которая в данной области знаний длительное время находилась под спудом коллективного сознания (как это случилось с гипотезой поиска пчелами источников пищи по запаху).

Того, кто выдвинул принципиально новую гипотезу, можно считать (по крайней мере, на данный момент) принадлежащим к школе релятивистов. Если такая персона обладает достаточным энтузиазмом, она будет пытаться привлечь на свою сторону прочих членов научного сообщества (Kuhn 1962/1970*a*; Atkinson 1985).

В этом контексте очень важно слово *открытие*. Следует понимать, что новатор открывает не реально существующую «истину», но лишь придумывает новую интерпретацию исследуемого явления.

Верификация

Подтверждение справедливости обнаруженного ранее — это неустранимый элемент научного прогресса. Прежде чем будет установлено, что полученные данные достоверны, необходимо показать их воспроизводимость. При этом, однако, в некоторых отраслях знаний лишь немногие, по-видимому, отдают себе отчет в том, что успешные повторения экспериментов с неадекватным контролем не в состоянии дать убедительного подтверждения гипотезы.

Важное понятие в этой сфере обозначается словом *доказательство*. Необходимо отдавать себе отчет в том, что совсем не трудно накопить свидетельства, подтверждающие данную точку зрения (см., например, Popper 1957), особенно если игнорировать противостоящие ей.

Фальсификация

В начале прошлого века Карл Поппер сформулировал положение, согласно которому чем дольше гипотеза сопротивляется попыткам ее фальсификации, тем ближе она к «истине» (в понимании последователей школы реалистов). Однако позже этот подход, в основе которого лежит принцип нулевой гипотезы, все чаще подвергался критике (см., например, Mahoney 1976).

Слабость этого подхода проистекает из того факта, что сама схема постановки экспериментов может диктоваться господствующей парадигмой. Может оказаться, что операция, которая выглядит как тестирование гипотезы, на самом деле таковой не является. Такое возможно, если формальные приемы, использованные исследователем (в частности статистические методы обработки результатов) чересчур усложнены, так что суть сделанного оценить трудно или невозможно. В таком случае ложная уверенность в верности интерпретаций может вылиться в представление, что достигнуто истинное понимание «реальности».

Строгое умозаключение

Когда подход, основанный на применении этого подхода, именуемого также принципом множественных умозаключений, привычным образом осуществляется в стенах лаборатории или в полевых условиях, в исследовательском коллективе царит подъем духа. Открываются все новые и новые идеи, альтернативные объяснения постоянно противопоставляются друг другу. Здесь каждый знает, где следует применить принципы верификации либо фальсификации, чтобы сделать очередной шаг в процессе познания нового. Так происходит продвижение исследователя в сторону понимания принципов школы релятивистов.

Следует, однако, заметить, что подход, основанный на принципе строгих умозаключений, нельзя рассматривать как некую панацею. Лишь в том случае, если результаты в пользу одной из конкурирующих гипотез полностью отвергают другую, может иметь место мощный бросок на пути к дальнейшему углубленному понимания происходящего.

В итоге можно сказать, что в науке, как коллективной деятельности, максимальная креативность может быть достигнута лишь при

одновременном применении всех четырех рассмотренных методологических подходов. Каждый из них имеет свое место в цепи исследовательских операций. Бесстрастное «изучение» и создание мысленного образа (открытие) оказываются первичным толчком в желании узнать больше, но за этим должна последовать проверка данных на воспроизводимость (верификация) в традициях школы реалистов. Однако нельзя позволить гипотезе застыть в бесконечных утомительных попытках ее дальнейшей верификации, поскольку в таком случае она рискует превратиться в «правящую теорию». Сразу же по окончании процесса верификации желательно предпринять попытки фальсифицировать ее.

Не следует думать, что в том случае, если гипотеза не поддается фальсификации, ее можно воспринимать как «доказанную» теорию. Случись такое, она легко может приобрести все тот же статус «правящей теории», то есть превратится в догму (см., например, Chamberlin 1890/1965).

Впрочем, наилучший способ действий — это сразу встать на позиции релятивистов. В таком случае первым шагом будет создание мысленного образа на базе предшествующего «изучения» явления, а затем — выдвижение альтернативного объяснения уже существующим гипотезам. Затем последуют эксперименты на основе принципа множественных умозаключений, суть которого — в тестировании гипотез в их противопоставлении друг другу, так чтобы результат, полученный в пользу одной из них, одновременно аннулировал другую.

Совершенствование способности быстро переходить от подходов реалистической школы к тем, которые отвечают традициям релятивизма, и обратно, есть, по нашему мнению, свидетельство научной зрелости. Среди многих других исследователей Джон В. Томпсон, Клод Бернар, Луи Пастер, Чарльз Дарвин, Морис Метерлинк и Барбара МакКлинток преуспели на поприще науки благодаря их способности увидеть вещи в ином свете, чем это диктовалось «мудростью большинства».

Что касается противостояний в науке, то они возникают каждый раз, как только приверженцы школы реализма бросаются отстаивать господствующую сегодня парадигму.

Противостояния как неотъемлемый компонент научного процесса

Итак, противостояние есть следствие любой серьезной попытки выступить против идей, которые на сегодняшний день «приняты всеми». Иными словами, противостояние — это «горючее» для машины научного прогресса. Чтобы она двигалась вперед, ученый должен придерживаться вполне определенной линии поведения, которую схематически можно обрисовать следующим образом.

1. Гипотеза и ее предсказания должны быть сформулированы эксплицитно, явным образом, и быть внутренне непротиворечивыми.
2. Прежде чем гипотеза может быть принята *предварительно*, эксперименты должны быть неоднократно повторены кем-то помимо их автора.
3. *Копирование* опытов по той же схеме, как они были поставлены автором гипотезы, нельзя рассматривать в качестве попытки проверить ее (см., например, Broad, Wade 1982: 77).
4. Сторонники гипотезы должны сами объяснить, что именно они считают ее адекватным тестированием.
5. Только в этом случае гипотеза может быть адекватно тестирована ее автором и другими участниками процесса.
6. *Тестирование* гипотезы есть необходимая научная процедура и не должна восприниматься автором как некий выпад против него.
7. Аргументы против гипотезы должны не отбрасываться, а сознательно накапливаться.

Все (или почти все) эти самоочевидные принципы были многократно нарушены научным сообществом в ходе противостояния вокруг гипотезы языка танцев. Например, Фриш ни в одной из его многочисленных публикаций не указал, какими, в соответствии с предсказаниями гипотезы языка танцев, должны быть 1) время полета пчелы от улья до цели и 2) процент успешных прилетов к ее местонахождению. Он лишь использовал такие расплывчатые выражения, как «полет напрямик», которые могут быть истолкованы множеством различных способов.

Необходимо также сознавать, что «человеческий фактор» есть неустранимый компонент любого научного противостояния. Поистине революционная идея, если она будет принята многими, может оказаться угрозой для других участников научного процесса. В самом деле, вся карьера и самооценка большого количества ученых могут

быть поставлены под сомнение, если выяснится, что большую часть жизни они работали в рамках парадигмы, оказавшейся неадекватной. И чем дольше гипотеза живет как «установленный факт», тем большим будет сопротивление попыткам отбросить ее.

В быстро развивающихся отраслях (таких, например, как микробиология и генетика), по мере того как ученые все лучше осознают основополагающую роль противостояний в научном прогрессе, такого рода события оказываются заслуживающими внимания как таковые. Так, Лаборатория истории морской биологии (Marine Biological Laboratory History of Science) выпустила в 1987 г. целую книгу под названием «Противостояния в науке: когда эксперты не согласны друг с другом». Тогда Юдифь Андерсон писала:

> Противостояние совсем не обязательно рассматривать как нечто разрушительное: некоторые считают, что это душа роста и развития... Чтобы покончить с противоречиями, ученым прежде всего следует понять, в чем его суть. К сожалению, они «делают» науку, а не рассуждают о ней. Слишком часто дебаты о том, что есть наука и как она функционирует, ведутся в аудитории «высоколобых» или на страницах специальных философских журналов (Anderson 1988: 18).

Научные противостояния разрешаются таким же образом, как противоречия в нашей повседневной жизни. Те ученые, которые непосредственно вовлечены в противостояние, обычно не склонны к примирению с оппонентами. Поэтому более вероятно, что установлению консенсуса в сфере назревшей проблемы будет способствовать кто-либо «со стороны», из тех, кто хорошо осведомлен об основных принципах методологии науки (см., например, Moore 1988).

Распространенное мнение, будто бы противостояние сходит на нет благодаря деятельности молодых ученых, может быть подвергнуто сомнению. Приверженцы этой точки зрения склонны приписывать такую роль молодым, считая, что они приходят в науку без предвзятых взглядов в пользу истинности господствующей парадигмы.

Мы не можем согласиться с этим мнением по трем причинам. Во-первых, человек, не имеющий образования и опыта в области социологии науки, едва ли уяснит себе важность межперсональных отношений в сфере противостояния. Во-вторых, как раз молодые нередко особенно стремятся стать членами научного истеблишмента и принимают господствующую парадигму как гарантию успеха на

этом поприще. И, в-третьих, они слишком часто бывают вынуждены «вести себя правильно», поскольку в противном случае их продвижение по карьерной лестнице может оказаться замедленным.

Неверно также бытующее среди ученых мнение, согласно которому наиболее важным фактором в улаживании конфликта может быть качество эмпирических данных, предоставляемых той или другой стороной. Самые качественные результаты (например, полученные в решающем эксперименте) не могут достаточно быстро переубедить тех, кто на эмоциональном уровне подвластен «теории-любимчику». Причина в том, что сама парадигма диктует участникам противостояния, как именно следует рассматривать противоречащие ей данные. Иными словами, адекватность данных, которая играет решающую роль на стадии завершения противостояния, оказывается необходимой, но недостаточной на предшествующем его этапе. Так, например, характер поискового поведения пчел, как его мыслят себе поборники гипотезы языка танцев, не вписывается в ее догматы. При этом, однако, никто из них не заметил этого (см. прил. 13).

Если бы противостояние могло быть улажено на основе перечисленных факторов, это потребовало бы немного времени. На самом деле, гипотезы продолжают жить до того момента, как они перестают быть «полезными» (Schram 1979; Wenner, Wells 1987). С другой стороны, сохранение гипотезы может устраивать тех или иных участников социополитического процесса долгое время после того, как она перестала быть полезной на научной арене. Таким образом, гипотеза сильно удлиняет срок своей жизни, если ее тылы держатся на мощных эмоциональных пристрастиях некоторых персон. Превалирующая гипотеза, утратив свою научную ценность, может оставаться базой для экспериментирования и порождает гипотезы-отпрыски, не несущие какого-либо глубокого содержания. Когда такое случается, дальнейший прогресс становится невозможным.

Стоит обратить внимание на тот факт, сколь долго совершенно ошибочные взгляды могут удерживаться в науке (см. Wenner 1989). Еще более серьезный вопрос состоит в том, в какой степени такие ошибочные представления пропагандируются, финансируются и, по сути дела, увековечиваются благодаря их единодушному одобрению со стороны «экспертов». Вспомним гипотезы полимерной воды и магнитной навигации у голубей, истории которых описаны Франксом (Franks 1981) и Муром (Moore 1988). В результате были зря потрачены годы и гигантские суммы денег, в то время как более прогрессивные

исследования не финансировались грантами (см. Muller 1980). Вот как об этом говорит Фейерабенд:

> Научно-популярные книги... распространяют базовые постулаты теории; они приводят аргументы в ее пользу, подбирая явления совершенно иного порядка, из отдаленных областей знания; деньги предоставляют тем, кто верен общепринятой линии, и отнимают у несогласных. В результате теория все в большей степени выглядит так, словно имеет надежные эмпирические обоснования (Feyerabend 1975: 43).

Можно лишь надеяться, что существующая ныне система грантов начнет мало-помалу освобождаться от руководящих ею бюрократов и пойдет по пути финансирования креативных, революционных исследований, осуществляемых теми, кто держится в стороне от проторенных путей. Для начала следует хотя бы предоставлять финансирование и возможность публиковаться в научных журналах представителям обеих конфликтующих сторон, вместо того чтобы отдавать трибуну только тем, кто следует господствующей парадигме.

Нужно ли при обучении студентов перенести акценты с анализа методов на анализ процесса науки? Мы считаем это необходимым. Сейчас в биологии почти повсеместно, на всех уровнях специального образования отсутствуют курсы философии, методологии и истории науки. Такое положение вещей должно быть изменено.

В этой связи стоило бы серьезно отнестись к рекомендации Джона Платта: «Статью Чемберлина [Chamberlin 1890]... следует прочесть каждому студенту, оканчивающему университет, и каждому профессору» (Platt 1964: 350). Полезно также вспомнить следующее замечание Ричарда Мюллера: «Инновационную науку, подобно малому ребенку, нужно вести за руку и всячески поощрять, но попытки, даже с самыми лучшими намерениями, направить ее по заранее заданному пути могут быть контрпродуктивными» (Muller 1980: 883).

Наука должна быть динамичной и захватывающей воображение. Но когда на нее смотрят как на «вещь», науку приходиться «засахаривать» и декорировать для лучшего восприятия ее широкой публикой. Именно об этом говорил Метерлинк, обсуждая работы в области изучения биологии пчел: «Тот факт, что в улье столь много чудес, еще не повод, чтобы добавлять к ним новые чудеса» (Maeterlinck 1901: 4).

Наука как *процесс* захватывает воображение, не будучи приукрашиваемой тем или иным способом. К счастью, способы обучения

«научным методам», в форме, практиковавшейся последние десятилетия, постепенно уходят, как кажется, из учебников биологии, предназначенных для колледжей. Но этот уход от упрощенного понимания научных методов не компенсируется введением руководств, которые иллюстрировали бы преимущества подходов, предлагаемых школой релятивистов. Не видно и того, чтобы научное сообщество постоянно и с готовностью воспринимало результаты истинно креативных, инновационных исследований. Достаточно ли ограничиваться в педагогической работе демонстрацией учащимся опытов с заранее известным исходом? Почему бы не ввести в курсы обучения студентов опыты, дающие аномальные результаты, чтобы помочь обучающимся понять, как следует вести себя в подобных ситуациях в их дальнейшей научной работе?

В этой книге мы попытались показать, что с какой бы стороны не подходить к науке, это интереснейшая сфера деятельности людей, в которой должно быть место юмору и терпимости даже при самых острых противоречиях между учеными. Иными словами, наука — это неотъемлемая часть того, что можно назвать человеческой комедией.

Эпизоды из истории науки

Приложение 1

Аристотель и рекрутирование у пчел

Цитаты из Аристотеля часто приводят, чтобы проиллюстрировать прогресс в науке. Однако истинный их смысл нередко бывает искажен при переводе на другие языки. Ученые далеко не всегда возвращаются к произведениям этого мыслителя с истинным желанием узнать, что именно он *хотел* сказать. Оказывается, Аристотель только дважды непосредственно касался вопроса о том, что происходит после возвращения успешного фуражира в улей и как пчелы взаимодействуют друг с другом в момент рекрутирования новых фуражиров.

Καθ' ἑκάστην δε πτῆσιν οὐ βαδίζει ἡ μέλιττα ἐφ' ἕτερα τῶ εἴδει ἄνθη, οιον ιἀπὸ ἴου ἐπὶον, καὶ οὐ θιγγάνει ἄλλου γε, ἕως ἄἴεὶς τὸ σμῆνος εἰσπε τασθῆ. Ὅταν δ' εἰς τὸ σμῆνος ἀφίκωνται, ἀποσείονται, καὶ παρακολουθοῦσιν ἑκάστῃ τρεῖς ἢ τέτταρες.

Дэвид Янг, профессор кафедры изучения классических языков в Калифорнийском университете, (Санта-Барбара) так перевел этот отрывок:

> На протяжении одного конкретного полета пчела посещает цветы только одного типа; например, она перелетает с фиалки на фиалку и на пути к улью не присаживается на какие-либо другие цветы. Возвратившись в улей, она разгружается, и три или четыре пчелы следуют за каждой вплотную (Aristotle (330 B. C.) 1931: кн. 9, стр. 40).

Профессор Янг, опираясь на свои глубокие познания в древнегреческом языке, интерпретировал это высказывание таким образом, что пчелы собираются вместе и сопровождают ту, которая снова вылетает за взятком. 300 лет спустя Вергилий писал, вероятно, о том же самом: «*Некоторые из них ведут молодежь наружу*, в то время как другие помещают в ячейки принесенную ими жидкость» (Virgil (30 В. С.) 1937: 88 — курсив наш).

Нечто, напоминающее высказывание Аристотеля, можно найти в произведениях Плиния Старшего, жившего в I в. н. э. (23—79 гг.), хотя он высказывается в несколько ином смысле: «Когда пчела до предела нагружена своей ношей, она возвращается домой. Здесь ее встречают три или четыре другие, которые помогают ей разгрузиться» (Кн. 11, разд. 10, стр. 22; перевод Г. Рэкема (Rackham 1967: 447)).

В английском переводе Аристотеля сказано: «На протяжении одного вылета за взятком пчела посещает цветы только одного вида растений (например, фиалки) и даже не дотрагивается до других, пока не вернулась в улей. Здесь она освобождается от своей ноши, и три или четыре пчелы следуют в улье за каждой, вернувшейся сюда» (Cresswell 1862: 262). Обратите внимание, что во второй фразе добавлены слова «в улье», хотя у Аристотеля они относятся только к первой.

Вероятно, первым, кто привлек внимание Фриша к высказыванию Аристотеля, был Д. Б. С. Холдейн (Frisch 1965; 1967a). В своей обзорной книге Фриш цитирует перевод Аристотеля на немецкий язык (Gohlke 1949), сделанный очень профессионально:

> Каждый раз, вылетая за взятком, пчела не присаживается на разные соцветия, но только на цветы какого-то одного сорта. Например, она перелетает с фиалки на фиалку и даже не дотрагивается до других цветов, пока не вернется в улей. Сразу же по возвращении сюда она освобождается от своей ноши, и за каждой следуют три или четыре пчелы (перевод на английский: Manfred Stader, Kurt Wenner).

Когда Л. Чедвик переводил на английский язык книгу Фриша, он не использовал приведенный там перевод интересующего нас места из Аристотеля, но взял английский перевод, ранее опубликованный Томпсоном (Thompson 1910):

> При каждом вылете из улья пчела не перелетает с цветка одного вида растений на цветок другого, но движется, скажем, с одной фиалки на другую и никогда не интересуется прочими цветами, пока не вернется в улей. В момент прилета в улей пчелы освобождаются

> от своей ноши, и за каждой при ее возвращении следуют три или четыре ее компаньона (Frisch 1967a: 6).

Словосочетание «при ее возвращении» отсутствует в оригинальном тексте Аристотеля, но оно не введет в заблуждение того, кто поймет, что речь идет о возвращении опытного фуражира в место ее предыдущей кормежки (личное сообщение Дэвида Янга).

Хотя приведенные версии перевода отчасти различаются, из каждой можно извлечь следующее содержание. Во-первых, пчелы кормятся на цветах только одного вида растений. И, во-вторых, за успешной пчелой следуют три или четыре других, когда она вновь покидает улей.

Нам известно только два исключения, нарушающие это единообразие в переводах текста Аристотеля. Одно можно найти во французском издании книги Фриша:

> При каждом своем полете [за взятком] пчела не перемещается с цветов одного вида растений на цветы другого; она перелетает, к примеру, с одной фиалки на другую, не прикасаясь ко всем прочим до того, как вернется в улей. Сразу же по возвращении сюда пчелы освобождаются от ноши и каждая оказывается в компании одного или трех компаньонов (перевод Яна Рикарда, личное сообщение).

Заметьте, что изменено количество пчел и что фуражир не «сопровождается» ими, а лишь пребывает в их компании. Значение второй фразы ближе к тому, что мы находим у Плиния Старшего, чем к оригинальной греческой версии.

Гораздо более серьезные изменения в цитату из Аристотеля внес Гулд:

> Более 2000 лет назад Аристотель заметил, что после того, как блюдечко с медом поставлено около улья, может пройти несколько часов или даже дней, прежде чем фуражир найдет его. Как только корм найден хотя бы одной пчелой, сюда начинают прилетать другие. Фуражир может, тем или иным способом, рекрутировать этих новичков. Аристотель думал, что рекруты попросту следуют за фуражиром (Gould 1976: 211).

Если последнюю фразу этого текста можно согласовать со сказанным Аристотелем (см. Gould 1975a) или с какой-либо версией из

числа приведенных выше, первые три фразы вы у Аристотеля не найдете. Зато они очень похожи на то, что написано у Фриша:

> Когда я хочу привлечь нескольких пчел, чтобы тренировать их для опытов, я обычно кладу на столик листки бумаги, пахнущие медом. После этого я вынужден ждать много часов, иногда несколько дней, прежде чем пчелы обнаружат, наконец, место прикормки. Но как только одна пчела найдет мед, другие появляются очень быстро, причем их может быть несколько сотен. Все они прилетают из того же улья, что и фуражир, который, очевидно, должен был известить их там о своем открытии (Frisch 1950: 53).

Любопытно, однако, что даже здесь возникает недоумение относительно приоритета истинного авторства этого пассажа, поскольку Фриш в действительности не использовал описанный им прием при тренировке пчел. Дело в том, что этот прием вообще не работает (см. прил. 9 и Frisch 1967a: 17). Кроме того, отрывок очень напоминает две последние фразы из описания похожей ситуации в работе немецкого натуралиста Эрнста Шпицнера (Spitzner 1788):

> Когда пчела нашла богатый источник меда, вернувшись домой она извещает об этом других следующим замечательным способом. Переполненная счастьем, она вальсирует кругами, несомненно для того, чтобы те заметили запах меда, принесенного ею на себе. Когда же она вылетает снова наружу, другие сразу же следуют за ней толпой (Ribbands 1953: 147; см. также Frisch 1967a: 6).

Заметьте, что последняя из приведенных здесь фраз по мысли аналогична той, что приведена у Аристотеля. В то же время, метод тренировки пчел, описанный Шпитцнером в другом месте, был не лучше того, о котором в 1950 г. писал Фриш (Wenner 1961).

Суммируя все сказанное здесь, остается все же не вполне ясным, что именно имел в виду Аристотель, поскольку, как сообщил мне Дэвид Янг, его слова трудно истолковать однозначно. Шло время, и эта цитата в более или менее искаженной форме появлялась в трудах других натуралистов. Нечто похожее мы находим у Плиния Старшего, затем, в конце XVIII в., отголоски той же цитаты слышны в работе Шпитцнера. Позже нечто подобное описывает Фриш, а ему почти буквально вторит Гулд. В последнем случае, однако, уже ничего не остается от оригинального высказывания Аристотеля.

Приложение 2

Эдвард Дженнер и история вакцинации людей коровьей оспой

До начала XIX в. вирус из гноя больных легкой формой оспы использовали для инъекций здоровым людям в качестве прививки, в надежде что менее вирулентный прививочный материал предохранит их от болезни в острой форме. Прием действовал не во всех случаях, и многие, привитые таким образом, умирали. Эдвард Дженнер положил этому конец, положившись первоначально на случайное наблюдение и прибегнув затем к непроверенной методологии. Оба этих подхода в наши дни осуждаются.

В 1798 г. Дженнер опубликовал короткую статью под названием «Изучение причин и следствий variola vaccinae — болезни, распространенной в западных частях Англии, в частности в Глостершире, и известной под названием "коровья оспа"». В этой работе он писал, что на руки людям, работающим с лошадьми, иногда попадает гной с копыт животных, больных «подседом». Затем при доении коров они заражают их так называемой коровьей оспой. От коров, в свою очередь, заражаются доярки. После этого они оказываются иммунными к страшному вирусу оспы.

Исследование, описанное Дженнером, *нельзя* рассматривать в качестве примера научной постановки гипотезы и ее тестирования в соответствии с принципами, принятыми в науке сегодня. Как писал Камак, идея Дженнера об иммунитете против оспы возникла после случайного разговора с молодой крестьянкой, пришедшей к нему на врачебную консультацию. Когда Дженнер расспрашивал ее, нет ли в деревнях случаев оспы, она сказала: «Я не могу заболеть ею, так как я уже болела коровьей оспой» (Camac 1909/1959: 207).

Дженнер воспринял эти слова со всей серьезностью и начал собирать косвенные свидетельства в пользу такой возможности (изучение и верификация — см. рис. 3.1 в гл. 3). В упомянутой статье Дженнера он привел 17 случаев, подтверждавших идею. Эта работа замечательна как пример того, что единственный случай, который остался бы не-

замеченным многими, послужил основой накопления важных фактов, подкрепленных затем остроумными экспериментами.

Важный момент в этой истории состоит в том, что Дженнер поверил «мысленному образу» (см. гл. 3), родившемуся в среде простых людей, согласно которому инфицированные коровьей оспой приобретают иммунитет против оспы. Он стал приверженцем (became «converted») этой идеи после того, как ознакомился с подтверждающими ее фактами, и продолжал верифицировать ее истинность. Нам не известно, сколько опытов провел Дженнер, прежде чем решился на продолжение экспериментальной работы.

Эти последующие эксперименты описаны в его классической статье и в других его работах. Сегодня эти опыты следует рассматривать как недопустимые с точки зрения научной этики, поскольку они ставились на людях. В одном эксперименте Дженнер получил «прямые свидетельства», во многих других — лишь косвенные.

Дженнер привил вирус оспы мальчику, болевшему ранее коровьей оспой. Тот не заболел, лишь в месте укола у него образовался гнойный прыщ. После этого вирус из этого места был последовательно введен, от одного к другому, пяти пациентам, болевшим перед этим коровьей оспой. Никто из них не заболел оспой.

Наконец, вирус из гноя последнего, пятого из этих испытуемых был привит человеку, не болевшему ранее коровьей оспой. Тот заболел, что было воспринято Дженнером как «прямое свидетельство» справедливости его идеи. Он писал: «эти опыты вполне удовлетворили меня. Они доказали, что вирус, переходя от субъекта к субъекту, за пять генераций не утрачивает своих первоначальных болезнетворных свойств» (цит. по: Camac [1909] 1959: 229).

Дженнер специально останавливается также на вопросе о важности экспериментальных методов:

> Те, кто не имеет привычки ставить эксперименты, может не осознавать, сколь они важны, чтобы совпадения в обстоятельствах могли быть достоверны в качестве закономерности. Как часто человек, профессионально преследующий некую идею, склонен остановиться перед обескураживающим его несоответствием, когда работа столь близка к завершению (цит. по: Camac [1909] 1959: 230).

На первый взгляд кажется, что практика вакцинации вирусом коровьей оспой для защиты от оспы должна была быть принята обществом как можно быстрее, как это случилось бы сегодня. Однако этого

не произошло, во многом из-за недоверия публики к процедуре любых прививок.

В книге «История борьбы науки с религией», вышедшей в 1895 г., ее автор Эндрю Д. Уайт писал: «Еще в 1803 году Доктор Ремсден заклинал против вакцинации в проповеди, прочитанной в Кембриджском университете, осуждая Дженнера с использованием цитат из Библии» (White [1895] 1955, 2: 58).

Но несмотря на противодействие, метод Дженнера постепенно завоевал признание, во многом из-за того, что был основан на прямых доказательствах («один факт полезнее, чем тысяча аргументов») и в силу его очевидной полезности для людей и общества. Успех очевиден сегодня, поскольку естественные очаги оспы исчезли с лица земли. Культуры этих вирусов хранятся, однако, в некоторых секретных научных лабораториях в США, Великобритании и России.

Приложение 3

Мнимый плагиат Мориса Метерлинка

Через четверть века после публикации книги Метерлинка «Жизнь пчелы» (1901) он выпустил в свет другую, под названием «Жизнь белого муравья» (1927). Эта публикация сильно задела самолюбие южноафриканского натуралиста Юджина Маре и бросила тень на биографию Метерлинка. Дело в том, что Маре опубликовал в 1923—1926 гг. серию статей о термитах в южноафриканском журнале *Die Huisgenoot*, и некоторые из них были перепечатаны в европейских периодических журналах. Из-за некоторого сходства их содержания с тем, что было сказано в книге Метерлинка, Маре решил, что первый использовал его данные, не испросив на это разрешения.

В газете, выходившей в Йоханнесбурге, Маре так высказал свое недовольство: «Когда я взял в руки книгу Метерлинка, для меня сразу стало ясно, что знаменитый бельгиец сделал мне честь и использовал написанное мной, впрочем, без предписанной хорошим тоном благодарности в мой адрес» (фотокопия напечатана в предисловии Роберта Ардри к книге Marais 1969).

Роберт Ардри вернулся к этому неприятному случаю через много лет после смерти обеих персон, которых он касался непосредственно. В своей книге «Африканское происхождение» Ардри приводит цитату, принадлежащую Уинфриду де Коку, переводчику книги Маре «Душа белого муравья» (см. английскую версию книги, увидевшую свет в 1936 г.).

В гораздо более категоричной и грубой форме, чем это было сделано Коком, Ардри настаивает, что приоритет идеи, согласно которой община социальных насекомых представляет собой некий сверхорганизм, принадлежит Маре. Ардри пишет: «Маре обвиняет Нобелевского лауреата в том, что тот буквально брал страницу за страницей из написанного им, и что в силу своей научной наивности Метерлинк даже использовал выражения Маре, полагая, что это принятая научная терминология» (Ardrey 1963: 62).

Можно понять недовольство Маре, который был очень мало осведомлен о реально происходящем в Европе в то время. Что же каса-

ется позиции Уинфрида де Кока, то он в предисловии к книге Маре писал:

> Примерно через 6 лет после появления статей Маре Морис Метерлинк опубликовал книгу «Жизнь белого муравья», где он описывает органическое единство населения термитника и сравнивает его с человеческим телом. Эта теория вызвала большой интерес в то время и была воспринята всеми как принадлежащая Метерлинку. В Европе тогда не знали, что никому не известный натуралист из Южной Африки разработал эту теорию на основе своих многолетних упорных исследований. Впрочем, выдержки из статей Маре появлялись во французских и бельгийских изданиях еще в то время, как эти статьи публиковались на родине Маре. Но даже его оригинальные статьи на африкаанс были доступны знающим фламандский язык, поскольку оба эти языка очень близки друг другу (Marais 1937: VI).

Ардри представляет дело с намного большим жаром. В предисловии к книге Маре «Душа человекообразной обезьяны», изданной в 1969 г., уже после смерти автора, он пишет:

> Я не могу понять, как человек столь высокого социального статуса мог совершить такое преступление в свои преклонные годы. В 1926 г., через год после выхода в свет статьи Маре, Метерлинк опубликовал на французском языке книгу, вскоре переведенную на английский и на несколько других языков. В ней Метерлинк украл половину сделанного Маре за всю его жизнь и даже не поблагодарил его. Книга «Жизнь белого муравья» и по сей день стоит на полках многих библиотек, но никто не знает, что ее автор был плагиатором (Ардри в Marais 1969: 16, 17).

Е. О. Уилсон (Wilson 1971: 318) пришел к заключению, что Ардри устроил «мелодраму» и поднял «бурю в стакане воды». Уилсон добавляет, что книгу самого Ардри «Территориальный императив» следовало бы обвинить в плагиате. Ардри, однако, никак не мог успокоиться и, как мы видели, опубликовал свою версию дважды (в 1963 и 1969 гг.) с некоторыми вариациями. Однако дело становится более интересным, если сравнить тексты Маре и Метерлинка.

Это можно сделать, поскольку Ардри приводит фотокопию газетной статьи от 1927 г., написанную предположительно Маре, где тот сравнивает выдержки из своей работы 1925 г. и из книги Метерлинка. Сопоставив эти тексты, мы пришли к выводу, что никакого плагиата

не было. Есть лишь некоторое сходство, анализ которого показывает, что Маре мог почерпнуть суть идеи, о которой идет речь, из книги Метерлинка о пчелах (1901) либо из работы Уилера (Wheeler 1910), даже не отдавая себе отчета в этом. Давайте разберемся в том, как именно происходило дело.

В той версии книги Метерлинка (1927), из которой Маре взял цитаты для сравнения, заинтересованный читатель мог бы узнать, что третья часть главы 9 посвящена, по сути дела, концепции сверхорганизма. Маре (или репортер, писавший с его слов) выбрал отсюда лишь несколько фраз, не следующих одна за другой, а также отдельные фрагменты предложений. В общем, совпадения затрагивают меньше четверти сопоставленных текстов, всего лишь 30 коротких строк из 131. Трудно представить себе, как при этом Ардри ухитрился истолковать случившееся в качестве похищения «половины сделанного Маре за всю его жизнь».

Следует заметить, что в газетной статье Маре (если ее автором действительно был он сам) не приведен самый принципиальный абзац из книги Метерлинка. Этот текст как раз предшествует тому, который, по словам Маре, Метерлинк использовал, не поблагодарив его. Он начинается со слов: «В книге “Жизнь пчелы” я, за неимением лучшего объяснения, назвал способ управления пчелиной общины, с его сокровенным смыслом и удивительным предвидением будущего, “душой улья” (Maeterlinck 1927: 151; см. также: Maeterlinck 1901: ч. 2, гл. 9).

Последующие слова Метерлинка процитированы в южноафриканской газетной статье, вот они: «Согласно другой гипотезе улей, муравейник и термитник можно рассматривать как единое существо, части которого не связаны физически друг с другом; единый организм, который не стал еще скомбинированным и консолидированным полностью» (Maeterlinck 1927: 151).

Эта идея в разных интерпретациях может быть найдена на многих страницах первом разделе классической книги Метерлинка, в том числе в одном из абзацев, завершающих эту часть ее текста:

> Отовсюду, откуда только возможно, пчела добывает материал, столь необходимый ей для изготовления меда. Именно стремление к этому помогает объяснить саму душу законов улья. Ибо здесь индивид — ничто, его существование условно, это всего лишь крылатый орган общины. Вся жизнь пчелы пожертвована общему делу, сообществу, которое существует как нечто единое из поколения в поколение (Maeterlinck [1901] 1939: 23).

Если брать книгу Метерлинка как *целое*, становится очевидным, что его концепция сообщества пчел как сверхорганизма восходит к первой ее публикации в 1901 г. Впрочем, саму идею можно проследить далеко в прошлое. Так, еще Плиний Старший (23—79 н. э.) писал: «Я протестую против того, чтобы сравнивать людей с пчелами, которые бесспорно превосходят людей в том отношении, что преданы одним только общим интересам» (цит. по Rackham 1967: 441).

Цитированный отрывок из Метерлинка (может быть, из Плиния или Уилера) мог послужить основой для следующих слов Маре: «Один из моих тезисов состоит в том, что население термитника — это независимое, совершенное животное, лишенное одной лишь возможности, именно перемещаться с места на место. Я буду приводить доказательства этому шаг за шагом, идя к объяснению становления и развития души коллектива» (Marais 1937: 59).

Следует, кстати, заметить, что до 1925 г. существовала уже весьма обширная опубликованная информация о термитах. Сведения об их социальной организации стали к тому времени достоянием научного сообщества. Метерлинк в библиографическом перечне к своей книге о термитах приводит 56 наименований литературных источников. В ее вводной части он писал:

> Для меня было бы проще принимать во внимание все, что было сказано на эту тему. Но тогда книга пестрила бы сносками и ссылками. В некоторых главах нет ни одного предложения, которое не требовало бы этого. Так что печатный станок был бы завален огромными массами комментариев, как в тех ужасных книгах, которые мы так ненавидели в школе (Maeterlinck 1927: 5).

В выражении «душа улья», к которому Метерлинк прибег еще в 1901 г., уже содержится некий намек на концепцию сверхорганизма. Вскоре затем близкую идею высказал Уилер:

> Существует поразительная аналогия, которую уже успели заметить биологи философского склада[36], между колонией муравьев и объединением клеток, составляющих тела многоклеточных животных. Многие законы, контролирующие появление клеточных структур, их развитие, рост, размножение и умирание у Metazoa, остаются в силе при рассмотрении общины муравьев, которую можно, таким образом, считать организмом высшего порядка (Wheeler 1910: 7).

[36] Такие, как, в частности, Метерлинк (прим. авторов).

О приоритете Метерлинка в представлениях о том, что община социальных насекомых есть нечто вроде свехорганизма, говорил натуралист Джон Барроуз. Он писал: «Концепция Метерлинка “душа улья” была прозрениемм (inspiration), которое дает нам ключ к пониманию всего того, что происходит в улье» (Burroughs 1921: 158).

И, наконец, в том самом 1923 г., когда Маре впервые заявил, что общину термитов можно рассматривать как «полноценное животное на той или иной (certain) стадии развития», Уилер высказал похожие мысли, но в гораздо более ясной форме, в своей книге «Социальная жизнь насекомых». Вот что было сказано им:

> Ибо связи между родителями и их потомством имеют тенденцию становиться настолько тесными и взаимозависимыми, что мы сталкиваемся здесь с особым органическим единством и биологической целостностью, которые могут быть названы сверхорганизмом. Фактически, посредством физиологического разделения труда индивиды специализируются здесь самыми разнообразными способами и становятся необходимыми друг другу для благополучия и даже существования как такового (Wheeler 1923: 10, 11).

Маре, бесспорно, не мог не осознавать, что Уилер опередил его в четком формулировании концепции сверхорганизма. Поэтому следует задуматься, почему он обратил свое недовольство именно в сторону Метерлинка.

А как же сам Метерлинк воспринял эту «бурю в стакане воды»? Наилучшим образом об этом сказал сам Маре в письме к Уинфриду де Коку: «В данном случае Метерлинк, подобно другим великим с Олимпа, хранит величавое и высокомерное молчание» (Ардри в Marais 1969: 18).

По поводу этой истории с Метерлинком и Маре Уилсон писал: «Очевидно, что архитектором идеи остается Уилер, так что ни Маре, ни Метерлинк не могут претендовать на приоритет, и ни один из них не оказал видимого влияния на последующих исследователей социального поведения насекомых» (Wilson 1971: 318).

В этом замечании, не вполне лестном для Метерлинка, Уилсон уточняет сказанное им несколько ранее в том же самом тексте. Там он отдает должное Метерлинку в том, что он первый заговорил о «душе» общины социальных насекомых (тем самым опередив в известной степени Маре). Уилсон пишет: «Позже, в книгах “Жизнь белого муравья” и “Жизнь муравья” Метерлинк неоднократно использует эту милую

метафору, перекликающуюся с концепцией Уилера, представленной, несомненно, в гораздо более научной форме» (Wilson 1971: 318).

Здесь перед нами намек на одну из важных проблем в науке, о которой хорошо сказал Уитли: «В современной науке существует негласное мнение, что истинным научным знанием можно считать лишь то, что написано сухим, безжизненным языком и опубликовано в реферируемых научных журналах» (Whitley 1984: 26).

В итоге можно сказать, что после Плиния Старшего Метерлинк оказался, судя по всему, одним из первых, кто популяризировал представление о сверхорганизме своим словосочетанием «душа улья». Уилер формализовал эту идею, тогда как Маре мог подойти к ней совершенно независимо. К тому времени, однако, концепция сверхорганизма приобрела статус коллективного научного знания.

Но какое отношение все это имеет к противостоянию вокруг гипотезы языка танцев? Оказывается, самое непосредственное. Ведь именно Метерлинк поставил первый эксперимент, основанный на принципе строгого умозаключения (см. выше, гл. 3), и никем не повторенный до сих пор. Судя по тому научному климату, который господствовал в 1960-х и 1970-х гг., едва ли кто-либо смог успешно воспроизвести его в то время. Популярность гипотезы языка танцев, сдобренная выпадами Ардри в адрес Метерлинка — все это сыграло свою роль в небрежении книгой «Жизнь пчелы» и описанного в ней решающего эксперимента.

Приложение 4

Прозрение во время семинара в Ла-Джолла

> Мы должны понять первым делом, сколь много аспектов проблемы должно быть затронуто, чтобы вокруг нее возникло научное противостояние. Как только мы осознаем это, другие вопросы окажутся легче решаемыми.
>
> — Бруно Латур (Latour 1987: 62)

Социологи часто прибегают к интервьюированию успешного ученого, когда хотя узнать, как именно он пришел к своим достижениям. С другой стороны, немало ошибок было допущено в проектах, запланированных с самыми лучшими намерениями. Подобное начинание может провалиться даже на начальном этапе формулирования, если его исходные основания не верны. К сожалению, эта тема редко обсуждается. Так или иначе, о многих поистине обескураживающих случаях такого рода в интервью, обсуждаемых социологами науки, ничего не сообщается.

Что же движет авторами научных проектов? Иногда это желание узнать суть того или иного явления. В других случаях важную роль играет желание доказать свою правоту и тем самым опровергнуть научного оппонента. Можно даже сказать, что возникновение такого рода несогласий оказывается фактором научного прогресса. К сожалению, множество эпизодов такого рода в науке ускользает от внимания тех, кто занимается социологией, психологией, историей и философией науки.

При существовании системы анонимного рецензирования проектов, поданных на гранты, работа может быть отклонена просто в силу недоброжелательности со стороны рецензента. Вопреки многим уверениям в обратном, здесь существует немало и других факторов социального порядка. Если проблема не особенно важна, научное сообщество не бывает особенно озабоченным несогласиями в его среде (см. гл. 14). В силу всего этого лишь малая часть эпизодов, связанных с противостояниями в науке, оказываются зафиксированными в виде публикаций.

Эта книга была бы неполной, если оставить в стороне то, что произошло во время участия Веннера в симпозиуме, проходившем в Институте биологических исследований в Ла-Джолла (Salk Institute, Калифорния) в середине 1960-х гг. Этот случай послужил толчком к первому реальному тестированию гипотезы языка танцев.

Сначала следует объяснить, каким образом исследователи поведения пчел оказались на этом симпозиуме. Он был организован при попытке начать обширный научный проект, инициированный Якобом Броновски. Тот собирался убедить руководство Института начать исследования функций мозга с рассмотрением, в частности, «языка танцев» пчел. Семинар, где должны были столкнуться разные мнения на этот счет, был организован Гарольдом Эшем из Университета Нотр-Дама.

То, о чем будет сказано дальше, не могло быть написано никем иным как Адрианом Веннером. Точность изложенного была подтверждена генетиком пчел Гарри Лейдлоу (Laidlaw) из Университета Девиса в Калифорнии. Почитав текст, он долго молчал, а потом сказал: «Да, так оно все и было». И после короткой паузы добавил: «Но уверены ли Вы в том, что это следует печатать?». Вот что написал Веннер.

Семинар Гарольда Эша

В 1965 г. Якоб Броновски позвонил мне и пригласил принять участие в дискуссии под председательством Гарольда Эша. С Эшем мы не были знакомы, хотя оба работали над изучением звуков, сопровождающих танцы медоносных пчел (см. гл. 6). И он и я отдавали себе отчет в важности этих звуков с точки зрения их функции в системе предполагаемого «языка танцев» (см. Esch 1961; Wenner 1959, 1962, 1964). Мы оба предполагали в то время, что в этом плане звуки могут быть важнее в процессе коммуникации, чем сами фигуры танца.

Приглашение, о котором идет речь, удивило меня по двум причинам. Во-первых, сам Институт в Ла-Джолла прежде не уделял внимания работам по естественной истории животных. Во-вторых, не принято официально приглашать ученых на научные семинары в качестве участника прений. Обычно приглашают докладчика либо научный коллектив с предложением рассказать об их работе. И лишь затем, после доклада присутствующие высказываются в положительном или

отрицательном смысле о том, что было заслушано. Такая процедура имеет целью «легитимизировать» проделанную работу.

Поскольку в то время все приглашенные работали под эгидой парадигмы языка танцев, никаких особых разногласий во время встречи не ожидалось. Докладчиком должен был быть Эш, а от меня ожидали одобрения в том смысле, что гипотеза языка танцев вполне обоснована.

Но в это же время я и мои коллеги уже преуспели в выработке у пчел условных рефлексов и начали осознавать их роль в процессе рекрутирования одних фуражиров другими (см. гл. 7). Иными словами, нам уже было известно, что пчелы, обладающие опытом собирания взятка, не нуждаются в том, чтобы использовать информацию, содержащуюся в танце, во время полетов к тем источникам пищи, на которых они побывали ранее (см. Wenner 1974).

Эти наши опыты позволили понять, что имели в виду Фриш (Frisch 1950) и Риббандс (Ribbands 1954), говоря об отсутствии необходимости в информации, полученной из танцев при рекрутировании пчел, которые уже обладают предшествующим опытом. Как было сказано в гл. 7, в определенные моменты времени практически все пчелы в улье оказываются вполне опытными. А это означало, что рекрутирование в этих ситуация только в редких случаях может происходить с использованием чего-то вроде «языка танцев». Когда я получил приглашение, мы уже знали что «язык танцев», если таковой существует, может быть полезен только при рекрутировании молодых пчел-новичков. Но как только такая пчела узнает, где искать нектар, она всю свою последующую жизнь будет с успехом использовать этот источник пищи. Каждодневное рекрутирование, таким образом, может быть результатом использования условных рефлексов.

Приглашая меня, Броновски поинтересовался, не знаю ли я какого-нибудь опытного генетика пчел. Я посоветовал ему пригласить Гарри Лейдлоу из Университа Девиса в Калифрнии. Он долгое время находился в контакте с моими «родичами-пчеловодами» в Северной Калифорнии и был в то время, о котором идет речь, возможно, ведущим специалистом по генетике пчел в мире. Его, как и меня, пригласили участвовать в семинаре Эша.

Существенным было еще одно обстоятельство. Как раз в это время мы закончили две статьи и подали их в журналы. В одной из них были описаны наши опыты по выработке у пчел условных рефлексов (Wenner, Johnson 1966), а в другой — коммуникация с их использованием (Johnson, Wenner 1966). Естественно, что я посчитал своим

профессиональным долгом заранее посвятить Эша и Броновски в результаты этих исследований, не зная, о чем будет на семинаре говорить первый из них (см. ниже). Броновски написал, что мне стоило бы приехать, даже если мои предыдущие взгляды на рекрутирование у пчел отчасти изменились.

Кризис надвигается

Характер организации семинара оказался для меня полным сюрпризом. Я ожидал встретить небольшую узкую аудиторию специалистов, как это обычно бывает в академических институтах. Вместо этого собрались около трехсот человек, в присутствии телевидения и репортеров ведущих средств массовой информации. Стало ясно, что это не какой-то рутинный академический семинар. Но никто не предупредил меня об этом заранее.

Прежде чем Эш начал свой доклад, Броновски попросил, чтобы во время моего заключительного обсуждения материалов семинара я не упоминал ни об одном из наших последних экспериментальных результатах, касающихся научения у пчел. «Мы обсудим это вечером, во время обеда», — сказал Броновски.

Просьба Броновски застала меня врасплох. Ведь ученые гордятся своей открытостью к новым фактам и идеям. Так откуда тогда, — подумал я, — эта неожиданная настойчивость в нежелании (может быть, временном) услышать о новых фактах?

То, о чем говорил Эш, оказалось, с моей точки зрения, совершенно тривиальным «объяснением» гипотетического хода эволюции «языка танцев». Докладчик предложил схему того, как «рекрутирующий танец» европейских пчел (с его информацией о направлении и расстоянии) мог развиться из некоторых форм поведения, свойственных родственным родам пчел, обитающих в тропиках и субтропиках.

Эш не упомянул одно важное обстоятельство. Можно столь же убедительно утверждать, что вектор эволюции был прямо противоположным. Так, безжалых пчел можно рассматривать эволюционно более «продвинутыми» по сравнению с европейской пчелой, если те утратили жало вторично. Все дело в том, что жало – это видоизмененный яйцеклад, характерный для большинства пчел, ос и муравьев.

Систематики пришли к выводу, что медоносная пчела не является близкородственной безжалым пчелам (Kimsey 1984), как думали раньше (Michener 1974). Скорее, безжалые пчелы представляют собой

другую, более раннюю ветвь семейства Apidae. Что касается медоносной пчелы, то она более родственна шмелям и пчелам эвглоссидам (у которых нет танцев), чем безжалым пчелам.

Все время, пока Эш делал свой доклад, мои мысли были заняты другим. Как мог Броновски, известный ученый, математик и философ, настаивать на сокрытии новых данных, пусть даже временном? И более того, как мог я перед тремя сотнями ученых и репортеров «обсуждать» идеи Эша об «эволюции языка танцев», если наши экспериментальные результаты по научению низводили значение этих танцев в процессе рекрутирования до минимального?

Я оказался в таком положении, что все сказанное мной будет абсолютно непостижимо для аудитории. Ведь к тому времени я уже «сменил парадигму» (по словам Куна) и должен был улаживать «кризис» в своем собственном мозге. Мне и моим коллегам стало ясно, что наши данные по условно-рефлекторному рекрутированию у пчел почти полностью совпадают с теми, которые Фриш выдвигал как свидетельство использования пчелами «языка танцев» (Frisch 1950).

Фриш, однако, не усмотрел важности научения для процессов мобилизации пчел на взяток и настаивал, что рекрутирование тех из них, которые уже имеют опыт, служит «доказательством» того, что у пчел есть «язык». Но с нашей точки зрения это был не «язык», а условно-рефлекторные реакции. Таким образом оказалось, что существуют две *совершенно разные* интерпретации явления, опирающиеся на *одинаковые* экспериментальные данные (см. гл. 5 и прил. 8).

Как же я мог обсуждать «эволюцию языка танцев» перед аудиторией, уверенной в его существовании, когда сами основания этой гипотезы в моих представлениях пошатнулись до основания?

Отсутствие адекватного контроля

Эш закончил свой доклад под аплодисменты. Наступил мой черед высказаться. Пока я шел к трибуне, дилемма разрешилась сама собой. Лишь впервые я ясно осознал, что эксперименты Фриша, которые легли в основу его гипотезы, не были адекватно контролируемы в отношении маршрутов рекрутов и возможного влияния на них посторонних запахов. Именно в этот момент в моем сознании возник четкий *«образ»* реального противоречия между двумя точками зрения на процесс рекрутирования у пчел (см. Atkinson 1985; Wenner 1989; и рис. 3.1).

Тот факт, что в экспериментах Фриша отсутствовал необходимый контроль за рядом переменных, был позже признан даже приверженцами гипотезы языка танцев (напр., Сеймур Бензер в 1966, личное сообщение; Gould 1976). Последний писал: «Важный вклад Веннера в проблему состоит в том, что он заметил несовершенство контроля в опытах Фриша. Они не исключали возможности того, что рекрутирование может происходить на основе одних лишь запаховых стимулов» (Gould 1976: 241).

Но ничего подобного этому открытому и терпимому отношению к новой точке зрения я не встретил на семинаре Эша. Несмотря на это, я рассказал, как вижу проблему через мои «новые очки» (выражение Куна). Поскольку «язык танцев» не установлен в качестве непреложного факта, нет никакого смысла обсуждать его эволюцию. Тем более в телеологической перспективе («для чего» он мог возникнуть), предложенной Эшем.

Отказавшись от этой темы, я подошел к доске и начал объяснять схему наших опытов в сопоставлении с линейным и веерным экспериментами Фриша. Я подчеркнул отсутствие адекватного контроля в последних и показал, как те же самые результаты можно объяснить с точки зрения модели поиска по запаху (см., например, Wenner 1971a; 1974, а также гл. 5 прил. 8). В заключение я поставил под сомнение саму гипотезу языка танцев.

Реакция аудитории мгновенно изменилась. На смену эйфории пришла откровенная враждебность. Обстановка оказалась совсем не такой, как следовало бы ожидать на беспристрастном научном семинаре. Так, видный физиолог Теодор Баллок крикнул: «В чем дело, неужели вы думаете, что верить можно лишь тому, что сделали Вы сами?»

Вскоре семинар подошел к концу. Насколько мне известно, ничего не было показано по телевидению, никакой информации не появилось и в газетах.

Обсуждение за обедом

Я был предупрежден о том, что обед пройдет в узком кругу. Присутствующие обменяются мнениями о путях дальнейших исследований языка танцев. Среди них можно было увидеть таких знаменитостей, как Джонас Солк, Френсис Крик, Жакоб Моно, Якоб Броновски и Теодор Баллок. Присутствовали также Гарольд Эш, Ирвинг Бенгелсдорф (доктор химических наук и научный обозреватель Los Angeles Times),

Гарри Лайдлоу и еще несколько ученых. Когда обед закончился и столы были освобождены, началась оживленная дискуссия по теме семинара.

Освобожденный наконец от необходимости скрывать известное мне, я начал рассказывать о наших опытах по выработке у пчел условных рефлексов и о значении полученных результатов для понимания процесса рекрутирования у пчел.

Когда я сказал, что «следует рассматривать экологические аспекты системы в целом», Баллок снова выкрикнул: «Черт бы побрал этих экологов, среди них нет ни одного ученого!»

Обстановка накалялась. Тем не менее, Бенгелсдорф, который до этого хранил молчание, заметил: «Веннер прав, эксперименты Фриша не контролировались должным образом». Немного позже Крик наклонился к Солку и тихо проговорил (я сидел близко и смог услышать): «Наверное нет смысла углубляться дальше». На этом обед и закончился.

Что мне рассказал Гарри Лайдлоу

Возвратившись в отель, я никак не мог успокоиться. Было такое чувство, словно я не был осведомлен о чем-то важном. Замечание Крика, обращенное к Солку, свидетельствовало, что существовала какая-то широкомасштабная подоплека всего происходящего. Поскольку Лайдлоу был моим давним приятелем, я без колебаний позвонил в его комнату и спросил, что же все это значит. Он ответил: «А разве они Вам не рассказали?»

Он сразу пришел ко мне и поведал о планах, которые намечались в Институте. Насколько ему удалось выяснить, речь шла о проекте, направленном на изучение функций мозга, который задумал Броновски. Интересным объектом показалась «инстинктивная сигнальная система пчел». Это могло бы быть так, если бы верно было следующее утверждение Фриша: «С точки зрения сенсорной физиологии и психологии, поразительно точное использование информации о расстоянии (у пчел. — *Е. П.*) представляет собой величайшее [эволюционное] достижение в сфере рецепции сигналов и обработки информации» (Frisch 1967a: 231).

Идея Броновски состояла в том, чтобы как-то зафиксировать (например, замораживанием) фуражира во время исполнения им танца, а затем проследить изменения в его нервной системе. Предполагалось

использовать в этих экспериментах разные расы пчел и их гибридов для выяснения наследования механизмов «языка танцев».

А какова была роль Эша в этой затее? Как мы поняли позже, он должен был проводить полевые эксперименты с танцующими пчелами. Таким образом, задача семинара состояла в том, чтобы «завербовать» тех, кто мог принять деятельное участие в осуществлении проекта. Мне же была отведена роль эксперта, которому надлежало легитимизировать задуманное. Я же недвусмысленно показал, что гипотеза языка танцев не может служить сколько-нибудь прочной основой для постановки исследований такого плана.

Стимул к более четкому контролированию наших экспериментов

То, что произошло на семинаре в Ла-Джолла, настоятельно продемонстрировало необходимость продолжить наши исследования процесса рекрутирования у пчел. Для этого требовалось улучшить саму схему экспериментов. Впоследствии мы постепенно совершенствовали ее, прийдя к строгому двойному контролированию и к постановке нашего решающего эксперимента (см. гл. 9 и 10).

Семинар, о котором здесь шла речь, состоялся в марте 1966 г. Именно летом этого года мы повторили «классические» эксперименты Фриша. Через «новые очки» мы могли видеть все другими глазами. Пришлось вернуться к непредвзятому *изучению* явления («exploration» по терминологии Аткинсона (Atkinson 1985); см. рис. 3.1) и отбросить верификацию, дотоле необходимую в попытках «доказать», что звуковые сигналы пчел есть функциональная составляющая их «языка танцев».

Оставался вопрос, действительно ли опыты Фриша были лишены того контроля, который *коренным образом меняет дело*? Пришлось повторять эти опыты по многу раз и с различными вариациями. Тогда-то и стало окончательно ясно, что эти эксперименты с контролированием лишь одной переменной не исключают возможности того, что рекруты руководствуются в своих поисках пропитания одними лишь запаховыми стимулами. Наблюдая за прилетом рекрутов-новичков на кормушки, мы установили, что они неизменно приближаются сюда еще издали, с подветренной стороны. Стало ясно, что этого не могло бы быть, если бы они летели *прямо от улья*.

Надо сказать, что потрясение, испытанное во время злополучного семинара, было слишком сильным, чтобы отчет о нем мог передать все испытанные тогда эмоции. Никому не желаю испытать такие чувства. Впрочем, это оказалось необходимым, чтобы реально оценить роль человеческого фактора в научном процессе. Это была хорошая подготовка к приему, который наши идеи встретили несколькими месяцами позже на XXI Международном сельскохозяйственном конгрессе, а также на последующих конференциях в США.

Другим следствием всей этой истории стала постановка тех экспериментов Джеймса Гулда и его коллег, которые описаны в главе 11.

Приложение 5

Переписка с редакцией журнала *Science*

> Научно-популярные книги... распространяют базовые постулаты теории; они приводят аргументы в ее пользу подбирая явления совершенно иного порядка, из отдалённых областей знания; деньги предоставляют тем, кто верен общепринятой линии и отнимают у несогласных. В результате теория все в большей степени выглядит так, словно имеет надежные эмпирические обоснования.
>
> — Пауль Фейрабенд (Feyerabend 1975: 43)

Как полагал Кнеллер (Kneller 1978), ученые охотно реагируют на критику и с готовностью принимают новые интерпретации явления, если имеющиеся его объяснения уже не соответствуют результатам наблюдений. Иначе думают Мехони и Велдинк (Mahoney 1976; Veldink 1989). Здесь уместны будут некоторые комментарии по поводу этого реально существующего расхождения во мнениях.

Точка зрения Кнеллера верна, если взять процесс науки в целом. Научные взгляды меняются постоянно и *сравнительно* быстро. Это одна из особенностей науки, которая отличает ее от религии.

Однако когда новые свидетельства оказываются явно противоречащими «коллективной мудрости» в тех вопросах, которые имеют некое принципиальное звучание, события могут развиваться по другому сценарию. Именно, *отдельные* ученые бросаются на защиту устоявшихся воззрений (парадигмы) с почти что религиозным пылом. Фейрабенд сокрушается по поводу такого оборонительного поведения исследователей. Он пишет: «В итоге, *единодушие мнений уместно в церкви... Но для развития объективного знания необходимо разнообразие мнений*» (Feyerabend 1975: 46 — курсив автора цитаты).

Нечто похожее на вспышку религиозного возмущения ожидало и нашу попытку поставить под сомнение гипотезу языка танцев. Причина состояла в том, что к этому времени она превратилась в полноценную парадигму, распространившуюся из этологии в другие области знаний (например, в лингвистику). Как можно было ожидать, существовало мнение, будто наше представление о чрезмерности

оборонительного поведения защитников гипотезы было преувеличением, поскольку мы с самого начала должны были остерегаться общеизвестной «цензуры», направленной на подавление новых идей. Но при этом некоторые наши оппоненты пошли так далеко, что называли наше поведение «параноидальным» (Veldink 1989).

Прежде чем мы выступили с критикой гипотезы языка танцев, оставаясь пока еще респектабельными членами научного сообщества, наши статьи встречали благоприятный прием и публиковались незамедлительно. Но сразу же после этого выступления такое отношение к нам сменилось на явно враждебное (см. прил. 4). За пару-тройку лет наши шансы быть опубликованными или получить грант на продолжение исследований оказались сначала трудно достижимыми, а затем близкими к нулю. Достоверность отрицательных данных, собранных нами в опровержение гипотезы языка танцев, не могла повлиять сколько-нибудь существенно на имманентный ход этого процесса (см., например, Veldink 1989).

При написании этой книги мы пришли к выводу, что она будет неполной, если не привести некоторые документальные материалы, касающиеся роли «человеческого фактора» в событиях тех нескольких лет, особенно трудных для нас. Эта документация поможет читателю проследить хронологию событий, важных для понимания самой сути противостояния вокруг гипотезы языка танцев.

Попытки ответить Ричарду Докинзу на страницах журнала *Science*

В своем письме в *Science* Ричард Докинз показал пример непонимания со стороны ряда этологов значения нашего решающего эксперимента (Wenner, Wells, Johnson 1969; см. выше, гл. 10). В частности, он возражал против наших выводов следующим образом:

> Допустим, что мне сказали, что есть пивной бар через три квартала справа. Я мечтаю о пиве и на пути к указанному бару чувствую его запах из соседнего переулка, а потому направляюсь туда. Значит ли это, что мой первый собеседник не передал мне верную информацию?.. Так что вполне разумно предположить, что у пчел есть несколько способов поиска пропитания – по указаниям танца, по запаху, по присутствию других пчел, и что каждый может использоваться предпочтительно при тех или иных условиях. Например,

> искусственное использование сильного запаха может приводить к преимущественным реакциям на ольфакторные стимулы (Dawkins 1969: 751).

В заключение этого письма Докинз пишет: «Короче говоря, пчелы могут быть легко отвлечены от заданного им курса. Это простое и бесспорное заключение следует из экспериментов, претендующих на опровержение классических работ Фриша» (Dawkins 1969: 751).

Можно видеть беззаветную приверженность Докинза к группировке, охраняющей парадигму языка танцев. С нашей точки зрения, его «рационалистическое обоснование» происходящего, данное *ad hoc*, только вносит дополнительную путаницу в проблему. Он игнорирует, в частности, роль направления ветра, то есть тот важнейший фактор, без которого не обойдется никто, изучающий распространение запахов и его влияние на поисковое поведение насекомых (см. гл. 5 и прил. 11). Кроме того, Докинз противоречит более раннему заявлению самого Фриша, писавшего, что рекруты *не должны* отклоняться с курса во время их полета к цели. Вот что говорил об этом автор гипотезы языка танцев:

> Нет сомнений в том, что пчелы понимают сообщение, содержащееся в танце. Когда они вылетают из улья, они ищут корм только в окрестностях указанного им места, игнорируя кормушки, расположенные близко к нему или поодаль. Кроме того, они ищут цель только в том направлении, где располагается первоначальное место их прикормки (Frisch 1962: 78; см. также гл. 9).

Запах, сильный (как акцентирует Докинз) или какой-либо другой, *может* «сбить пчелу с пути», *если* он отвечает задаче поиска (см. гл. 8). Но лишь в том случае, когда ветер дует от источника запаха в сторону того места, где пчела находится в данный момент. В этом смысле запаховые стимулы совершенно отличны от звуковых или оптических.

Таким образом, Докинз в его поисках паба мог бы быть отвлечен с выбранного пути, *только если* бы вновь обнаруженный им паб находился с наветренной стороны от него. Но его могли бы сбить с пути звуки, доносящиеся из питейного заведения либо его вывеска – при любом положении искомого относительно выбранного маршрута. Кроме того, в погоне Докинза за выпивкой его не смог бы сбить с пути аромат, несущийся из хлебопекарни.

Другие поборники гипотезы языка танцев принялись цитировать письмо Докинза в осуждение наших исследований, хотя оно содержало не более чем мнение персоны, не имеющей ясного представления о сути вопроса. Этот забавный поворот событий принудил одного из нас (Патрика Уэллса) написать ответ Докинзу. Здесь мы приводим черновик этого письма, отправленного затем в *Science*, вместе с ответом на него анонимного рецензента.

Ответ Докинзу

После появления проделанного нами сопоставления прогностичности двух гипотез — «ольфакторной» и «языковой» — в понимании процесса рекрутирования у пчел (Wenner, Wells, Johnson 1969), Ричард Докинз (Dawkins 1969) ответил на эту работу письмом, лишь запутывающим проблему. Я был удивлен тем, что некоторые этологи восприняли этот текст как обоснование неверности наших экспериментальных исследований. Таким образом, нам кажется необходимым возразить на три возражения в адрес нашей статьи.

Прежде всего, Докинз заявляет, что мы «позволили себе подвергнуть сомнению изыскания великого биолога» (имеется в виду Карл фон Фриш). Здесь мы признаем себя виновными, хотя наша ответственность не слишком серьезна. Дело в том, что мы равным образом осмелились выступить против множества лиц, которые некритически принимают все интерпретации существующих данных, принадлежащие фон Фришу. Мы также не согласны с теми, кто использует эти интерпретации как основу для собственных исследований. Все это может быть причиной эмоционального протеста против нашей статьи.

Далее, Докинз возражает против цитирования (в преамбуле к нашей статье) более ранних исследований, содержащих данные, не согласующиеся с идеей, будто пчелы используют лингвистическую коммуникацию (Wenner, Wells, Rohlf 1967; Wenner, Johnson 1966; Johnson 1967a; Lopatina 1964; Wells, Giacchino 1968; Wenner 1967). Он говорит, что если гипотеза не доказана, это не означает, что у пчел нет языка. С этим мы с готовностью соглашаемся! Экспериментальная работа не может, в принципе, ни «подтвердить», ни «опровергнуть» данную гипотезу, поскольку такие попытки, строго говоря, не были даже предприняты. Важнее то, что такого рода исследования могут тестировать гипотезу на ее *полезность предсказывать* события в исследуемой области. Обычно доверие к рабочей гипотезе сохраняется до тех пор,

пока она демонстрирует свои предсказательные возможности в экспериментах с наиболее строго контролируемыми условиями.

Хотя Докинз видит цель нашей деятельности в том, чтобы «подвергнуть сомнению изыскания великого биолога», в действительности проведенные эксперименты имели совершенно иную направленность. В них удалось показать, что при строго контролируемых условиях «ольфакторная» гипотеза хорошо предсказывает характер распределения рекрутов в пространстве, тогда как «языковая» не в состоянии сделать это.

В качестве основного возражения нашим количественным экспериментальным данным Докинз использует красочную антропоморфическую аналогию между ситуациями, в одной из которых локальное скопление пчел или сильный запах может сбить рекрутов с пути, а в другой «запах пива» отклоняет страждущего с заранее намеченного им маршрута. В наших экспериментах мы намеренно исключили все факторы, которые могли дать повод к такого рода толкованиям. Таким образом, здесь претензии Докинза совершенно несостоятельны. Как указано в подписи к рис. 2 в нашей статье (Wenner, Wells, Johnson 1969), одна экспериментальная кормушка всегда располагалась с наветренной, а другая — с подветренной стороны от той, которую пчелы вообще *не посещали*.

Если верить Докинзу, пчелы должны были одновременно отвлекаться от пути, якобы указанного танцами к этой контрольной кормушке, запахом, исходящим от двух других (находящихся с наветренной и подветренной сторон от нее). Или Докинз прав, или рекруты не смогли подтвердить утверждение Фриша, будто бы «в отсутствие ольфакторных стимулов пчелы используют информацию, транслируемую танцами» (Frisch 1968: 532).

Более того, в дни девятый и четырнадцатый нашей серии экспериментов все три кормушки содержали беззапаховую приманку (Wenner, Wells, Johnson 1969: табл. 1). Таким образом, даже в отсутствие «отвлекающих» запахов на боковых контрольных кормушках рекруты не смогли найти центральную экспериментальную, на которую их, как полагает Докинз, направляли танцы в улье.

Однако вернемся к поучительной аналогии, предложенной Ричардом Докинзом. Хочется быть уверенным, что мы оба согласимся с тем, что научные вопросы лучше решать на основе рассмотрения фактических данных, а не путем обмена письмами через журнал *Science*. Если я прав, и ничто не будет сбивать нас с пути аргументированных доказательств, приглашаю Докинза в Лос-Анджелес!

Это письмо не было принято для печати редколлегией журнала *Science*. Ниже мы приводим ответ анонимного рецензента.

Комментарии рецензента

Этот текст неприемлем для всех ученых, которые не приемлют теорию ее автора. Здесь этологи обвиняются за их согласие с возражениями Докинза, которые состоят в «его пренебрежительном отношении к экспериментальным исследованиям автора и его коллег». Не следовало ли автору подумать, что те отрицают выводы из этих исследований, поскольку в свете критического их обсуждения не считают эти выводы неопровержимыми? И не вызывают ли раздражение обвинения этологов в том, что они «некритически принимают все интерпретации существующих данных, принадлежащие фон Фришу»? Откуда автору это известно? Может ли какая-либо новая теория быть принята без критической ее проверки? Возможно, если бы работа автора и его коллег была столь же основательной, полной и убедительной, как та, что сделана фон Фришем, им не пришлось бы осуждать других ученых за то, что они не принимают ее. Использование полемики — это плохая замена неоспоримым фактам.

Первая попытка критики статьи Гулда с соавторами (Gould, Henerey, MacLeod 1970)

В 1970 г. три выпускника Калифорнийского технологического института (Гулд, Хенери и Маклауд) опубликовали в *Science* статью объемом в 10 страниц (см. гл. 12). К тому времени мы уже осознали роль социологического фактора в истории с гипотезой языка танцев. Тем не менее мы, как оказалось, не были готовы к тому, что нас ждало в дальнейшем.

Анализ этой статьи показал, что все данные, на которых она основана, собраны на протяжении нескольких часов в конце лета 1969 г., то есть сразу же после выхода в свет нашей статьи с описанием проделанного нами решающего эксперимента (Wenner, Wells, Johnson 1969). Для нас тут же стало ясно, что результаты, полученные тремя выпускниками, полностью расходятся с предсказаниями гипотезы языка танцев (см. гл. 13). Более того, сделанное ими могло служить подтверждением нашей позиции (см. прил. 13).

Один из нас (Веннер) направил заметку в *Science*, в котором было подчеркнуто последнее обстоятельство. В письме, сопровождавшем этот текст, было сказано следующее:

> После тщательного анализа этой статьи я пришел к заключению, что в действительности она не только не опровергает наши выводы, но может служить их подтверждением. К сожалению, этот аспект исследования, проведенного авторами, замаскирован их усилиями дискредитировать наши предшествующие изыскания, а также заключением, которые не вполне совместимо с их эмпирическими данными (см. выше, гл. 12).
> Я полагаю, что читатели Вашего журнала должны получить возможность ознакомиться с альтернативной точкой зрения на предмет. С этой целью и был написан текст «Несовпадение с ожидаемым», который, как я надеюсь, будет опубликован в Вашем журнале. Краткость изложения соответствует требованиям к рукописям жанра «Письма» в Вашем журнале.

Веннер приложил к статье перечень уважаемых персон, которые могли бы выполнить роль рецензентов: Бернард Эббот, Кеннет Эрмитидж, Винсент Детье, Джерри Довнховер, В. Джордж Эванс и Эдвард Глассман. Нам неизвестно, пригласили ли кого-нибудь из них отрецензировать статью.

Статья была отвергнута. Мы получили комментарии только одного рецензента, причем конец текста был удален. Цифра 2 в кружочке вверху страницы (как это было принято в те дни у редакторов *Science*) говорила о том, что отзыв первого рецензента не был показан нам. Вот что было написано в отзыве:

> Доктор Веннер должен был прочесть статью, которую он критикует! Среднее время, затраченное успешными рекрутами, составляет 3—4 минуты, что ясно следует из второго абзаца на с. 551 статьи Гулда с соавторами и из таблицы 2. Только упрямство заставило Веннера взять вместо этих цифр данные из таблицы 7, в которой содержатся (*четко оговорено!*) данные о времени между присутствием рекрута *при танце* и его прилетом на кормушку. Повторяю, Гулд с соавторами ясно показали, что успешный рекрут затрачивает на полет к месту кормежки 3—4 минуты, а не «в 40 раз больше, чем требуется, чтобы достичь цели по прямой». Вопреки маловероятной интерпретации доктора Веннера, все 225 рекрутов прилетели на кормушку. Только 37 были мечеными, те же 188, которые не приведены в таблице 4, были немечеными, а

не неуспешными рекрутами! Так, мы имеем 25 меченых пчел, которые прилетели на «правильную» кормушку, и 12, прилетевших на ту, что располагалась ± 180° от нее. *Ни один* меченый рекрут не прилетел на кормушку в направлении ± 90° от «правильного». Можно дать интересный комментарий к языку пчел. Я провел эксперимент на эту тему с моим классом по изучению поведения животных, и мы видели, между прочим, что (а) в одном и том же сеансе танца фуражиры указывают и «верное» и противоположное направление и (б) некоторые фуражиры указывают только второе [*sic*]. В обоих случаях создавалось впечатление, что эти ошибки были результатом присутствия слишком большого числа пчел возле танцовщицы. Впрочем, некоторые пчелы могут быть неверно ориентированы такими ошибочными танцами или, как свидетельствуют некоторые наши данные, возможна некоторая неопределенность или непонимание, так что рекруты направляются в направлении 180° от указанного в танце. Если редактор *Science* пожелает получить комментарии к прекрасной статье Гулда с соавторами, я буду счастлив написать их (неопубликованная рецензия анонимного автора; курсив его).

Судьба апелляции в отношении той же статьи Гулда с соавторами

Когда Веннер показал этот отзыв Ларри Фризену, тот воскликнул: «Но ведь все, что написал рецензент, это одна сплошная ошибка!» Мы сели и написали ответ в *Science*:

1. «3—4 минуты, как четко оговорено» относится к фуражирам, а не рекрутам.
2. В таблице 2 нет данных о длительности полетов.
3. В статье Гулда с соавторами нет таблицы 7.
4. Из текста на с. 550 следует, что 225 рекрутов прилетели на кормушки, однако на с. 552 авторы ясно пишут: «Только 37 (то есть, 13 %) из этих 277 пчел, присутствовавших при танцах, оказались успешными рекрутами и были пойманы на кормушке...».
5. Не было кормушек, расположенных в 90° от «верного» направления.
6. Первоначальная гипотеза языка танцев не позволяет рекрутам лететь на цель, расположенную в 180° от «верного» направления.

Фризен стал уговаривать Веннера: «Если Вы укажете все ошибки рецензента, они *должны* будут опубликовать вашу заметку». Веннер ответил: «Ларри, разве Вы не видите, что происходит?».

Тем не менее Веннер провел детальное сопоставление замечаний рецензента с тем, что в действительности содержалось в статье Гулда с соавторами. Он немного откорректировал свой текст, и все это вместе с сопроводительным письмом было отправлено в *Science*. Вот отдельные места письма Веннера:

> Обычно я не предъявляю претензий к такого рода решениям с Вашей стороны (а это третий подряд случай отказа напечатать в *Science* мой текст по данному вопросу). Но в данной ситуации я вижу, что рецензент нанес ущерб как Вашему журналу, так и мне лично. Он допустил несколько серьезных фактических ошибок, и это должно изменить Вашу точку зрения как редактора журнала (прилагаю соответствующую документацию).
>
> Но даже если рецензент прав в чем-то, моя точка зрения должна быть опубликована в *Science.* Мне всегда нравилась позиция Вашего журнала, выраженная в следующих словах: «*Science* служит для своих читателей форумом для представления и обсуждения важных вопросов, отражающих движение науки вперед, в том числе и тех, которые отражают спорные точки зрения. Это лучше, чем публиковать материалы, относительно которых уже достигнут полный консенсус».
>
> Я надеюсь, что разногласия, о которых идет речь, попадают как раз в разряд перечисленных в этом обращении к читателям журнала. Иными словами, если *журнал мог отвести* 10 страниц критике нашей работы, он мог бы предоставить какое-то место и противоположной точке зрения. Даже если предоставленные мной факты ошибочны (что на самом деле не так), я не вижу причин, почему рецензент должен был считать мои возражения не заслуживающими внимания. Если я, по его мнению, был не прав, защитники гипотезы языка танцев будут только довольны увидеть все мои вопиющие ошибки в опубликованном виде.
>
> Нельзя не отметить, что комментарии рецензента помогли обнаружить две небольшие ошибки в моей заметке (хотя ни одна из них не меняет принципиальным образом моей аргументации). Однако для большей ясности я слегка переделал рукопись. Она прилагается.
>
> Я уверен, что на этот раз Вы отнесетесь положительно к представленному мной тексту. Спасибо заранее за проделанную работу.

Далее мы приводим полный текст статьи, вторично направленной Веннером в *Science.*

«Несовпадение с ожидаемым»

Недавняя статья «Трансляция информации о направлении у медоносных пчел», опубликованная в *Science,* интересна в том отношении, что в ней изложены ранее неизвестные данные. Однако в некоторых важных аспектах они не совпадают с тем, что можно было бы ожидать, исходя из первоначальной формулировки гипотезы «языка танцев». Серия 1 экспериментов, поставленных авторами, важна в этом плане, поскольку они были «...направлены на изучение поведения индивидуально меченых рекрутов, каждый из которых присутствовал при танцах и впоследствии был зарегистрирован на экспериментальной кормушке».

Прежде всего, интерес представляет тот факт, что третья часть этих меченых рекрутов преуспела в поисках кормушки, находившейся в противоположном направлении от той, которая была им «указана» танцами. Этот результат очевидным образом противоречит предсказаниям гипотезы в ее «классической» формулировке (Frisch 1947, 1950; Wenner, Wells, Johnson 1969). Все 37 успешных рекрутов должны были прилететь на «правильную» кормушку.

Авторы статьи обнаружили также, что успешные рекруты затрачивают неожиданно много времени на поиски источника пищи. Если бы они летели от улья до кормушки по прямой, им понадобилось бы для этого только 24 секунды (Wenner 1963). Обычно рекруты затрачивают около полутора минут на полет к цели после контакта с танцующей пчелой (50 % оставляют ее в течение 30 секунд) (Wenner 1963). Принимая во внимание анализ данных, приведенных в таблице 4 статьи Гулда с соавторами, приходится признать, что 25 пчел, прилетевших на «правильную» кормушку», затратили на полет в 30 раз больше времени, чем если бы они летели сюда «по прямой». Интересно также отметить, что 12 пчел, оказавшихся на кормушке в противоположном направлении, затратили на полет в среднем в 36 раз больше времени, чем то, которое требуется для полета сюда по прямой.

Совершенно очевидно, что этот результат не совпадает с утверждением, согласно которому «рекруты, возбужденные зрелищем танца, находят место прикормки «удивительно быстро и с большой точностью» (Frisch 1967).

Другой интересный момент состоит в том, что Гулд с соавторами фактически подтвердили точку зрения, высказанную нами ранее (Wenner, Wells, Rohlf 1967; Johnson, Wenner 1970). Суть ее в том, что пчелы, вылетающие из улья, далеко не всегда находят некий определенный источник пищи, даже при самых благоприятных условиях. Отмечу, что определенную путаницу в выводах Гулда с соавторами вносит их понимание термина «рекрут». Они называют так пчел, которые преуспели в поисках цели. Я же предпочитаю назвать так пчел, покинувших улей после контакта с успешным фуражиром. К примеру, авторы пишут: «Только 37 из 277 пчел из свиты танцовщицы оказались успешными рекрутами и были затем пойманы на кормушках, несмотря на то что из-за высокой концентрации сахарозы, помещенной в них, мы наблюдали в улье высокую частоту танцев и рекрутирования...».

Когда опыты бывают поставлены в местах, лишенных посторонних запахов, а не в насыщенных ими (как в местности, где работали авторы), успех рекрутов оказывается еще ниже. Как мы писали ранее в *Science,* при работе с беззапаховой сахарозой с малой концентрацией посторонних запахов «... при отсутствии значительных запасов нектара вокруг улья мы наблюдали (на наших кормушках. — *Е. П.*) только пять рекрутов из общины, насчитывавшей около 60 тыс. пчел. Перед этим между ульем и четырьмя кормушками с 10 фуражирами, натренированными на каждую из них, эти 40 пчел совершили 1374 полета туда и обратно на протяжении трех часов» (Wenner, Wells, Johnson 1969). Этот результат особенно интересен, поскольку впоследствии мы обнаружили, что даже присутствие слабого запаха самой прикормки и места, где она размещена, приводит, при прочих равных условиях, к более высокой частоте танцев в улье (неопубликованные данные, которые могут быть представлены по требованию).

В итоге можно сделать вывод, что результат, полученный этими исследователями, в целом согласуется с нашими ранее опубликованными интерпретациями и никак не согласуется с теми, что были получены фон Фришем и его коллегами в подтверждение гипотезы языка танцев (Frisch 1967). В противоположность заключению авторов статьи, их результат можно считать блестящим подтверждением того, что следует ожидать от подобного эксперимента. Окончательное распределение успешных рекрутов между кормушками не отличается статистически значимо от того, что следует ожидать при случайном поиске ими источников пищи. Более того, нет достаточных оснований считать, что гипотезу языка танцев можно привлечь для объясне-

ния некоторого отклонения от абсолютно случайного распределения (Wenner, Wells, Johnson 1969). Я предполагаю, что на результаты эксперимента моли повлиять небольшие различия в запахе между местами расположения кормушек, воспринимаемые пчелами, но незаметные для экспериментаторов (Johnson, Wenner 1970).

Статья была отвергнута журналом и на этот раз. Комментарии, поступившие к нам только от одного рецензента, звучали следующим образом:

> Как один из рецензентов из числа тех, кто способствовал опубликованию в *Science* ранних исследований доктора Веннера и его коллег, сейчас я не рекомендую печатать критический отзыв на статью Гулда и др. Уже достаточно! Его критика, критика на нее рецензента, ответная критика в адрес последнего — это становится слишком запутанным. Вполне вероятно, что статью Гулда с соавторами печатать не следовало. Однако можно было бы требовать, чтобы все эти материалы обсуждало жюри и оно же решало, кто прав. Но я не думаю, что это будет полезно, поскольку критика со стороны доктора Веннера относительно высказываний фон Фриша не особенно относится к делу. В этой аргументации устойчиво обходится вниманием растущий объем свидетельств, которые надежно обосновывают объяснения фон Фриша. Было бы не эффективно публиковать весьма сложные и не вполне ясные полемические материалы, касающиеся лишь одной порции негативных свидетельств. Нерационально использовать для этого страницы журнала *Science*. Когда и если доктор Веннер предоставит солидные доказательства в поддержку своей точки зрения, он встретит в журнале прием, заинтересованный и симпатизирующий ему.

(Отметим явную приверженность рецензента к подходу, основанному на принципе верификации.)

Неудача нашей попытки подвергнуть критике другую статью Гулда (Gould 1975*a*,*b*,*c*), опубликованную в *Science*

Пять лет спустя после выхода в свет статьи Гулда с соавторами в *Science* была опубликована другая статья первого автора объемом в девять страниц, основанная на материалах его диссертации (см. выше, гл. 12). И снова в ней подвергались сомнению наши исследования.

Веннер решил попробовать еще раз, не окажется ли журнал на этот раз более склонным поместить на своих страницах наши возражения в адрес Гулда. Письмо с этим вопросом (не более, чем «пробный шар») было следующего содержания:

> Каждый, кто хорошо знаком с работами нашего коллектива и с новой статьей Гулда, определенно обнаружит сближение наших точек зрения, поскольку Гулд подошел теперь очень близко к нашей позиции в рамках противостояния вокруг языка танцев у пчел. К сожалению, он не упомянул об этом шаге к сближению, так что те, кто не слишком знаком с нашими исследованиями, могут упустить это важное обстоятельство.

В подтверждение сказанного Веннер приложил к этому письму цитаты из наших более ранних работ и из статьи Гулда, так что редактор мог легко сопоставить те и другие. Веннер продолжал:

> Доктор Уэллс и я хотели бы знать, готов ли журнал *Science* опубликовать материалы, аналогичные приложенным. Хотя нам известен стандартный процесс предоставления статей в Ваш журнал, мы идем другим путем, так как несколько наших предыдущих попыток сделать это оказались безрезультатными из-за враждебности рецензентов... В конце концов доктор Уэллс и я опубликовали эти материалы в *Nature* ([1973] 241: 171—175), хотя и со значительной задержкой. Забавно, что Гулд выступил теперь с аналогичными идеями в *Science* — см. два сопоставления цитат в отправленном Вам Приложении А.
>
> Свидетельствует ли факт опубликования Гулдом идей, которые мы высказывали ранее, о том, что климат в журнале *Science* претерпел изменения? Значит ли это, что мы имеем шансы опубликовать нашу работу? Мы отдаем себе отчет в том, что место в журнале ограничено, и потому были бы удовлетворены публикацией нашей основной идеи (две страницы машинописного текста), при условии, что будет указано на существование двух дополнений для тех, кто пожелает получить их напрямую от нас.

Предлагаемый текст содержит две цитаты из статьи Гулда:

> Если исключить из рассмотрения описанные здесь опыты, гипотеза локального запаха может прекрасно объяснить все результаты, полученные ранее [в том числе и фон Фришем], без обращения к теории языка танцев... Рекрутирование посредством одного лишь

> запаха могло бы быть обычной системой в общинах медоносных пчел при отсутствии стресса (Gould 1975b: 686, 691).

Однако помощник редактора снова пресек наши попытки, ответив нам следующим образом:

> Когда Вы представите нам статью с описанием Ваших экспериментов, мы будем рады рассмотреть ее. Однако мы не видим смысла в том, чтобы публиковать Вашу преамбулу, с приложениями или без них... Что касается общих настроений, которые преобладают в журнале, то разногласия вокруг поведения пчел не есть для нас главное.

Тем не менее в последующие годы в *Science* вновь и вновь появлялись статьи в поддержку гипотезы языка танцев и по близкой тематике. Не было напечатано ни одной, которая выпадала бы из этой парадигмы.

Гносеология и методология

Приложение 6
Реализм и релятивизм

Доказательство — Умозаключение
Уверенность — Неуверенность
Реализм — Антиреализм
Убежденность — Эвристика
Инновация — Креативность
Определенность — Неопределенность
Открытие — Изучение
Объективизм — *Релятивизм*
Объективность — Субъективность
Рациональность — Иррациональность
Авторитаризм — Скептицизм
Холизм — Редукционизм

Дихотомии и оппозиции характерны для способа мышления в западной культуре. Наука, которая многому обязана западной мысли, не является исключением из этого правила. Нетрудно убедиться в том, что перечисленные категории встречаются в тех или иных версиях в научной и философской литературе.

В текстах по философии науки представители разных школ, часто оппозиционных друг другу школ, используют те или иные комбинации этих терминов, понимаемых не всегда одинаково. Например,

Бернштейн вместо понятий реализм и антиреализм говорит об объективизме и релятивизме. Он пишет:

> Неоднозначность возникает не только из-за сложности самих категорий и разницы в оттенках таких ключевых понятий, как рациональность, объективность, реализм и нормы, но также из-за различий в фундаментальных установках разных философов в отношении сущности процесса познания (Bernstein 1983: 4).

В главе 3 этой книги (и в ее тексте в целом) мы предпочли использовать оппозицию реализм — релятивизм для обозначения противостоящих друг другу школ в философии науки. Нам кажется, что именно эти понятия обеспечивают для широкого читателя наиболее верное понимание, на интуитивном уровне, тех противоречий, о которых идет речь.

Карл Поппер и реализм (логический эмпиризм)

Карл Поппер был и остается бесспорным лидером школы реализма (или «логического эмпиризма» по терминологии других авторов). Иэн Хакинг так характеризует, в полушутливой форме, взгляд школы реализма на мир: «цель науки — познать истину, а истина такова, каков есть мир реальности» (Hacking 1983: 27).

В этой цитате из Хакинга мы открываем для себя три неявных, имплицитных допущения, принципиальных во взглядах школы реализма.

1. *Природа есть реальность.* Наиболее фундаментальная идея всей науки состоит в том, что объекты и феномены, которые она изучает, существуют сами по себе, независимо от содержания наших наблюдений и того, что мы думаем о них. При этом подразумевается, что реально существует не только то, что подвластно наблюдению, но и другие объекты и явления, которые нельзя наблюдать в принципе (то есть, что есть науки, которые еще предстоит создать).

2. *В природе есть порядок.* Это положение подразумевает, что нечто, действительное для данной категории объектов и событий, будет следовать тем же правилам в случае других, подобных им, поскольку природа подчиняется определенным «законам». Как следствие этого, справедливо убеждение, что вся армия наблюдателей (использующих

одни и те же инструменты сбора данных и анализа) должны при изучении данного явления получать сходные результаты.

3. *Природа познаваема.* Данные, полученные путем непосредственных наблюдений либо с использованием технических приспособлений, а также при помощи экспериментов, могут быть *рационально интерпретированы*, что позволяет приблизиться к *истинному знанию* относительно изучаемых объектов и событий. Более того, теории (гипотезы), объясняющие происходящее в природе, если они согласуются с реальностью, есть фрагменты достоверного знания.

Вопрос о том, в какой степени природа познаваема, веками служил предметом дискуссий между философами. Поппер, непримиримый защитник изложенных выше взглядов, совершенно убежден в том, что «реализм есть единственная осмысленная точка зрения (hypothesis), против которой не может быть выдвинуто никаких возражений» (цит. по: Miller 1985: 223). Поппер не только пропагандирует эту систему взглядов, но также настаивает, что только она может лежать в основе науки.

Согласно Попперу, «есть все основания настаивать на том, что наука в своих устремлениях *сводится к описанию и (насколько это возможно) к объяснению происходящего*» (цит. по: Miller 1985: 222 — курсив Поппера). Поппер считает также, что критический рационализм (гипотетико-дедуктивный метод) есть эффективный инструмент познания реальности: «Мы работаем на основе гипотетических построений, то есть теорий, относительно которых есть надежда, что они истинны (или близки к истине)» (цит. по: Miller 1985: 222).

Здесь Поппер мимоходом уточняет (по принципу *ad hoc*) пункт 3 в приведенном выше перечне теорем школы реализма: «Впрочем, существуют теории, относительно которых мы не можем судить с определенностью... несмотря на то, что они лучшее из того, на что способен разум человека. Они, таким образом, могут быть названы “проблематичными”» (цит. по: Miller 1985: 222).

В другом месте Поппер пишет: «Подходя с рациональных позиций, … в качестве базы для нашей деятельности следует предпочитать всем прочим такие теории, которые могут быть тестируемы наилучшим образом» (цит. по: Miller 1985: 114 — курсив Поппера). Заметьте, однако, сколь рискованно близко оказался здесь Поппер к взглядам школы релятивизма (см. ниже).

Среди конкурирующих философских концепций «идеализм» (которого мы здесь не касаемся) отрицает пункт 1 в нашем перечне постулатов школы реализма. Термин «прагматизм» заменяет категорию

истинности знания на категорию «полезности», тем самым делая уступку в сторону релятивизма «pragmatism» substitutes (см. Schram 1979). Другие философские подходы видоизменяют либо ограничивают в применении постулат 3. Ограничения обычно касаются вопроса о том, что именно мы наблюдаем — объект как таковой или энергию того или иного рода, поступающую от него. Порпер категорически отвергает все эти альтернативы:

«Я полагаю, что знаком со всеми этими аргументами из эпистемологии, и считаю их, в общем, субъективными. Все они предложены в поддержку альтернатив реализму, таких как позитивизм, идеализм, феноменализм, феноменология и т. д. Я считаю все философские аргументы, которые (насколько мне известно) предлагались в защиту всех этих измов, определенно ошибочными» (цит. по: Miller 1985: 223—224 — скобки и курсив Поппера).

Поппер убежден, что все эти философские идеи ведут к нежелательному и несостоятельному «антиреализму» (цит. по: Miller 1985: 106). Таким образом, с позиций школы реализма в науке приближение к истинному знанию идет по асимптоте за счет «объективного, строгого описания» событий внешнего мира (см. рис. 3.2) вкупе с логически обоснованными попытками верифицировать (Карнап) либо отбросить (Поппер) теории. Попер четко формулирует эту позицию:

> Процедура, предлагаемая нами, может вести (до тех пор, пока она не нарушается, например, нерациональными способами действий) к успеху, в том смысле, что наши гипотетические построения имеют тенденцию все ближе подходить к истине. То есть, к адекватному описанию тех или иных фактов и аспектов реальности (цит. по: Miller 1985: 222 — фраза скобках Поппера).

Хакинг (Hacking 1983) также прибегает к ярлыку «антиреализма» и даже расширяет сферу его применения. Поэтому мы пользуемся в этой книге, и здесь в частности, гораздо менее одиозным понятием «релятивизм» (см. рис. 3.1 и заставки к главам) в отношении к методологиям, которые противостоят, в том или ином отношении, или ставят под сомнение базовые принципы школы реализма.

Кун порывает с реализмом и открывает окно в релятивизм

То, что Поппером сказано об «антиреализме» (последняя цитата, текст в скобках), дает нам основания более внимательно разобраться в позиции Томаса Куна, изложенной в его книге «Структура научных революций». Не вводя какой-то новый «изм», ее автор обращает особое внимание на роль в науке человеческого фактора (что имеет прямое отношение к третьему постулату школы реалистов). Кун ни в какой мере не выступает за иррациональность, он лишь видит ее в качестве вполне обычного компонента научного процесса. Так, обсуждая феномен «нормальной науки», Кун пишет:

> Конформизм ученых в следовании неким научным традициям может даже не предполагать существования в ее основе неких заранее заданных правил и предположений... Все это может оказаться замененным парадигмой, которая оказывает на исследователя намного более сильное и принудительное влияние, чем любой свод рациональных научных правил... (Kuhn [1962] 1970a: 45)
>
> Как и в политических революциях, в выборе ученым парадигмы как основы своей деятельности нет более высокого стандарта, чем одобрение со стороны сообщества, к которому персона принадлежит. Чтобы понять, как именно происходит научная революция, мы будем, таким образом, анализировать не только те компоненты, которые связаны с сущностью исследуемого объекта и логических процедур, но также характер аргументации, убедительной и эффективной лишь внутри конкретной, ограниченной группы научных работников (Kuhn 1962: 94).

В другом месте Кун утверждает: «Переход от одной из двух конкурирующих парадигм к другой не может двигаться шаг за шагом, на почве логической доказательности тех или иных фактов. Подобно смене гештальтов, этот переход осуществляется либо единовременно, либо не происходит вообще... Такой переход есть результат кардинального изменения взглядов участников научного процесса» (Kuhn 1962: 150—151).

Таким образом, в глазах Куна, рациональность в науке имеет ограничения, обязанные тому, что можно назвать, в силу «железной хватки», осуществляемой парадигмой. Этот фактор превосходит в своем влиянии логические соображения и прочие факторы (социальные, психологические и даже квазирелигиозные), которые могли бы

действовать в иной ситуации. Изложенные взгляды Куна суммированы Имре Лакатосом лаконично и даже с долей иронии: «Изменения производят эффект, подобный появлению карнавальной повозки. С точки зрения Куна, *научная революция иррациональна и отражает психологию толпы*» (Lakatos 1970: 178 — курсив его же).

Суть всего того, о чем здесь шла речь, важна для нас в рамках вопроса о том, каков тот исходный фактический материал, на котором строятся эти философские конструкции. Те философы науки, которые, обсуждая прогресс науки, основываются на источниках, опубликованных в далеком прошлом (например, во времена Галилея и Пастера), могли бы прийти к заключению о тормозящей роли традиций школы реализма.

Представляется, что в руках философов науки слишком мало материала о событиях, происходящих в науке сегодня, и что реально могло иметь место в ходе научных противостояний в прошлом. Увы, слишком часто речь идет лишь о наиболее выдающихся ученых, внесших свой неоценимый вклад в научный прогресс.

Нам представляется, что идеи Куна выходят за рамки происходящего в науке. Можно спросить, например, почему столь много школ существует в *философии* науки? Кун мог бы ответить, что интеллектуал, интересующийся этой областью знаний, выберет в качестве примера для подражания того философа, взгляды которого произвели на него наибольшее впечатление. При этом такая персона окажется в «плену некой данной парадигмы» (см. Masterson 1970).

Подводя итог, следует еще раз напомнить, что приверженцы школы реализма настаивают на двух тезисах. Во-первых, что в наших силах узнать «истину». И, во-вторых, что им известны способы достижения этой цели — такие, в частности, как верификация и/или фальсификация гипотез (для более полного ознакомления с позициями научного реализма см. Jeplin 1984).

Кун, напротив, подчеркивает роль социальных и политических факторов, вторгающихся в ход научного процесса и тем самым существенно влияющих на прогресс в этой области. Раздор, который Кун внес в дотоле сплоченные ряды философов науки, привел к укреплению позиций релятивизма. Вот что писал по этому поводу Бернштейн:

> Релятивизм не только выступает против позитивной уверенности объективистов, он идет дальше. В своем наиболее отчетливом выражении релятивизм формирует основу убеждения, что наиболее

> фундаментальные философские системы, будучи рассмотрены с пристрастием, оказываются детерминированы индивидуальным стилем мышления, господствующими теоретическими воззрениями (в том числе и в форме парадигм), а также стилем жизни конкретного общества и его культурой (Bernstein 1983: 8).

Бернштейн продолжает: «*Соперничество* между объективистами [реалистами] и релятивистами длится с самого начала возникновения западной философии или, по крайней мере, с нападок Платона на софистов и на Протагора, которого, вероятно, можно считать одним из первых релятивистов» (Bernstein 1983: 8).

Сегодня мы можем задать вопрос: «В чем наука отличается от других видов человеческой деятельности?». За пределами науки стремления людей блокированы реалистическими умонастроениями. Например, во время выбора президента не представляется возможным склонить приверженца одной кандидатуры в пользу другой. Так же дело обстоит и в отношении религии.

В науке, напротив, время от времени происходят кардинальные смены парадигм, так что участники этих событий очень быстро усваивают «реалистический» взгляд относительно явлений, затронутых таким преобразованием. Если последующими исследованиями удается показать, что новая альтернатива более «полезна» (Schram 1979), ее первоначальные противники также склоняются в сторону новых воззрений. Весь этот процесс, однако, может продолжаться десятилетиями. Таким образом, самокорректирующийся компонент науки не вступает в силу сразу же после того, как вырисовывается новый аспект проблемы (см. Veldink 1989).

© 1985 Sidney Harris—*American Scientist Magazine*

Приложение 7

Эволюция и статус «научного метода»

> Растерянный студент неизбежно позволит своему техническому оборудованию выбрать за него самого случайно и наугад там и тут неорганизованные в систему клочки как научных, так и псевдонаучных методов.
>
> — Е. Теохарис и М. Псимопулос (Theocharis, Psimopoulos 1987: 597)

> Сегодня уже практически никто не верит, что возможен строго формальный научный метод.
>
> — Хилари Патнем (Putnam 1981: 125)

На протяжении нескольких последних веков некоторые ученые оказались на редкость продуктивными. Это обстоятельство позволило предложить ряд спекулятивных объяснений причин подобной продуктивности. Со временем философы и ученые стали рекомендовать на этих основаниях те или иные рецепты в качестве средства достижения успеха в науке.

Крайняя степень приверженности к той или иной методологии проявилась в рамках школы реалистов, в особенности в той ее ветви, которую называют «логическим позитивизмом», лидерами которой стали Рудольф Карнап и Карл Поппер. Эти философы, следуя разработанным ими взглядам, пришли к убеждению, что чисто рациональный логический подход может дать убедительные свидетельства в справедливости той или иной гипотезы. Возможна и другая альтернатива: «...решительные, хотя и косвенные доводы, позволяющие отвергнуть гипотезу». Патнем перефразирует эту позицию следующим образом: «Значимы только те утверждения, которые выдерживают проверку методами математики, логики и эмпирических процедур. Все прочие утверждения, по мнению позитивистов, есть “ложные утверждения” либо “замаскированная бессмыслица”» (Putnam 1981: 105).

Влияние логического позитивизма заметно усилилось в первой половине прошлого века. В учебниках биологии появился стандартизированный раздел «Научный метод». В то же время текст варьировал в отношении рекомендаций, основанных на разнообразии взглядов тех или иных философов науки. Преобладающим, однако, оказался

принцип верификации (см. гл. 2 рис. 3.1), особенно там, где речь шла о «нестрогих» областях биологии.

Несколько позже в методологии науки возникло осознание искусственности некоторых подходов. Тогда стало возможным увидеть комментарии, близкие по смыслу к следующему высказыванию Патнема:

> С момента опубликования «Логики» Миллса в 1840-х гг. и до появления «Логических оснований вероятности» Карнапа влиятельные философы продолжали верить, что нечто вроде формального метода (типа «индуктивной логики») лежит в основе эмпирической науки. Они полагали, что эта линия рассуждений, в частности формализация пионерских работ Фреге в 1879 г., может привести к формулированию эксплицитных доводов в пользу данного метода (Putnam 1981: 189).

Были и другие попытки дальнейшей формализации того, что рассматривалось в качестве успешного научного метода, а также применения этой методологии в области медленно развивающихся биологических дисциплин. Была надежда, что результатом станет быстрое ускорение научного прогресса. Следствием всего этого стало, в частности, внедрение принципа «нулевой гипотезы» в экологию.

Но затем, в период между 1960-ми и 1980-ми гг. вера в универсальный научный метод устойчиво угасала (см., например, Mahoney 1976; McIntosh 1987). Эта тенденция стала еще более очевидной, когда пришло понимание того, что движение науки не может ускориться с насильственным введением в нее какого-либо стандартного научного метода. Соответственно, описания научного метода стали исчезать из учебников.

Немногие за пределами науки отдают себе отчет в том, что она в своем отношении к миру отражает позицию простолюдина. В приверженности ученых «научному методу» прослеживается очевидная параллель мнению публики об «объективности» науки (см., например, Kneller 1978). Патнем пишет:

> *Институционализация* логического позитивизма шла теми же путями, что и *институционализация* современного общества. То, что можно было «верифицировать» в науке в том смысле, какой придают этому понятию позитивисты, можно считать «правильным» в обыденном понимании этого слова, или предположительно правильным. Так, статус «весьма успешной научной теории» перекликается

> в понимании народа с представлениями о правильности либо предположительной правильности, что иллюстрирует и поддерживает образ научного знания и норм благоразумности, столь свойственных нашей западной культуре (Putnam 1981: 106).

Краткий экскурс в историю поможет проиллюстрировать, как трансформировались подобные взгляды научного сообщества и публики на протяжении нескольких столетий.

Эволюция логического позитивизма

Возникновение современного «научного метода» можно отнести к XV в. Патнем пишет:

> Стартовав в XV в. и достигнув своего рода максимума в XVII в., науки и философия провозгласили несколько методологических аксиом. Они не были тогда поданы в виде строгих формальных правил, но требовали при своем использовании неформальной рациональности, то есть прозорливости и здравого смысла (Putnam 1981: 195).

Френсис Бэкон (1561—1626) был одним из первых ранних философов, оставивших глубокий след в нашей современной культуре. Он узаконил концепцию индуктивного знания, суть которой в накоплении фактов и создании гипотезы на их основе. Этот подход дожил до наших дней и существует ныне в форме принципа верификации (см. гл. 3 и рис. 3.1).

Современник Бэкона Рене Декарт (1596—1650) был первым, кто привнес в нашу культуру формальный дедуктивный метод. Он понял, что невозможно прийти к самоочевидной истине, двигаясь короткими шагами, и так достичь уверенности в ее весомости. Этот подход можно считать предвестником принципа фальсификации (рис. 3.1), который прекрасно показал себя в становлении аналитической геометрии и механистической психологии Уильяма Гарвея (Декарт также завоевал крупицу славы на почве его «доказательства» существования Бога путем аналогичных логических построений).

Вскоре после Бэкона и Декарта Джон Локк (1632—1704) и Роберт Бойль (1627—1691) выступили с настоятельным требованием опираться на опыт (эмпирический подход) вместо того, чтобы слишком строго придерживаться неких априорных «научных» принципов. Они,

таким образом, стали одними из первых релятивистов (Бойль написал книгу под многозначительным названием «Химик-скептик»). Патнем так объясняет всю важность сделанного Бойльом:

> До XVII в. физики не делали строгих различий между конкретным поставленным экспериментом и простым описанием, который мог бы подтвердить теорию, выдвинутую на основе более или менее априорных соображений. Более того, они не видели необходимости публиковать неудавшиеся эксперименты. Иными словами, эксперимент служил главным образом как иллюстрация доктрины, выдвинутой дедуктивно и априорно... Бойль предложил ряд инструкций, важных для того, чтобы направить физические исследования в более строгое русло. Тем самым он придал индуктивному методу Бэкона более абстрактные и формализованные очертания (Putnam 1981: 195, 196).

Английский эмпирик Дэвид Юм (1711—1776) пошел еще дальше, настаивая, что обобщения невозможны при малом количестве наблюдений. Настаивая на том, что идеи возникают из восприятия (impressions) — ощущений, страстей и эмоций, он предвосхитил взгляды более поздних релятивистов. Иммануил Кант (1724—1804), современник Юма, активно отрицал возможность достижения абсолютной истины.

Таким образом, до 1800-х гг. школы реализма и релятивизма боролись, в общем, на равных. Сторонники первой считали, что можно прийти к «истине», пользуясь тем или иным четко оговоренным методом, отвечающим индуктивному и/или дедуктивному подходу. Приверженец школы релятивистов, упрощенно говоря, не мог заранее предсказать, к чему он придет, ставя очередной эксперимент: его результаты подсказывали дальнейший путь изысканий, то есть сама исследуемая реальность выступала в качестве гида.

Такое отсутствие единообразия мнений в первые века становления современной науки принесло богатые плоды. Но уже в первые десятилетия прошлого века начались новые движения интеллектуальной мысли, в которых все больший и больший вес приобретала так называемая Венская школа. По этому поводу Патнем писал:

> В последние 50 лет мы видим четко выраженную тенденцию к разработке методов «рационального обоснования» научной деятельности, представленных в виде некоего перечня канонов... Это направление известно как логический позитивизм, приверженцы

которого предполагали, что возможно исчерпывающим образом описать «правильный научный метод (Putnam 1981: 105) ... В соответствии со «стерилизованным» операционализмом, ставшим, как кажется, рабочей методологией большинства ученых, научная теория должна быть построена на тестируемых умозаключениях, а те, в свою очередь, могут быть выражены утверждениями в следующей форме: *если мы проделали такие-то и такие-то действия, мы получим такие-то и такие-то наблюдаемые результаты* (Putnam, 1981: 178).

В период между 1940-ми и 1960-ми гг. логический позитивизм доминировал во многих сферах биологии: научный метод мог быть очерчен с полной определенностью. Ниже мы рассмотрим одно из наиболее полных описаний такого стандартного научного метода (Silvernale 1965), того самого, который нам преподавали в университетском курсе биологии.

Научный метод

Сильвернейл считает, что научный метод (стиль мышления) берет начало в трудах древнегреческих философов и что в социальных науках он утвердился прежде, чем пришел в естественные. Этот автор перечисляет 9 из «нескольких шагов», предопределяющих «научный» подход к делу. Эти последовательные этапы научного исследования видятся автору следующим образом:

1. *Наблюдение.* Здесь Сильвернейл пишет: «Не каждый способен к точным наблюдениям, поскольку не все знают, что именно (и как) нужно увидеть. Кроме того, многие видят только то, что хотят увидеть, а не то, что происходит на самом деле. Это связано с тем, что неподготовленный наблюдатель, не имеющий научной подготовки, часто подсознательно готов заранее к тем или иным своим оценкам» (Silvernale 1965: 4).

2. *Обозначение проблемы.* Сильвернейл говорит о том, что вопросы «как?» и «что?» правомерны в науке, в отличие от вопроса «почему?», который обычно неразрешим. Так он неявным образом выступает против телеологии.

3. *Сбор данных.* Здесь говорится о том, что сначала «следует выяснить, не была ли проблема решена кем-нибудь прежде».

4. *Систематизация полученных данных.*

5. *Формулирование гипотезы.* По мнению Сильвернейла, на этом этапе ученый приходит к предварительному решению («научной догадке»), каков мог бы быть логический ответ на поставленную задачу. Он пишет:

> Компетентный исследователь может, только еще столкнувшись с проблемой, предположить, как именно она может быть решена. Такое «интуитивное прозрение» характерно для истинного ученого и в этом смысле отличает его от обывателя, который обычно не готов к формулированию ясной рабочей гипотезы... Ученый вполне готов отвергнуть свою гипотезу, если для того есть разумные основания. Обыватель, напротив, обычно старается остаться при своем мнении, поскольку в противном случае окажется задетым (Silvernale 1965: 5).

6. *Проверочные эксперименты.* Опыты должны быть затем повторены, «чтобы доказать, что результат не был получен в силу случая».

7. *Решение.* Здесь можно усмотреть резкий поворот автора в сторону подхода, основанного на принципе верификации. Он пишет: «Решение состоит в том, чтобы поставить гипотезу под вопрос, а затем верифицировать ее. Если контролируемый эксперимент доказал, что гипотеза верна, решение остается за другими исследователями; если нет, гипотезу следует отвергнуть» (Silvernale 1965: 5).

8. *Научная верификация, или воспроизводимость.* Линейная последовательность действий в этом описании научного метода заставляет Сильвернейла написать: «Если результаты, полученные другими исследователями, окажутся в целом такими же, как и в оригинальном эксперименте, гипотеза может быть принята как имеющая силу и, таким образом, приобретает статус *теории*» (Silvernale 1965: 5).

9. *Публикация и последующее применение.* На заключительном этапе всего процесса «Результат исследования может быть представлен аудитории в качестве научного факта и используется затем при решении сходных проблем» (Silvernale 1965: 5).

Умирание логического позитивизма

Примерно в то время, когда для биологов тема научного метода стала привычной и уже не вызывала никаких нареканий (1940—1980), появились серьезные сотмнения относительно исходных оснований для такой постановки вопроса. Вот что пишет об этом Патнем:

> Вероятно, нет ничего странного в том, что уже к 1950-м гг. логический эмпиризм начал терять свое влияние... Когда феноменализм заявил о себе, а затем *защита* его положений со стороны философов сменилась их голым провозглашением, появилась необходимость сделать их более «приемлемыми» (reasonable), добавив исключения из правил, модификации и пр. Тогда весь пафос пропагандируемого подхода аннулировался сам собой (Putnam 1981: 187).

В это время уже наметился поворот в сторону релятивизма. Полани (см. например, Polanyi 1958) оказался одним из первых видных ученых, выступивших с идеями этого плана. Вскоре появилась книга Куна (Kuhn 1962) (см. гл. 3 и рис. 3.1). Однако биологи, приверженные к школе реализма, оставались мало осведомленными об этих событиях.

Макинтош так видит трудности, с которыми столкнулись экологи: «В исторической перспективе философия науки не казалась биологам достаточно важной и полезной для них. Философы же уделяли мало внимания вопросам экологии, но сосредоточились на сферах генетики и эволюции» (McIntosh 1987: 324).

Важно также помнить, что несколько поколений биологов были очень мало осведомлены о том, что представляет собой наука как *процесс*. А это значит, что те, кто занят биологическими исследованиями сегодня, получили в университетах то самое представление о «научном методе», которое дано в работе Сильвернейла (в традициях школы реализма). Уйти от этих устаревших догм могли лишь те, кого во время обучения в высшем учебном заведении ознакомили с иными направлениями в философии науки. То же самое могло случиться с исследователями, способными трезво оценить получаемые ими аномальные результаты и, таким образом, изменить направление исследований, если оно зашло в тупик.

Наука как коллективный процесс

Научное сообщество слишком долго было ограничено в возможностях понять, как движется процесс его активности. Например, даже в отношении такого простого понятия, как «тестирование» гипотезы, до сих пор нет согласия в том, какова же должна быть эта процедура. Некоторые будут довольствоваться здесь тем, что повторные эксперименты приносят тот же самый результат. Для других достаточно поставить опыт, похожий на первый, но в других условиях, и получить «приемлемые результаты». Еще одна трактовка такова: надежная проверка осуществлена, если каждый последующий эксперимент дает «предсказуемые результаты». Кое-кто идет дальше, полагая, что тест состоит в реальной попытке фальсифицировать гипотезу (по Попперу). В то же время подход, основанный на строгих умозаключениях, практически не известен представителям нескольких биологических дисциплин.

Помимо такого рода недоговоренностей относительно эмпирической базы науки, очень мало кому известно о принципах ее методологи. В то же время, каждый фундаментальный подход, которому в принципе может следовать ученый (рис. 3.1), имеет свои ограничения, те или иные в данной конкретной ситуации (см. гл. 14). Так или иначе, сегодня во многих областях биологии работа протекает преимущественно в ограничительных рамках школы реализма, оставаясь, в общем, на уровне физики XVII в. Здесь уместно будет процитировать пассаж из работы Бома и Пита:

> Когда наука выиграла борьбу с церковью за право свободно провозглашать свои гипотезы, это, в свою очередь, закрепило идею, что знание может быть либо абсолютной истиной, либо близко к таковой. Эти представления о неодолимой мощи науки отражаются в сознании многих, далеких от нее, наподобие непререкаемой веры других в правоту религии (Bohm, Peat 1987: 24).

Между тем, прогресс в науке есть результат коллективной деятельности. Поэтому чем быстрее ученый сможет в нужное время отойти от привычных догматов, тем больше шансов для более быстрого движения вперед науки в целом. С другой стороны, чем активнее устоявшиеся идеи защищаются в ситуации накапливающихся аномалий, тем глубже становятся противоречия между старым и новым. В этом случае движение к лучшему пониманию происходящего замедляется.

В случае подобных противоречий конфликтующие стороны начинают осознавать всепроникающее влияние человеческого фактора на ход научных исследований, что ранее почти не принимали во внимание. По этому поводу Патнем пишет:

> Говоря обо всем этом в более абстрактных терминах, укажем, что те, кто фетишизируют «метод», стоят на позиции, согласно которой наши *суждения о мире сугубо целостны.* Однако согласно теореме Байеса, это не так. То есть мы можем, даже в науке, подразделить их на две категории: формальную, которая может быть схематизирована математически и программирована на компьютере и ту, которая не поддается таким операциям и находится в зависимости от смены воззрений ученых... Ученый в состоянии оценить степень доверия к гипотезе, которая выглядит «осмысленной», если он подходит к этому вопросу с адекватными представлениями о вероятностном характере такого решения... Но если такого рода представления сами не слишком осмысленны, тогда и его суждения о качестве гипотезы окажутся абсолютно неверными... Таким образом, формальная рациональность не гарантирует того, что суждение в целом будет рациональным (Putnam 1981: 191, 192).

В итоге получается, что сама основа науки в форме так называемого «научного метода» может быть поставлена под вопрос (см. Burk 1986). К сожалению, многие биологи ничего не знают о катаклизмах в этой сфере. Открытыми остаются следующие вопросы: подойдет ли философия науки к более широкому пониманию хода научного процесса; воспримут ли биологи важность дискуссий, происходящих в сфере философии, психологии и социологии науки; осознают ли ученые, что деятельность каждого из них в данное время есть часть широкого полотна процесса науки в целом.

И, наконец, в каком направлении «научный метод» будет развиваться в дальнейшем?

Приложение 8
Телеология

> Телеологические объяснения важны в биологии. Они подразумевают, что те или иные части тела, процессы или формы поведения организмов сформировались для определенных целей, которые, как правило, соответствуют главной цели успеха в размножении (reproductive fitness).
>
> — Джордж Ф. Кнеллер (Kneller 1978: 146)

> Природа нашего мышления заставляет искать причину вещей... Опыт учит нас, что нет возможности уйти от вопроса *как*, то есть выйти за пределы непосредственной причины феномена, необходимых условий его появления.
>
> — Клод Бернар (Bernard [1865] 1957: 80)

> Но величайшее заблуждение телеологического стиля мышления (или величайшее возражение против него) состоит в его связи с эмоциональным содержанием, или, попросту, верой. Люди, поддавшиеся вере, даже при необходимости ответить на самоочевидный вопрос оказываются столь скованными эмоциями, что не видят противоположного решения, которое в противном случае могло бы быть открыто незамысловатыми усилиями разума.
>
> — Джон Стейнбек (Steinbeck [1941] 1962: 143)

Большинство людей, далеких от науки, и многих современных ученых, особенно тех, что работают в области изучения поведения животных, вполне устраивает заявление Кнеллера о полезности телеологического подхода. Они хотят знать, почему в данной ситуации животное действует так, а не иначе.

Например, на вопрос «почему гуси улетают на зиму на юг?», они с готовностью отвечают: «чтобы оставаться в тепле». Такое объяснение биологических феноменов в терминах целеполагания принято очень широко, но оно стерильно как прием научного исследования.

Как можно видеть, еще Клод Бернар понял всю ограниченность такого подхода.

С телеологическим стилем мышления часто сталкивались и мы, когда предлагали наши объяснения того, каким образом молодые неопытные пчелы мобилизуются на поиски взятка. В ответ на наше заявление, что они ищут источник пищи по запаху, неизменно следовал вопрос: «Но тогда *почему* пчелы танцуют?». Интересно, что сам Фриш отвергал подобный ход мысли. Он писал: «Причины, по которым эти сложные и весьма своеобразные формы поведения могли развиться в эволюции и остаться нефункциональным элементом видового репертуара, не подлежат обсуждению» (в пересказе Виннера и Уэллса: (Wells, Wenner 1973: 626).

Телеологическая аргументация в еще более откровенной форме содержится в первой фразе статьи Мартина Линдауэра, направленной на отрицание наших исследований. Он пишет: «Каждая морфологическая структура и каждый поведенческий акт связан с определенной функцией» (Lindauer 1971: 89). Хотя это утверждение можно поставить под вопрос, его можно трактовать не как телеологическое, но чисто описательное.

Однако далее идет заявление не только телеологическое, но и не вполне логичное: «Только исходя из одного этого, кажется очень мало вероятным, чтобы информация, содержащаяся в танце, не транслировалась бы партнерам по улью» (Lindauer 1971: 89). Линдауэр, таким образом, имеет в виду, что структура и цель внутренне присущи системе и что целенаправленное поведение подобно тому, которое следовало бы ожидать от человека в подобной ситуации (антропоморфический взгляд на вещи).

В свое время мы ссылались на Гемпеля и Поппера, когда говорили о том, что Линдауэр использует телеологию Аристотеля (и Дарвина) как аргумент в пользу существования «языка танцев» (Wells, Wenner 1973: 175).

Возражая Линдауэру, мы привели пример того, что не «каждый поведенческий акт» адаптивен. Речь идет о реакция восточной плодовой мушки на метилевгенол, который оказался, по данным Штейнера (Steiner 1952), аттрактантом для этого вида двукрылых. Мы писали:

> Метилевгенол не является компонентом естественного рациона мушки и, вероятно, не обладает для нее пищевой ценностью. Однако вещество непреодолимо влечет к себе самцов, и они «поедая

его, не в состоянии остановиться, что ведет к их гибели в результате переедания» (Wells, Wenner 1973: 175).

Можно было бы добавить, что характер вспышек, производимых светляками (семейство Lampyridae), коррелирует с температурой воздуха, но это совсем не значит, что они в своей коммуникации сообщают партнерам о состоянии погоды.

Наконец, было сказано, что эти примеры говорят о слабости телеологической аргументации. Характерные особенности той или иной формы поведения неверно рассматривать в терминах целенаправленности, непременной адаптивности или связи с некой специфической функцией (Wells, Wenner 1973: 175).

На этом спор можно было бы и закончить, но в это время на защиту Фриша и Линдауэра встал Энтони Фергюсон (Ferguson 1975). Ему, в свою очередь, возразил Джек Хейлман (Hailman 1977), чье выступление опять-таки не осталось без ответа (Ferguson 1977).

Вот как шла эта дискуссия. Прежде всего, Фергюсон заменил слово «почему?» в высказывании Фриша на «для чего?» (чисто словесная маскировка смысла) и изобразил следующий диалог: «Вопрос: “Для чего предназначена информация, содержащаяся в танце?”. Ответ: “Чтобы поиски корма были более эффективными”. Если суть дела описана таким образом, здесь нет телеологии... Вопрос “для чего?” есть попросту условная стенографическая формула». Он продолжает: «Хотя с лингвистической точки зрения речь, вроде бы, идет о телеологии, по содержанию ее здесь нет» (Ferguson 1975: 369).

В спор вступил Хейлман. Он согласился с нами в том отношении, что позиция Линдауэра уязвима с гносеологической точки зрения. Вот аргументы Хейлмана:

1. Линдауэр не прав, утверждая, что если информация закодирована в танце, она непременно должна быть адресована кому-то. Возражения Уэллса и Виннера (Wells, Wenner 1973), что это не так, справедливы.
2. Уэллс и Виннер правы также в том, что видеть в танце средство коммуникации — это телеологическая точка зренния.
3. Неважно, идет ли речь о наивной телеологии Аристотеля или о ней же, но в одеждах дарвинизма. В любом случае некорректно считать, что танцы «предназначены» для коммуникации (Hailman 1977: 187).

Фергюсон пытался опровергнуть наш контрпример с плодовой мушкой. Он пишет, что коль скоро это насекомое никогда не имело дело с метилевгенолом в природе, их реакцию на это вещество не следует рассматривать как «неадаптивную». Мухи могут реагировать на метилевгенол), воспринимая его соответствующим каким-то природным стимулам, подобно тому как млекопитающие реагируют на сахарин. Таким образом, — пишет он, — «*основа* этой реакции может, в конечном счете, быть адаптивной» (Ferguson 1975).

Этот аргумент проще всего опровергнуть сказанным Хейлманом в заключительном пункте его выступления в защиту нашей точки зрения:

> 4. Еще Блест (Blest 1960) обнаружил, что ночные бабочки сатурниды особым образом крутятся при посадке после полета. Эти движения, как и у пчел, содержат информацию о том месте, откуда бабочка прилетела. Если эти движения и имеют какую-либо адаптивную ценность, она неясна. Едва ли кто-нибудь станет утверждать, что эта информация адресуется другим особям того же вида (Hailman 1977: 187, 188).

В том же духе опровергает возражения Фергюсона и Хейльмен. Он повторяет наши доводы в еще более убедительной форме и приводит ряд ярких примеров неадаптивного поведения, не несущего конкретной значимой функции (см. Hailman 1977).

В статье Хейлмана, о которой шла речь выше, содержится обсуждение еще двух вопросов. Во-первых, действительно ли утверждение Фриша (цитированное выше) телеологично по своей сути. И, во-вторых, стоило ли нам возражать Фергюсону, занявшемуся заменой одного вопросительного слова другим (Ferguson 1977). Эта попытка базируется на семантическом трюке. Но в нем автор стремится неявным образом снизить значение примера с бабочками сатурнидами, столь важное для всей этой дискуссии.

Очевидно, что ни один автор не сможет переубедить другого, заставив того поверить в свою правоту (Atkinson 1985). Не произошло это ни в нашем споре с Линдауэром, ни в последующих — между Фергюсоном и Хейлманом и между Росин (Rosin 1988a, b) и Уоллсом (Walls 1988), о котором будет сказано ниже. Концептуальные разногласия между участниками таких дискуссий предшествуют им и остаются по окончании спора.

Как указывает Майкл Рьюз (Ruse 1973), телеологические объяснения пришли к нам с времен, предшествующих дарвинизму, «когда в биологии доминировала парадигма “по плану Творца”». Рьюз продолжает:

> Так, философ Уильям Юэлл мог писать, что «каждая частица и каждый орган не просто выполняют некую роль, но она *предначертана* им... Каждый орган предназначен для конкретной функции... Любая часть целого имеет свою *конечную причину*, к которой та адаптирована и находится именно в надлежащем ей месте». Мы видим, что объекты объясняются с точки зрения тех результативных действий, которые мы от них ожидаем. Современные эволюционисты позволяют себе смотреть на вещи так же, и делают это, утверждая, что естественный отбор действует, в общем, по принципу «Начального замысла» (см. обсуждение того, как додарвинские идеи отражены в «Происхождении видов» и в других трудах по биологии в работе Янга: Young 1971) (Ruse 1973: 196; см. также Whewell 1840, 2: 79—80).

Джеймс Гулд использует телеологические аргументы более осторожно. «Спорили о том, — пишет он, — *должны* ли быть полезными корреляции между фигурами танца и координатами местности, или этого может и не быть» (Gould 1975b: 686). Он добавляет: «В случае *языка танцев* [курсив наш] эволюционные аргументы особенно убедительны».

Впрочем, Гулд отдает себе отчет в том, что возражения, основанные на примерах противоположного характера, необходимо принимать во внимание и ссылается на некоторые из них, приведенные нами и Хейлманом. Но, несмотря на все это, он продолжает верить, что язык танцев остается неоспоримым «фактом».

С практической точки зрения, телеологический стиль мышления может реально подавлять творческие потенции ученого, что с определенностью сказано Стейнбеком (см. эпиграф к этому разделу). Гулд также говорит об осторожности «в попытках давать поспешные объяснения и тем самым уходить от реального исследования», и далее категорически утверждает: «Телеологические аргументы, взятые как основа доказательств или как вопрос веры, могут попросту укрепить первоначальное отсутствие уверенности, показав тем самым, что нет необходимости в продолжении работы» (Gould 1976: 238).

Но повлияли ли каким-либо образом все эти дебаты на ход противостояния вокруг гипотезы языка танцев? Наверное, в очень малой

степени, поскольку ее приверженцы до сих пор пользуются телеологической аргументацией. Так, например, Ролан Уоллс пишет: «Легко представить себе, что в мире, основанном на конкуренции, любая экономия энергии должна способствовать выживанию медоносной пчелы как вида. Карл фон Фриш и его коллеги показали, что в круговых движениях танца есть смысл и предсказуемость» (Walls 1988: 576).

Хотя Росин считает, что «эта телеологическая аргументация есть, скорее всего, одна из главных причин столь быстрого торжества «революции языка танцев» (Rosin 1988b: 576; см. также гл. 6), этот аргумент отчасти утрачивает свою убедительность. Росин продолжает: «Сегодня и стойкие противники гипотезы языка танцев (Wenner, Wells, Rohlf 1967; Wenner 1971; Wells, Wenner 1973; Wenner 1974), и ее упорные защитники (Gould 1975б, 1976) продолжают использовать в своих целях телеологическую аргументацию, предполагая, что танцы могут либо обладать неизвестной пока адаптивной ценностью, либо не иметь никакой» (Rosin 1988б: 576, 577).

Иными словами, фактор телеологического мышления остается достаточно важным в сфере противостояния вокруг гипотезы языка танцев, в поведенческой экологии вообще и в других сферах биологии. Возможно, именно поэтому Хейлман (высказав уверенность в том, что «язык танцев» все-таки существует) заканчивает свою статью следующими словами: «Гносеологический аспект, лежащий в основе противостояния вокруг гипотезы языка танцев, именно в силу его большей общности и значимости, важнее для нас, чем сам этот научный конфликт» (Hailman 1977: 188).

Разумеется, мы совершенно согласны с этим заключением. Как раз в таком ключе и написана эта книга. Мы подозреваем, что привязанность к телеологическим объяснениям, свойственная сегодня некоторым биологам, есть лишь один эпизод в процессе качания маятника между положительной и резко отрицательной их оценками.

Поведение пчел в контексте двух парадигм

Приложение 9
Метод тренировки пчел

> Некоторые теории, которые поддаются реальному тестированию, даже будучи признаны ложными, продолжают жить силами их почитателей, например, за счет добавления к ним *ad hoc* дополнительных предположений.
>
> — Карл Поппер (Popper 1919—1920; переформулировано в 1957: 159).

> *Излишнее самомнение.* Успех иногда оказывает пагубное влияние на молодых ученых. Неожиданно оказывается, что исследования всех остальных небрежно спланированы либо неумело выполнены...»
>
> — Питер Медавар (Medawar [1979] 1981: 51).

Один из сюрпризов, с которыми нам пришлось столкнуться в ходе противостояния, состоял в упорных попытках обвинить нас в неадекватной процедуре тренировки пчел с целью приучить их посещать кормушки. Из этого делали вывод, что наши аномальные результаты есть следствие ошибок в тренинге. Между тем, он продолжался от двух до трех недель до начала опытов как таковых.

Эти обвинения были ложными по крайней мере по трем причинам. Во-первых, контроль, осуществлявшийся в отношении схемы постановки экспериментов, предотвращал появление ошибок, которые могли бы быть связаны с несовершенством тренинга. Во-вторых, использованные нами методы тренировки были, на самом деле, полностью идентичны применявшимся Фришем (Бок, личное сообщение; см. ниже). И в-третьих, поскольку контингент опытных фуражиров постепенно обновлялся, те из них, которых тренировали первоначально, уступали место другим на этапе сбора данных.

Учитывая все это, кажется удивительным, как можно было настолько акцентировать тривиальную процедуру тренировки, чтобы ее рассмотрение затмило собой значение самих экспериментальных результатов.

Никому ни разу не удалось найти упущений в схеме постановки наших опытов. Таким образом, согласно ходу мысли приверженцев парадигмы языка танцев, именно технические недочеты были причиной наших «неверных» результатов. Эти аргументы, выставляемые *ad hoc*, служили для наших оппонентов объяснением несоответствий между желаемым и действительным.

Кое-кто из тех, кто интересуется происходящим в науке, может задать вопрос: «Какие басни циркулируют за кулисами реальных событий?». Несколько примеров, приводимых ниже, могут подсказать ответ на этот интригующий вопрос.

Единообразие методов тренировки пчел

Когда Фриш обсуждал наши результаты, полученные в опыте с двойным контролем, он выдвинул несколько аргументов *ad hoc* в попытке пренебречь ими (как это было сделано им ранее при обсуждении экспериментов Франкон — см. гл. 4). Среди прочего, Фриш критиковал наш метод тренировки пчел:

> Виннер и Джонсон ссылаются на так называемый «метод тренировки Виннера». Когда тот постепенно приучал пчел посещать кормушку, он с самого начала предлагал им концентрированный раствор сукрозы. Соответственно, новички постепенно «приходили в раж» (aroused) и многие из них (как показали наши опыты) могут утратить [*sic*] контакт с группой, перемещаясь туда и сюда. В последующем, в дни тестирования, когда выставляется приманка, эти

> пчелы могут оказаться «перевозбужденными» (rearoused by feeding. — *Е. П.*) и отправиться на поиски корма в разные другие места (all over the surroundings). Это дает серьезные основания для ошибок в проведении экспериментов (Frisch 1967b: 1073—1074).

Джеймс Гулд также получил результаты, не отвечающие предсказаниям гипотезы языка танцев (как это следует из тезисов его диссертации). Он назвал свой эксперимент, в котором они были получены, «контролем веннеровского типа». Позже он повторил вышеприведенные возражения Фриша: «Различия в методах тренировки пчел есть, как мы полагаем, критический момент в несходстве их данных относительно распределения рекрутов» (Gould 1975a: 168).

Гулд еще определеннее высказал эту мысль в резюме к своей более поздней обзорной статье: «*Показано*, что очевидные противоречия между результатами фон Фриша, с одной стороны, и Веннера с коллегами, с другой, обусловлены несходством в их методах тренировки пчел» (Gould 1976: 211 — курсив наш).

Давайте рассмотрим, на чем основаны эти утверждения, и выясним, насколько они отвечают истине. Для начала обратимся к другому высказыванию Гулда: «Фон Фриш (Frisch 1967a: 17—20) использовал при тренировке фуражиров *разбавленный* раствор сукрозы, чтобы предотвратить возможность танцев и рекрутирования до начала опы-

Таблица Пр. 9.1. Число рекрутов, посещавших три кормушки при измении на них запаха за три дня решающего эксперимента (часть табл. 1 в работе: Wenner et al., 1969).

День опыта	Процедура	Прилет рекрутов		
		Кормушка 1	Кормушка 2	Кормушка 3
XV	Запах 1 на кормушках 1 и 3	93	0	87
XVI	Запах 2 на кормушках 1 и 3, запах 1 на кормушке 2	2	44	0
XVII	Запах 1 на кормушках 1 и 3	71	0	29

Примечание: фуражиры никогда не посещали кормушку 2. Кормушки 1 и 3 регулярно использовали 10 фуражиров.

тов. Веннер (Wenner 1961), напротив, тренировал пчел на *концентрированный* раствор» (Gould 1975c: 169).

Оказывается, это утверждение попросту не имеет ничего общего с истиной. Чтобы понять, что это так, следует просто сравнить две цитаты. Фриш пишет: «В начале эксперимента и при перемещении столиков с кормушками раствор коммерческого тростникового сахара (сахарозы) должен иметь концентрацию 2М (близко к насыщению)» (Frisch 1967a: 19). У Веннера читаем: «Улей был открыт, после чего его крышка и пчелы были спрыснуты 2-молярным раствором сахара с запахом мяты» (Wenner 1961: 9).

Иными словами, концентрация сахара там и тут была *идентичной*. Не использовался ни разбавленный, ни концентрированный раствор, как утверждает Гулд.

Помимо этой неточности в текстах Гулда, они заслуживают возражений по целому ряду пунктов.

1. Его утверждение, что наш метод тренировки был неадекватным, опровергается данными, полученными в дни 15, 16, и 17 нашего решающего эксперимента (табл. Пр. 9.1; см. Wenner, Wells, Johnson 1969; и выше, табл. 10.1). В тезисах своей диссертации Гулд согласился с нашей позицией, когда писал: «Другая возможность состоит в том, что рекрутирование в улье осуществляется на основе одного лишь запаха. Это особенно вероятно в свете данных Веннера и других: в тот день, когда фуражиров прикармливали на раствор с запахом мяты, 44 рекрута прилетели, тем не менее, на кормушку с запахом гвоздики и только 2 — на экспериментальную» (Gould 1975a: 47). Поскольку мы тренировали фуражиров несколько недель до начала этого нашего эксперимента, утверждения Гулда о различиях в методах тренировки у нас и наших оппонентов, представленные им *ad hoc*, несостоятельны. Он понимал это, когда писал неопубликованную диссертацию, но не сохранил той же позиции в своих опубликованных работах.

2. Заявления Гулда (и Фриша), что наш метод тренировки пчел неадекватен, противоречат другим высказываниям Фриша. Например, в 1950 и 1954 гг. он указывал, что использует для этого мед (см. ниже). Между тем, мед гораздо более концентрирован, чем любой раствор сахара (много выше чем 2.5-молярная сахароза).

3. Результаты, опубликованные в нашей статье 1967 г. (см. гл. 9), показывают, что при повторении экспериментов Фриша без дополнительного контроля мы *смогли* получить результаты, полностью совпадающие с его собственными. Однако совершенно иная картина имела

место при введении в наш эксперимент дополнительного контроля. Не могло быть и того, что в промежутках между опытами мы тренировали пчел на посещение каких-либо источников пищи, которые не использовались постоянно особями из того же улья.

4. Пчел всегда тренировали на протяжении по крайней мере двух недель до начала каждого из наших экспериментов. Маловероятно, чтобы какая-нибудь «заблудшая» стала разыскивать корм где-нибудь в другом месте, как полагают Фриш и Гулд.

5. В описании нашего решающего эксперимента (Wenner, Wells, Johnson 1969) приведены данные, полученные на протяжении 24 дней. За это время при подсчете рекрутов на кормушках тысячи их были убиты. Эти цифры на порядки больше, чем количество пчел, прошедших тренировку в дни, предшествовавшие опытам.

6. Техника тренировки пчел, описанная Гулдом на с. 72 и 77 тезисов его диссертациии in (Gould 1975a), была практически идентичной тем, которые использовали мы и которая описана у Фриша (Wenner 1961; Frisch 1967a: 17—20).

7. Мы пришли к выводу, что 2-молярный раствор сахара приемлем во влажном климате Мичигана (Wenner 1961), но слишком концентрирован для Калифорнии с ее низкой влажностью. В большинстве наших экспериментов, проведенных в Санта-Барбара, мы использовали концентрации в 1.0 и 1.5 молей (см., например, Wenner, Wells, Johnson 1969; Friesen 1973).

8. Заявление Гулда, что запах наших приманок был чересчур сильным (Gould 1975a: 47), также следует рассматривать как фиктивный аргумент, выдвинутый *ad hoc*. Каждая запаховая субстанция обладает собственным значением давления пара. Поэтому не существует способа сравнения «силы» различных запаховых стимулов с учетом количества экстракта на литр раствора.

В итоге можно сказать, что Гулд своими утверждениями, будто результаты наших решающих экспериментов (с двойным контролем и на основе строгих умозаключений) неубедительны из-за неадекватной тренировки пчел, отвлекал внимание научного сообщества от значимости самих этих результатов. Судя по словам Клода Бернара, он столкнулся с чем-то подобным в своей научной карьере. Вот как он писал об этом:

> Среди уловок наших критиков многие не задевали нас, поскольку не относились к нашим научным результатам как таковым; одна

> из них... состояла в том, что оппоненты рассматривали только те аспекты исследования, которые казались уязвимыми для критики, тогда как наиболее важные, не имеющие изъянов они игнорировали либо обходили молчанием (Bernard [1865] 1957: 189).

Несоответствия между претензиями со стороны Гулда (и Фриша) и реальными фактами должны были быть замечены рецензентами и редакторами тех журналов, куда они предоставляли свои работы. Однако из-за несовершенства системы рецензирования (Mahoney 1976; Broad, Wade 1982) этого не случилось. Люди, рецензировавшие работы Фриша и Гулда сами верили, что «язык танцев» есть свершившийся «факт» и потому с готовностью принимали мнение этих авторов о несовершенстве используемых нами методов.

Личный опыт Веннера

В предыдущем разделе мы не затронули некоторые весьма интересные детали, имеющие отношение к делу. В моей статье 1961 г. я описал метод тренировки пчел, основанный отчасти на информации, полученной мной от Ролфа Бока, который был в свое время ассистентом Фриша и помогал ему в постановке экспериментов. Этот случай имеет свою историю.

В самом начале моей работы над диссертацией я не знал, как следует тренировать пчел на посещение кормушек. Один из способов, к которому я попробовал прибегнуть, был неоднократно описан Фришем (Frisch 1939: 427; 1950: 53; 1954: 100). Вот это описание, взятое из его книги, изданной в США:

> Когда я хочу привлечь нескольких пчел, чтобы тренировать их для опытов, я обычно кладу на столик листки бумаги, пахнущие медом. После этого я вынужден ждать много часов, иногда несколько дней, прежде чем пчелы обнаружат, наконец, место прикормки. Но как только одна пчела найдет мед, другие появляются очень быстро, причем их может быть несколько сотен. Все они прилетают из того же улья, что и фуражир, который, очевидно, должен был известить их там о своем открытии (Frisch 1950: 53).

Но ни этот метод, ни другие, описанные Фришем до 1967 г., не дали положительных результатов. К счастью, поскольку в то время я работал уже несколько лет на солидной коммерческой пасеке, мне

удалось довольно быстро разработать свой собственный, вполне удовлетворительный метод (Wenner 1961).

Позже, на одном из научных семинаров, где я делал доклад о звуковых сигналах у танцующих пчел, произошла моя встреча с уже упоминавшимся Ролфом Боком, также принимавшим участие в этих заседаниях. Во время нашей беседы я упомянул о том, что не смог воспользоваться методом тренировки пчел, описанным у Фриша. Бок засмеялся и сказал: «Да, этот метод не работает». Тут он рассказал мне, что сам тренировал пчел для опытов Фриша. При этом, как оказалось, он пользовался методом, в высшей степени сходным с тем, который я разработал для себя.

Я упомянул об этом в моей статье и получил недовольное письмо от Фриша, в котором он писал: «Не было никакой необходимости публиковать описание этого метода. Оно должно было появиться в моих мемуарах».

Когда Фриш привел, наконец, описание своего метода (Frisch 1967a: 17—20), оказалось, что он очень близко соответствовал тому, о чем мне рассказывал Бок, и методу, который использовали мы (Wenner 1961). Однако в обзоре Фриша, опубликованном в 1967 г., эта статья не была названа в перечне цитированных работ.

Спустя несколько лет после выхода в свет этой моей статьи, коллега из Университета штата Айова рассказал мне о тех трудностях, с которыми он столкнулся, пытаясь применить метод, описанный в нескольких ранних работах Фриша. В результате ему пришлось отказаться от запланированного эксперимента.

Нобелевский лауреат Питер Медавар написал на эту тему следующее: «Это постыдная (и, по сути дела, непростительная) хитрость научных работников, которые не дают в своих опубликованных статьях подробное описание технических приемов, что препятствует другим продолжить работы, не законченные автором» (Medawar 1979 [1981]: 44).

Приложение 10

Пахучая железа Насонова у медоносной пчелы

Железа получила свое название по имени русского энтомолога и анатома Насонова, который впервые описал ее у пчел касты рабочих. Она находится между последним и предпоследним сегментами брюшка на верхней его поверхности (см. вкладку 7А в работе Риббандса (Ribbands 1953) и рис. 7 в статье Веннера (Wenner 1971a)). Когда пчела приподнимает брюшко, одновременно опуская последний сегмент, можно почувствовать запах секрета железы.

Секрет, выделяемый железой, включает в себя спирты гераниол (транс-3,7-диметил-2,6-октадиен-1-ol) и нерол (*cis*-isomer гераниола). При окислении этих компонентов получаются цитрал (два изомера), гераниоловая и нероловая кислоты (Boch, Shearer 1962; Shearer, Boch 1966; Pickett et al. 1980, 1981). Эта смесь, как и ее составляющие, обладает приятным цветочным запахом.

Он не уникален для пчел, поскольку свойственен некоторым растениям, таким, в частности, как lemon balm (*Melissa officianalis* —Burgett 1980). Так же пахнут листья lemon-scented gum tree (*Eucalyptus citriodora*). Основное летучее вещество — это гераниол, как было выяснено методами газовой хроматографии (результаты не опубликованы).

Когда пчела сосет раствор сахара на кормушке, она обнажает железу, особенно если сам корм не обладает сильным запахом (Wells, Wenner 1971). Но этого обычно не происходит во время кормления пчел на цветах (Free 1968), хотя в работе Фриша и Роша (Frisch, Rosch 1926) утверждалось обратное.

Исследователи нередко старались устранить этот запах в экспериментах, направленных на изучение «языка танцев» (см., например, Frisch 1923). Гулд с соавторами (Gould et al. 1970) использовали краску, чтобы блокировать железу, хотя к тому времени было собрано немало свидетельств того, что ее запах не играет роли в рекрутировании (Frisch, 1947; Wenneret, Wells, Johnson 1969; см. также Wells, Wenner 1971; 1973).

В главе 6 было сказано, что вывод Фриша (Frisch 1923), будто бы секрет железы Насанова привлекает рекрутов, позже не был подтвержден его собственными исследованиями. Однако в статье Фриша, где об этом сказано (Frisch 1947), основное внимание было уделено им разработке гипотезы языка танцев, так что мы и другие ее читатели не заметили тогда расхождений во мнениях ее автора между предыдущими и новыми данными относительно железы Насонова. Но лишь позже, проведя собственные наблюдения, мы установили, что первоначальное мнение Фриша не соответствует действительности.

Вопрос об аттрактивной функции железы Насонова интересен как пример противоречий между хваткой парадигмы и результатами конкретных экспериментальных процедур. Ниже мы углубимся в эту тему.

Таблица Пр. 10.1. Результаты экспериментов Фриша по влиянию железы Насонова на посещаемость кормушек рекрутами (по информации в работе: Frisch 1947: 21, 22).

Дата	Место прикормки		Место прикормки в противоположном направлении от улья	
	Место прикормки в 300 м от улья	Контрольная кормушка в 30 м от прикормочной	Место прикормки в 250 м от улья	Контрольная кормушка в 25 м от прикормочной
Железы Назонова у регулярных фуражиров интактны				
17 сен.	178	257	-	-
18 сент.	-	-	362	39
Железы Назонова у регулярных фуражиров блокированы				
19 сент.	190	228	-	-
20 сент.	-	-	80	25

Как животные ведут себя в отношении аттрактантов

Аттрактивные свойства феромонов, к числу которых предположительно относили и секрет железы Насонова, могут быть изучены только экспериментально. Бейкер с соавторами определили эффект привлечения как «массовое перемещение в сторону некой химической субстанции в струе запаха» (Baker et al. 1981: 269; см. также гл. 5 и прил. 11). В качестве примера упомянем об аттрактивном эффекте метилэугенола на фруктовую мушку *Dacus dorsalis*. Штейнер экспериментально изучил этот случай на Гавайских островах. Он, в частности, пишет: «В одном из экспериментов около 1300 мух были привлечены с расстояния полумили к муслиновому экрану, пропитанному метилэугенолом и выставленном днем на 5 часов. Первая муха появилась не раньше чем через час, после чего за 60 мин. прилетели 30, всего 67 в течении первых 100 минут» (Steiner 1952: 242).

По словам этого автора, область, на которую воздействует метилэугенол, имеет треугольную форму с основанием с подветренной стороны, причём ширина основания зависит от скорости ветра и постоянства его направления. Кроме того, отловы мух с подветренной стороны от таких ловушек уменьшались, и время прибытия первых мух было скоррелировано с расстоянием этих популяций от ловушек (Steiner 1952: 242).

Реакция пчел на секрет железы Насонова

Фриш не был первым, кто заявил о привлекательности секрета железы Насонова для медоносных пчел. Еще в 1901 г. Слейден писал, что эта субстанция привлекает дезориентированный рой, а также пчел, возвращающихся к летку (цит. по: Ribbands 1953: 172, 173). Однако Фриш впервые высказал гипотезу, согласно которой секрет железы Насонова привлекает пчел на экспериментальные кормушки. Так, в 1923 г. он писал, что на те из них, где пчелы обнажают железу, прилетают в 10 раз больше пчел, чем на другие, на которых железы блокируются искусственными средствами.

Казалось, что эти ранние выводы Фриша подтверждают мнение Слейдена об аттрактивном эффекте секрета железы Насонова. Фриш был настолько убежден в «истинности» этой гипотезы, выдвинутой

им в 1920-х гг., что отбросил результаты, полученные им позже (в 1940-х гг.). В статье, опубликованной в 1947 г., он писал: «Нет сомнения в том, что запах железы Насонова оказывает аттрактивный эффект (Frisch 1923: 155), что было подтверждено в последующих экспериментах, которых я здесь не касаюсь» (Frisch 1947: 22).

Анализ данных Фриша, полученных им в 1940-х годах и не совпадавших с этой его гипотезой, может объяснить, почему он перестал принимать их в учет, хотя и считал, что гипотеза еще жива. Здесь нам приходится вернуться к табл. 6.2 (здесь табл. Пр. 10.1), где приведены обсуждаемые результаты Фриша (из: Wenner 1971a: 95).

Сравнивая данные, полученные им в опытах 1 и 3 (17 и 19 сентября), можно видеть, что независимо от того, были ли железы Насонова интактными или блокированными, в эти дни не было разницы в количестве прилетов пчел ни на прикормочную кормушку, ни на ту, что находилась в 30 метрах от нее. Более того, в оба дня больше прилетов было зарегистрировано на эту вторую кормушку, чем на саму прикормочную. Все это противоречит как предсказаниям гипотезы об аттрактивном эффекте железы Насонова, так и гипотезе языка танцев.

Результаты, полученные Фришем в опытах 2 и 4 (18 и 20 сентября), порождают новые сомнения. В оба эти дня полученные им данные выглядят согласующимися с гипотезой языка танцев, но противоречат материалам двух других дней. Следует также заметить, что 18 и 20 сентября опыты ставились с использованием прикормочного столика, находившегося в противоположной стороне от улья. Поэтому не исключено, что разница в результатах опытов 1 и 3, с одной стороны, и 2 и 4, с другой, могла быть результатом неучтенного в них направления ветра (см. гл. 8).

Многие последующие попытки верифицировать гипотезу аттрактивной функции железы Насонова дали столь же сомнительные результаты. Например, Вудроу с соавторами (Woodrow et al. 1965) протестировали реакции пчел на 195 естественных и синтезированных запаховых субстанций в модифицированном ольфактометре. Только 4 из них оказывали слабый либо умеренный аттрактивный эффект на этих насекомых, большинство же оказались репеллентами. Составляющие секрета железы Насонова (цитрал, гераниол и гераниоловая кислота) не относились ни к той, ни к другой категории.

Уоллер (Waller 1970) сообщил о результатах полевого эксперимента, в ходе которого компонентами секрета железы Насонова (цитрал и гераниол) с примесью анисового масла опрыскивали посевы люцерны с целью привлечь сюда пчел. Водный раствор этих веществ не увели-

чивал с какой-либо регулярностью приток пчел на плантации, но все они действовали в этом направлении, если бывали добавлены (каждый сам по себе или в смеси) к раствору сахарозы. Очевидно запахи этих веществ служили ольфакторными стимулами, на которые за счет пищевого подкрепления вырабатывался условный рефлекс (см. гл. 7).

Другой экспериментальный подход для проверки аттрактивности железы Насонова, основанный на анализе предпочтений пчел к той или иной из нескольких кормушек, был использован Фри (Free 1962; 1968). В одном из таких опытов 9 плошек, размещенных с дистанциями 90 см друг от друга, были расставлены на лугу неподалеку от пасеки. Около трех из них поместили удаленные у пчел железы Насонова, на трех других мог оставаться остаточный запах посещавших их фуражиров, и три блюдечка оставались пустыми и чистыми. Подсчитывали количество «проверочных» посещений плошек пчелами и приземлений на них тех, которые явно разыскивали источники пищи (Free 1968).

В 10 таких экспериментах плошки с железами Насонова пчелы инспектировали 158 раз и в 25 случаях садились на них. Шесть других блюдечек инспектировали 227 пчел, и здесь отметили 24 приземлений.

Фри получил сходные результаты в своих более ранних исследованиях (Free 1962). Тогда он предлагал пчелам на выбор плошки с запахом гераниола, с каким-либо другим запахом и лишенные всякого запаха (каждых по три). В этом случае пчелы 577 раз инспектировали плошки с гераниолом либо присаживались на них, а с шестью другими проделали эти операции 772 раза. Если придерживаться подхода, основанного на принципе верификации, можно сконцентрировать внимание на несколько большем интересе пчел к запаху железы Насонова и гераниола, как это и сделал Фри (Free 1962; 1968). Он, в частности, писал: «Описанные эксперименты показали, что гераниол, главный летучий компонент секрета железы Насонова, привлекателен для фуражиров, но в меньшей степени, чем запах самого этого секрета» (Free 1962: 52).

Можно был бы предположить также, что этот результат отражает не более чем различия в интенсивности запаха. Если бы запах железы играл роль истинного аттрактанта, в опыте Фри (первом из описанных здесь) почти все 158 приближений пчел к плошке с железами Насонова закончились бы посадками на них, тогда как в действительности это произошло менее чем в 14 % случаев. Кроме того, большинство наблюдавшихся пчел, не садившихся на контрольные плошки, могли взлетать выше, устремляясь в струю запаха, распространявшуюся от плошек с секретом (см. прил. 11).

Так или иначе, очевидно, что описанные эксперименты не смогли показать, что железа Насонова продуцирует аттрактантный феромон.

О функциях секрета железы Насонова

Все сказанное выше не отрицает того обстоятельства, что анализ возможных функций железы Насонова может быть полезен при изучении биологии пчел. Фри и его соавторы показали, что ловушки с приманкой из синтезированного секрета этой железы были эффективнее при отлове заблудившихся пчел, чем такие же, но без этой приманки (Free et al. 1984). Кроме того, такая синтезированная приманка, помещенная в кормушки внутри улья, способствует тому, что пчелы накапливают в нем больше воды или чаще кормятся на заменителях пыльцы (Free et al. 1983). Однако все это не позволяет рассматривать секрецию железы в качестве аттрактанта.

Хорошо документирован тот факт, что рассеивание запаха железы пчелами-вентиляторщицами помогает заблудившимся особям найти леток своего улья (Sladen 1901; Ribbands, Speirs 1953). Если стряхнуть пчел с сота на землю перед входом в улей, рабочие в летке начинают «вентилировать» и обнажать железы Насонова. В ответ пчелы, дезориентированные действиями человека, движутся по земле в направлении летка. При этом, однако, пчелы из соседних ульев никак не реагируют на распространяющийся запах желез Насонова.

Таблица Пр. 10.2. Влияние на поведение пчел отсутствия запаха в прикормке.

Характер корма	Челночные полеты фуражиров	Обнажения железы Насонова	Кол-во танцев	Прилеты рекрутов
Пахучая прикормка	239	19	49	35
Беззапаховая прикормка	242	169	114	4

Примечание: Чем слабее запах прикормки, тем выше частота танцев в улье и обнажений железы Насонова фуражирами. Темп рекрутирования, однако, при всем при этом снижается.

Пчеловоды знают, что запах железы помогает посадить рой, недавно вылетевший из улья, о чем писал еще Слейден, а позже Витерелл (Witherell 1985: 828). По данным Морса и Боча (Morse, Boch 1971), дезориентированные пчелы из роя могут даже сесть на землю, реагируя на запах железы Насонова. При этом не роящиеся пчелы из соседних ульев не бывают привлечены к таким агрегациям.

Наши эксперименты и выводы из них

Разочарование устоявшейся доктриной относительно аттрактивности железы Насонова родилось у нас во время решающей проверки гипотезы языка танцев на ее истинность (Wenner et al. 1969; см. также гл. 10). Было замечено, что в дни, когда мы использовали слабопахнущую либо беззапаховую прикормку, прилет новых рекрутов на кормушки был минимальным. Мы заметили также, что фуражиры интенсивно обнажали свои пахучие железы всякий раз, когда запах прикормки был слабым. И напротив, в дни интенсивного посещения кормушек рекрутами такое поведение наблюдалось много реже. Эти наблюдения противоречили существующей гипотезе о функции железы Насонова.

Тогда мы решили специально контролировать частоту обнажения железы, меняя уровень запаха прикормки (Wells, Wenner 1971). Та же самая обратная корреляция выявилась и между интенсивностью запаха прикормки, с одной стороны, и частотой танцев в улье, с другой: чем слабее был запах сахарного раствора, тем чаще пчелы танцевали. Полученные данные отражены в табл. Пр. 10.2 (из: Wenner 1971a: 94).

Можно было подумать, что фуражиры *пытались привлечь* рекрутов на беззапаховую прикормку. Заметьте антропоморфический и телеологических характер такого объяснения. Между тем, рекрутирование не возрастало ни в ответ на учащение танцев, ни как следствие более интенсивного обнажения железы Насонова фуражирами. Отсюда можно было заключить, что эти образования едва ли продуцируют аттрактант в строгом смысле этого слова.

Можно упомянуть два наблюдения, сделанных чисто случайно. Както в середине лета, когда в округе было мало нектароносных растений, мы открыли бутылку с гераниолом в 200 метрах с наветренной стороны от улья с процветающим населением. На протяжении трех часов только одна пчела пролетела неподалеку от бутылки. Второе наблюдение касается отсутствия интереса пчел к листьям эвкалипта, лимонный запах которых обусловлен в значительной степени присутствием в них

гераниола. Эти деревья весьма обычны на территории Калифорнийского университета в Санта-Барбара. Под деревьями всегда есть множество опавших листьев, издающих слабый запах этой субстанции. Но мы ни разу не видели пчел, инспектирующих такие места.

Все наши опыты и ознакомление с соответствующей литературой позволили нам сделать следующий вывод: «Нет никаких свидетельств в пользу предположения, что железа Насонова продуцирует феромон класса аттрактантов... Мы полагаем, что секрет железы способствует ориентации дезориентированных пчел, но особи, вовлеченные в нормальную повседневную активность, не реагируют на ее запах» (Wells, Wenner 1971: 208).

Реакция на наши изыскания

Вопрос о функции железы Насонова только краем касается противоречий вокруг гипотезы языка танцев. В то же время, все связанное с ним дает еще один пример различий в научных подходах к решению спорных вопросов. Фриш приступил к изучению этого явления и собрал данные в пользу «аттрактивной функции» секрета железы Насонова. В последующие годы он продолжал следовать принципу верификации, пытаясь подтвердить свое предположение, как это делали и другие исследователи.

Когда в середине 1940-х гг. и позже Фриш и согласные с ним получили отрицательные результаты, они уже были не готовы попытаться принять иную точку зрения. Они продолжали упорствовать в своих убеждениях, игнорировали свои отрицательные результаты и так оказались в плену парадигмы.

Впоследствии большинство исследователей также следовали подходу, основанному на принципе верификации. Некоторые намеки на позитивные результаты экспериментов они рассматривали в качестве свидетельств в пользу гипотезы, а все негативные не принимали в серьез или полностью игнорировали. Даже сегодня приверженцы обсуждаемой гипотезы иногда рассматривают секрет железы Насонова как «аттрактант», что видно, в частности, из следующих слов Витерелла: «Запах железы Насонова служит для привлечения других пчел» (Witherell 1985: 827).

Той же точки зрения придерживается Сили. Он пишет: «Если цель для рекрутов лишена специфического запаха, пчелы маркируют это

место запахом железы Насонова (Free 1968; Free, Williams 1970)» (Seeley 1985: 86).

В традициях подхода, основанного на верификации, ни Витерелл, ни Сили не упоминают источников, где содержатся данные, противоречащие их гипотезе. Однако стоит отметить, что число публикаций, в которых секрет железы Насонова рассматривается в качестве феромона-аттрактанта, в последние годы уменьшается. Внимательное прочтение вышеприведенной выдержки из книги Сили об экологии медоносной пчелы указывает на то, что он не настаивает на «аттрактивной функции» секрета железы Насонова, и по этому вопросу там почти ничего больше не сказано.

«Функция» железы Насонова, таким образом, остается, в известной степени, загадкой. Но представляется очевидным, что сообщество исследователей медоносной пчелы постепенно уходит от идеи Фриша, согласно которой ее секрет служит для привлечения рекрутов на источники пищи. Стоит, однако, подчеркнуть, что в публикациях на эту тему мы не найдем открытых выступлений против интерпретации Фриша.

В действительности же, перед нами процесс постепенной (замаскированной) смены парадигм, при котором все меньше акцентов ставится как на позитивных, так и на негативных свидетельствах относительно гипотезы. Очевидно также, что никто не может выиграть, открыто выступая против точки зрения, превалировавшей ранее. Иными словами, мы становимся свидетелями явления, мимо которого прошли и Кун и его последователи в социологии науки. Мы видим, что смена парадигм может проходить скрытым образом, когда сама суть противоречий и/или персональная роль основных оппонентов отходят на задний план.

Приложение 11.
Ольфакторное поисковое поведение летающих насекомых

Представления о том, что пчелы разыскивают пропитание по запаху, высказанные в той или иной форме, господствовали веками (см. эпиграф к гл. 5). Сам Фриш придерживался этой точки зрения в 1920-х и 1930-х гг. (Frisch 1939; Rosin 1980a). Что касается нас, мы первоначально мало что знали о ранних вариантах гипотезы рекрутирования пчел по запаху, но все наши наблюдения постепенно заставили нас склониться к этой точке зрения.

Увы, наша первая попытка построить модель поиска по запаху (Wenner 1974) не встретила одобрения со стороны научного сообщества. Даже Росин, которая активно выступала против любых «предвзятых доказательств» гипотезы языка танцев, выдвинула ряд возражений в адрес нашей модели рекрутирования по запаху (см. гл. 14). Она писала:

> Многие детали модели Веннера пока не доказаны и даже не проверены, некоторые выглядят проблематичными. Одна из них касается выдвинутой в ней идеи о влиянии запаха улья. Если бы потенциальные рекруты с самого начала находились под воздействием некоего аттрактивного для них запаха, они все время были бы привязаны к улью и вообще не могли бы вылететь из него. Веннер (Wenner 1974) утверждает, что потенциальные рекруты первоначально летят по ветру, пока не минуют зону, где доминирует запах улья. Это, однако, противоречит общей идее, согласно которой их полет направлен против ветра ради устремления на источник аттрактивного запаха. Вопросы вызывает также утверждение, что пчелы в состоянии так или иначе игнорировать аттрактивность специфического запаха при вылете из улья, а затем реагировать на него заново (Rosin 1980b: 778).

Дело в том, что выдвигая ранний вариант нашей модели, мы предполагали хорошую осведомленность читателей о механизмах ориентации пчел в полете и о том, как это их поведение обсуждается в работах по анемотаксису у насекомых, обобщенных в сводках Кеннеди и Карда (Kennedy 1983; Carde 1984). К сожалению, оказалось,

что такая осведомленность отсутствует. Далее мы рассмотрим первый вариант нашей модели поиска по запаху более подробно, в контексте информации о соответствующем поведении летающих насекомых. Мы остановимся также на некоторых особенностях поведения пчел, которые не были приняты во внимание в моделях, предшествовавших нашей, и не привлекали внимания исследователей ориентации насекомых в полете.

Немного об анемотаксисе

В главе 5 мы писали, что в число средств эффективной ориентации рекрутов при поисках ими источников пищи входят такие маневры, как полет по зигзагообразной траектории, «метание» поперек направления ветра (casting), а также круговые и петлеобразные полеты. По сути дела, наша модель основана на описании этих маневров, на внимательном рассмотрении некоторых простых схем, а также на простейших рассуждения о характере ветра в тот или иной момент, при отсутствии каких-либо других усложненных теоретических изысков.

Зигзагообразный полет и «метание»

Поскольку нами с самого начала было заявлено, что рекруты при поисках пропитания руководствуются запахом, а не указаниями «языка танцев», нам следовало предпринять развернутые дополнительные изыскания на предмет ориентации летающих насекомых в движущемся потоке воздуха. Исследования Дж. С. Кеннеди, изложенные, в частности, в работе «Зигзагообразный полет и метание как запрграммированная реакция на запах, приносимый ветром: обзор» (Kennedy 1983), а также в статье Р. Т. Карде, «Хемоориентация у летающих насекомых» (Carde 1984) ввели эту тему в строгие рамки механистического концепта, перекликающегося с более ранними работами Френкеля и Ганна (Fraenkel, Gunn 1940/1961).

В предыдущих разделах книги зигзагообразный полет упоминался неоднократно (см., в частности, рис. 5.1). Это поведение нетрудно наблюдать, когда рекруты прилетают к кормушке с ее подветренной стороны. Такое приближение к цели по зигзагообразной траектории не отличается от наблюдаемого у прочих летающих насекомых, устремляющихся на запах, привлекательный для них. Насекомое

поворачивает то вправо, то влево, и так движется против ветра к источнику запаха.

Когда пчела оказывается у края струи запаха, степень восприятия его снижается, то есть уменьшается количество молекул вещества, воспринимаемых в единицу времени рецепторами на ее антеннах. Это должно приводить к немедленному повороту в другую сторону (относительно центральной оси запаховой струи). И так происходит раз за разом.

Термин «метание» применим к стандартно наблюдаемому поведению несколько иного типа. К этому маневру насекомое прибегает в тот момент, когда, совершая зигзагообразный полет к цели против ветра, внезапно теряет свою путеводную запаховую нить. Это возможно, например, при неожиданном резком изменении направления ветра, как это нередко случается в открытой местности. Тогда пчела начинает быстро метаться поперек ветра, поворачивая на 180° каждый раз после преодоления некой дистанции. При этом насекомое «берет пробу» смеси запахов, поступающей из обширного фрагмента пространства с наветренной стороны, пока не обнаружит искомые стимулы. После этого оно вновь устремляется против ветра, используя, как и прежде, более медленный зигзагообразный полет.

Ориентирующие полеты

Пчеловодам давно известны полеты этого типа у пчел (Ribbands 1953; Butler 1962). Рут с соавторами писали об этом так: «Рекруты летают все расширяющимися кругами, пока не обнаружат желанный запах» (Root et al. 1947: 49).

Первый сравнительно короткий вылет юной пчелы из улья некоторые называют «игровым полетом». При этом пчела впервые испражняется, подобно тому, как это делают взрослые члены общины (см., например, Butler 1962). Молодая пчела летает кругами в окрестностях улья, получая, по-видимому, сведения о ближайших к нему ориентирах.

В работах о поведении пчел можно найти указания на несколько иные ориентировочные полеты. Они-то, несомненно, служат способом ознакомления рабочих особей с окрестностями улья. Первое описание таких полетов дал римский поэт Вергилий (70—19 гг. до н. э.). Он писал: «Выпустите пчелу из коробки, и она сразу же сделает круг, чтобы узнать, где она находится...» (цит. по: Butler 1609: 6, 53).

Иными словами, это поведение известно людям с давних пор. Например, в руководстве для пчеловодов «От *а* до *я* в пчеловодстве» его авторы пишут:

> Когда улей перенесен на новое место, пчела при ее первом вылете будет осваивать окрестности. При вылете из улья все они летают кругами, которые становятся все шире и шире, пока насекомые не исчезнут из виду... После этого только молодые пчелы будут вести себя так при их первом вылете из улья, после чего их поведение в этих ситуациях не будет отличаться от поведения взрослых особей (Root et al. 1947: 52).

Далее эти авторы пишут, что помимо полета ради ознакомления с ближайшими окрестностями улья, рекруты-новички проделывают круговые полеты по спиральной траектории, которые охватывают значительно большую территорию. Баззард описывает это поведение следующим образом: «Те пчелы, которым не удалось найти мед сразу, будут летать все увеличивающимися кругами в попытках обнаружить его» (Buzzard 1946: 166). Риббандс писал по этому поводу: «Полет, который пчела проделывает, покидая улей, обычно называют ориентировочным» (Ribbands 1953: 98). Вероятно, эти самые акции имел в виду и Фриш, когда писал: «Разлетаясь из улья во всех направлениях, они в самое короткое время находят растения, только что начавшие цвести, где бы те ни находились в пределах кормового участка общины» (Frisch 1939: 430).

Из всего сказанного легко убедиться, что очень многое было известно об ориентировочных полетах задолго до того, как Фриш выступил со своей гипотезой языка танцев.

Петлеобразный полет

Мы часто наблюдали этот полет в исполнении рекрутов, когда те были на пути к нашим кормушкам. Если при этом, во время своего зигзагообразного полета против ветра, пчела вдруг потеряет встречную струю запаха, она может взмыть вертикально вверх и отдаться движению воздуха. Вероятно, вскоре после этого насекомое снижается почти до самой земли, где струя запаха обычно шире.

Ключ к поисковому поведению пчел по запаху: 1:3:3:1

Каждому, кто немного знаком с менделевской генетикой, хорошо знакомо соотношения 1:2:1 и 1:3:3:1 (биноминальное распределение). Вот почему нас очень удивило близкое совпадение результатов нашего эксперимента с двойным контролем с этими рядами цифр (сравни рис. 9.4 и 9.5 в гл. 9).

Хотя мы ожидали от этого опыта, что рекруты распределятся более или менее поровну между четырьмя кормушками, которые мы считали идентичными (по крайней мере, всячески пытались сделать их таковыми), в действительности оказалось, что их соотношение приближалось к формуле 1:3:3:1 (Wenner 1967). Это обстоятельство требовало объяснения.

Вскоре стало ясно, что именно биноминальное распределение должно было быть получено, если число рекрутов, прилетающих на каждую кормушку, обратно пропорционально их расстоянию от общего геометрического центра всех этих потенциальных источников пищи. Джонсон писал по этому поводу:

> По условиям этих экспериментов средняя кормушка всегда находилась ближе других к геометрическому центру всех, выставленных нами... Поэтому, если все кормушки достаточно сходны по своей аттрактивности, именно на среднюю прилетает наибольшее количество рекрутов (Johnson 1967: 847).

Но наиболее важный вывод, который мы сделали из всего этого, заключался в следующем. Оказалось, что результаты классических экспериментов Фриша (линейного и веерного) могли бы быть объяснены при помощи такого же математического анализа, без привлечения идеи «языка танцев» (Wenner 1971a, 1974; см. также рис. 6.4 и 6.5 в гл. 6).

Впрочем, поскольку, мы не посчитали необходимым разъяснять «на пальцах», что имелось в виду под словосочетанием «рекруты сосредотачивают свои поиски в центре запахового поля», последовал ряд возражений. В частности, Росин писала:

> Уже после того как возникла оппозиция в отношение гипотезы Веннера, гипотеза «языка танцев» получила поддержку Нобелевского комитета... Фон Фриш был тогда хорошо осведомлен о существовании

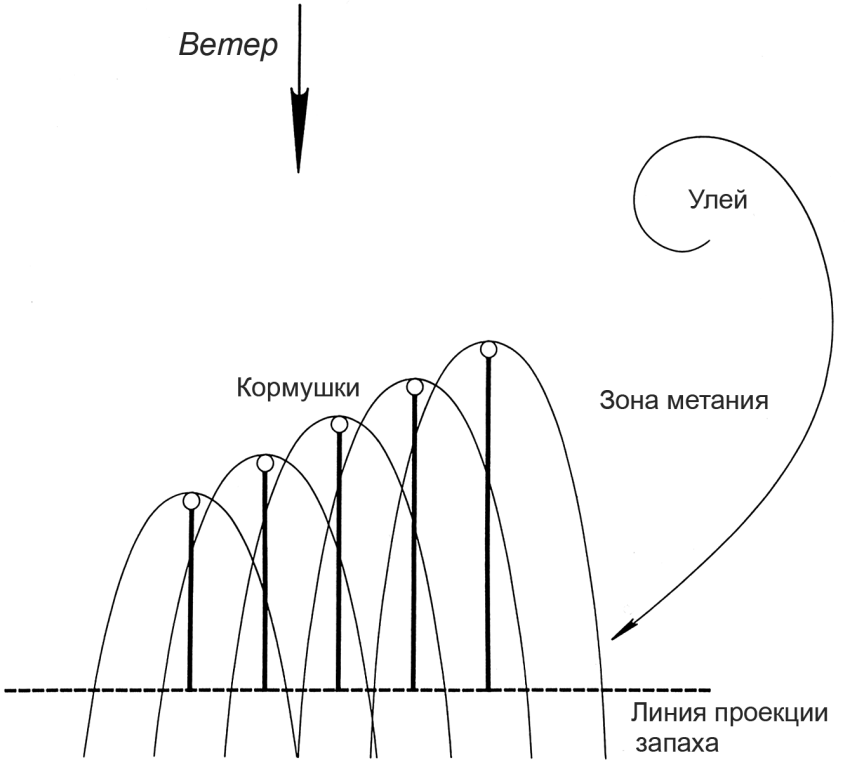


Рис. Пр. 11.1. Фуражир летит кратчайшим путем от улья к кормушке, на которую он был прикормлен. Струи воздуха, движимые ветром, перекрываются с наветренной стороны от кормушек.

Рекрут, впервые вылетающий за взятком, совершает спиралеобразный полет от улья вверх (см., например, Buzzard 1946). Рано или поздно он улавливает молекулы запаха, переносимые множеством фуражиров, летящих пахучими трассами между ульем и источником пищи. Сразу же вслед за этим рекрут устремляется по зигзагообразной траектории (см. рис. 5.1) к источнику запаха. Пчела не в состоянии определить, сколько имеется таких источников, она лишь движется к ним против ветра. Если зона запаха оказалась потерянной, насекомое начинает метаться (casting) поперек ветра.

Наибольшая концентрация молекул запаха совпадает с геометрическим центром всех его источников (Johnson 1967a). Однако некоторые рекруты случайно минуют эту зону и заканчивают полет ближе к ее периферии или дальше от нее (нормальное распределение). Наиболее успешные оказываются на одной из кормушек, ближайших к центру запахового поля. (Wenner 1967).

На прямой, параллельной той, на которой располагаются кормушки, молекулы запаха распределяются сравнительно равномерно. Иную картину мы видим, если кормушки размещены полукругом (см. рис. Пр. 11.2)

> противоположной точки зрения и успешно опроверг ее ... (Ему помогла небольшая ошибка в гипотезе Веннера, в том смысле что рекруты не могут знать, где находится центр запаха) (Rosin 1980b: 458).

И Фриш и Росин были совершенно правы в том отношении, что рекруты не в состоянии *намеренно* направляться к центру запахового поля. Но оба они упустили из виду, что наша модель имеет дело с вероятностными событиями, относящимися к поведению *популяции* пчел при возможности выбора между несколькими источниками пищи, которые находятся в *системных отношениях* друг с другом. Эта модель не призвана объяснять поисковое поведение *индивидуального* рекрута.

Иными словами, нашей задачей было объяснить характер распределения в пространстве множества рекрутов, занятых поисками источников пищи. В этом отношении в предлагаемой модели есть нечто общее с процедурами популяционной генетики. Там речи не идет о прослеживании судьбы некоего индивидуального аллеля, важны лишь локальные изменения в концентрации тех или иных аллелей.

Сказанное станет более понятным, если мы обратимся к рис. Пр. 11.1. Здесь рассмотрен простейший случай: один улей и четыре кормушки, размещенные по прямой линии. Реальный эксперимент, поставленный по такой схеме, описан в работе (Wenner 1967).

При слабом ветре его направление обычно изменятся лишь частично, при господстве некой общей тенденции. В Санта-Барбара, где мы ставили этот эксперимент, летом слабый бриз по утрам дует с юго-востока, а после полудня меняется на несколько более сильный юго-западный. Мы почти всегда работали по утрам, пользуясь преимуществами почти безветренной погоды.

Молекулы запаха переносятся движением воздуха от каждой кормушки расширяющейся струей, которая колеблется из-за движения ветра. Для простоты картины эти боковые отклонения на рисунке не показаны. Молекулы запаха перемещаются также в подветренную сторону и от тел фуражиров, которые летят от улья к кормушкам по прямой линии.

Именно здесь мы видим несомненную слабость позиции поборников гипотезы языка танцев. Тот факт, что они постоянно концентрируют внимание на парных взаимодействиях между фуражиром и рекрутом, не позволяет им увидеть общую картину рекрутирования множества пчел на сбор взятка. Между тем, обычно несколько пчел участвуют в процессе, так что между ульем и кормушками образуется

своеобразная пахучая трасса (Wenner 1974). За счет этого с подветренной стороны от нее возникает зона значительной концентрации запаха (Lineburg 1924; Friesen 1973).

Как было впервые показано еще в 1960-х гг. (Wenner 1962) и четко сформулировано десятилетием позже (Wenner 1971a), использование комбинация (array) из нескольких кормушек не может дать адекватных экспериментальных результатов. Простейшая причина состоит в то, что этом случае кормушки не идентичны друг другу, как того требует эксперимент с контролем. Иными словами, «контрольные» кормушки не могут, в принципе, выполнять эту свою функцию, поскольку струи запаха, распространяющиеся в подветренную сторону от них, сами неравноценны (см. рис. Пр. 8.1). Эти претензии можно предъявить всем экспериментам, где используются некие совокупности кормушек, как это было в исследованиях Гулда и Шрикера (Gould 1974; 1975; Shricker 1974).

В идеальном случае перекрывающиеся струи запаха сливаются далее по направлению ветра и формируют ольфакторное поле с максимальной концентрацией молекул в центральной его части. Прямая, проведенная параллельно той, на которой располагаются кормушки, представляет собой вектор, вдоль которого концентрации молекул запаха будут неизбежно подчиняться биноминальному распределению.

Модернизированная модель поиска по запаху

Рассмотрим теперь все фазы поискового поведения рекрутов. Получив «пробу запаха» от танцующего фуражира, пчела вылетает из улья и проделывает *круговой ориентирующий полет* (а не летит по ветру, как мы полагали ранее). Теперь насекомое уже реагирует на привычный запах, распространяющийся от улья по ветру («адаптация к запаху улья»; см. Rosin 1980a: 779).

Круговой полет, проделываемый сначала по спиральной траектории, охватывает затем все большую и большую площадь. Рано или поздно пчела оказывается с подветренной стороны от запаховой трассы фуражиров и от искомого источника пищи. Восприняв рецепторами соответствующие молекулы, рекрут переходит к зигзагообразному полету против ветра по направлению к источнику запаха. Если направление выбрано не вполне точно и струя запаха потеряна, пчела начинает метаться поперек ветра, пока не обнаружит ее вновь.

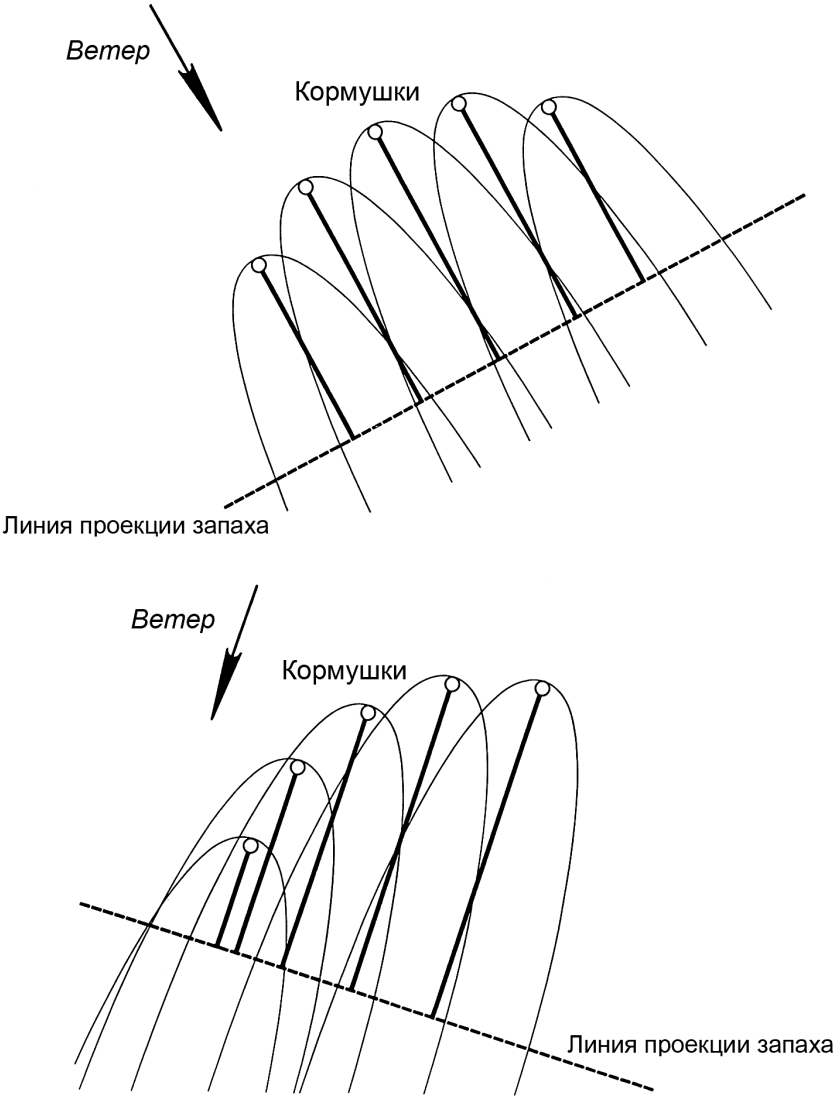


Рис. Пр. 11.2. Размещение кормушек полукругом ведет к неравномерному распределению молекул запаха с подветренной стороны от них. Любое изменение направления ветра изменяет картину соотношения концентраций запаха в этой зоне. В результате рекруты с большей вероятностью окажутся на кормушках, размещенных на небольшом расстоянии одна от другой. Таким образом, даже слабое изменение в направлении движения воздуха может менять распределение рекрутов между кормушками.

Если речь идет о единственном источнике пищи, ранее предложенная модель (Wenner 1974) требует добавления единственного нового компонента, именно, кругового полета по расширяющейся траектории, служащего для первоначальной ориентации насекомого.

В том случае, если существует несколько источников пищи, наиболее вероятно, что рекрут направится зигзагообразным полетом в район максимально концентрации запаха (см. рис. Пр. 8.1), особенно если это место находится на значительном расстоянии от улья. Оказавшись здесь, пчела устремится тем же зигзагообразным полетом туда, где концентрация запаха еще выше, и т. д. Так, беря раз за разом «пробы воздуха», рекрут с наибольшей вероятностью окажется в центре запахового поля или в непосредственной близости от этой центральной точки.

Двигаясь против ветра, пчела попадает в зону, где струи воздуха от разных кормушек перекрываются в максимальной степени. Именно здесь окажется большая часть пчел, нацеленных на поиски корма с соответствующим запахом. Те рекруты, которые «промахнулись» и миновали кормушку, прибегают к маневру «петлеобразный полет», описанному выше, и так получают возможность возвратиться назад к искомому источнику запаха.

Такое поведение должно быть особенно важно для тех рекрутов, которые полагаются главным образом на молекулы, уносимые ветром от запаховой трассы регулярных фуражиров (Friesen 1973; Wenner 1974), что может иметь место неподалеку от улья. Все описанные воздушные маневры требуют значительных затрат времени, что мы и видим в случаях значительной задержки в появлении фуражиров на кормушках после контакта их с танцовщицей (например, в опытах Эша и Бастиана и Гулда с соавтрами: Esch, Bastian 1970; Gould et al. 1970).

Проблемы, возникающие при расстановке кормушек полукругом

Нетрудно понять, что при линейном размещении плошек с кормом небольшие изменения в направлении ветра не изменят сколько-нибудь существенно распределение значений концентраций запаха на векторной линии, проходящей с подветренной стороны от кормушек (см. рис. Пр. 11.2). Сказанное, разумеется, не относится к случаям резких и неожиданных изменений направления ветра.

Нечто иное должно происходить, если кормушки размещены полукругом, как в веерном эксперименте Фриша, а также в опытах Шрикера и Гулда, направленных на проверку «точности» в использовании рекрутами информации о направлении (Schricker 1974; Gould 1975*a*, *b*). Более или менее близким к биноминальному будет распределение значений концентрации запаха на векторной линии лишь в тех случаях, если ветер дует прямо на кормушки, размещенные полукругом, или же в противоположную сторону,

Если же ветер дует под углом к полукругу, очерчивающему местоположение кормушек, средние значения концентрации запаха окажутся сильно смещенными к одному или другому его концу (см. рис. Пр. 11.2). В этом случае картина будет такой, как если бы две крайние кормушки находились гораздо ближе друг к другу, чем это есть на самом деле. Это обстоятельство должно приводить к посещению этого места максимальным числом рекрутов.

Поскольку ветер постоянно меняется, хотя бы в небольшой степени, «ожидаемое» распределение рекрутов по линии полукруга должно, согласно нашей модели, так или иначе изменяться во времени. Различные результаты могут быть получены даже в получасовые отрезки времени, следующие друг за другом (как, например, в опытах Гулда), в зависимости от того, какое направление ветра преобладает в тот или иной период. Таким образом, расположение кормушек полукругом вообще не позволяет ставить опыты на выяснение «точности» в использовании рекрутами информации о направлении, транслируемой в танцах. Все эти соображения еще важнее, если кормушки не идентичны друг другу.

Трудности в оценках степени посещаемости разных кормушек увеличиваются еще и за счет того, что места их расположения могут обладать собственными локальными запахами. Речь здесь может идти о запахах, продуцируемых окружающей растительностью, и о тех, которые несут на себе сами фуражиры. Все это оказывается специфическими стимулами при выборе рекрутами того или иного места кормления (см. гл. 8). Кроме того, наиболее удаленная от улья кормушка (последняя в выстроенном их ряду) может оказаться терминальной точкой запаховой трассы, проложенной фуражирами.

Один из главных пунктов, который необходимо особенно подчеркнуть, состоит в том, что по характеру своего поискового поведения пчелы, судя по всему, ничем не отличаются от других летающих насекомых, ориентирующихся по запаху. Поэтому не может не вызывать удивления тот факт, сколь долго исследователи поведения пчел

игнорировали исследования аналогичных явлений у прочих видов насекомых.

Интересно было бы также узнать, до каких пор поборники гипотезы языка танцев будут использовать эксперименты с неадекватным размещением кормушек полукругом в попытках собрать новые данные в ее пользу (см. прил. 12).

Приложение 12

Эксперименты на проверку точности в использовании указаний языка танцев

> Узнать, что именно происходит в интактной (unmolested) системе, очень трудно либо вообще невозможно, ибо мы не знаем, до какой степени мы нарушаем ее во время исследования. В своих попытках узнать больше мы ставим новые эксперименты, и тем самым вносим новую дезорганизацию неизвестного масштаба. Таким образом, наше вмешательство оказывается препятствием на пути выяснения истины. В биологии нельзя недооценивать важность этого источника неопределенности.
>
> — Уильям Бек (Beck 1961: 86)

В свое время Фриш пришел к убеждения (и убедил других), что рекруты используют информацию о направлении и расстоянии на цель, получаемую ими из танцевальных маневров фуражира. При этом он не заметил многочисленных противоречий в результатах своих экспериментов (см. Frisch 1947 и гл. 6 этой книги). В частности, когда в ранних экспериментах этого автора рекруты использовали, как казалось, информацию о направлении, они игнорировали сведения о расстоянии, и наоборот.

Ни сам Фриш, ни кто-либо другой не пытались обсуждать эти несоответствия. Напротив, Фриш приступал ко всем своим опытам, исходя из идеи, что использование «языка танцев» есть реальность. На этом основании он пытался выяснить, какова *точность* использования этой информации рекрутами.

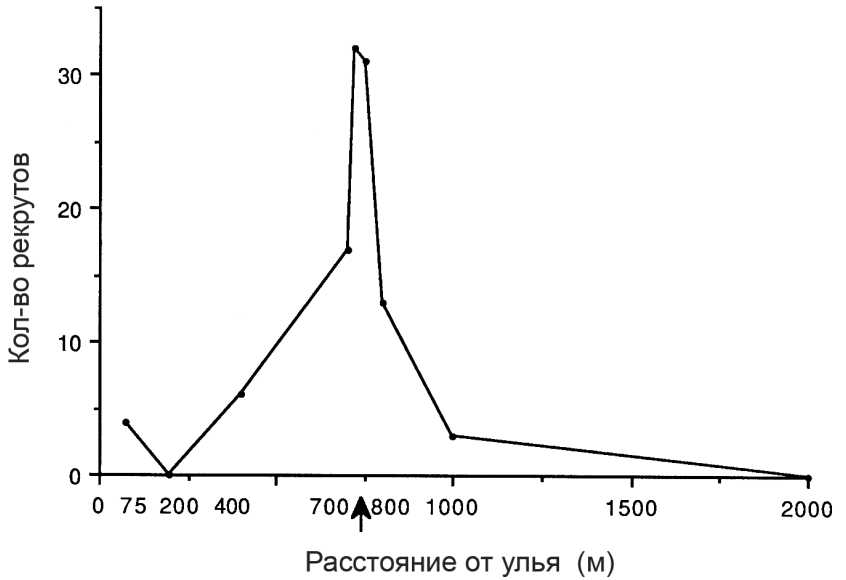


Рис. Пр. 12.1. Результат линейного эксперимента, поставленного Фришем и Яндером (Frisch, Jander 1957). Фуражиры были прикормлены на столике в 750 м от улья. Рекруты прилетали в наибольшем числе на эту кормушку, якобы «указанную» им танцами фуражиров. Однако их распределение на разных кормушках диктовалось неравномерностью размещения последних (Wenner 1962).

Вопросы, возникающие в связи с линейным и веерным экспериментом Фриша

Как мы помним, в экспериментах линейного типа кормушки размещались на прямой линии, ведущей в сторону от улья. В веерных экспериментах кормушки располагались полукругом на одинаковых расстояниях от улья, причем экспериментальная (прикормочная) кормушка находилась позади от центральной, контрольной.

Схемы экспериментов того и другого типа были на редкость плохо продуманы, поскольку уже изначально предопределяли характер распределения рекрутов на кормушках (Wenner 1962; 1971). Когда Фриш опубликовал свои первые результаты (см., например, Frisch 1947; 1950), никто не заметил вопиющих различий между экспериментальной и контрольными кормушками в этих опытах. Между тем, чтобы контрольные кормушки реально выполняли предназначенную

им функцию, они должны быть, насколько это возможно, идентичны экспериментальной.

Впрочем, мы сами пришли к пониманию вытекающих отсюда следствий только после того, как обнаружили, что поведение рекрутов не отвечает предсказаниям гипотезы языка танцев (см. гл. 7—10). Тогда нам стало ясно, что в отношении всех результатов Фриша возможны альтернативные объяснения. Для рекрутов, разыскивающих источники пищи, совокупность кормушек выступает как единая система, к которой они следуют с ее подветренной стороны (см. прил. 11 и рис. 11.1).

Поэтому некоторые рекруты оказываются ближе к центру этой системы, чем другие, просто в силу вероятностного характера их поискового поведения (Wenner 1971*a*; см. также гл. 5 и 8 и прил. 11). Ниже мы обсудим в отдельности линейный и веерный эксперименты Фриша.

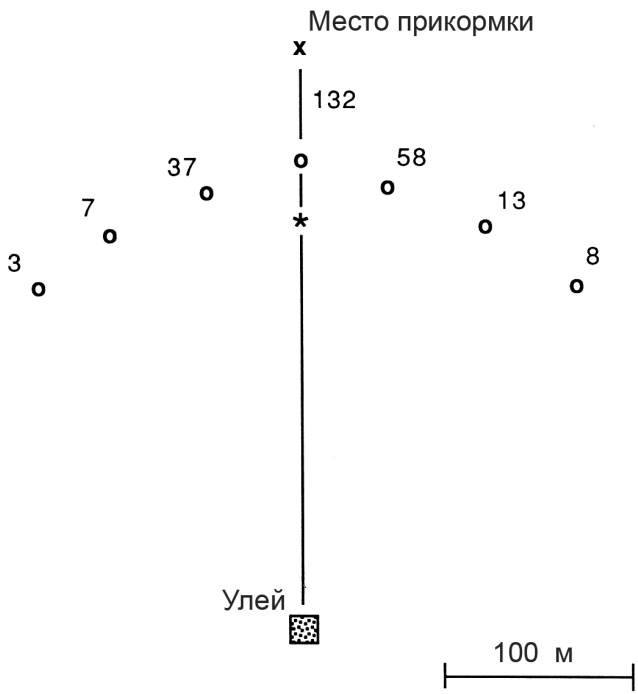


Рис. Пр. 12.2. Распределение рекрутов на разных кормушках в веерных экспериментах Фриша. Он полагал, что пчелы летели в «правильном, указанном» им направлении (сравни с рис. Пр. 12.3).

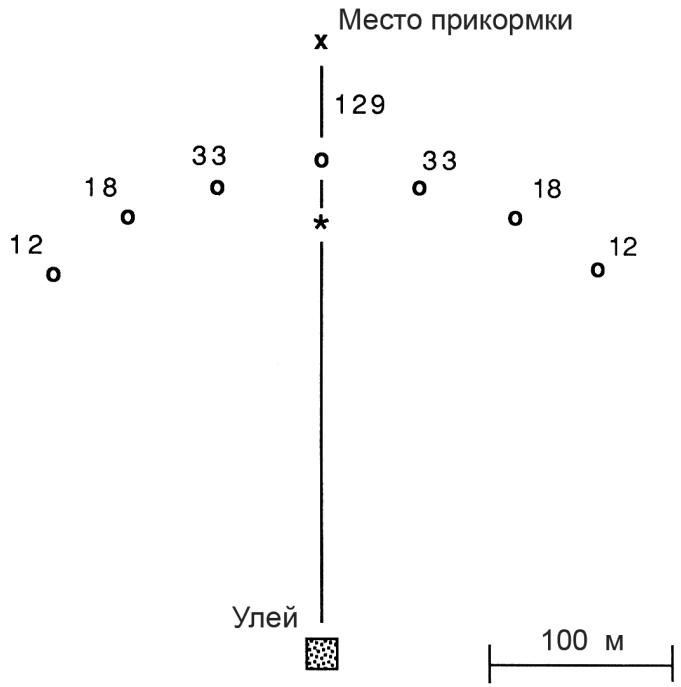


Рис. Пр. 12.3. Теоретически ожидаемое распределение рекрутов на разных кормушках в веерных экспериментах Фриша. Оно получнено исходя из предположения, что количество прилетов на кормушку обратно пропорционально ее расстоянию от центра запахового поля (звездочка). Таким образом, схема опытов Фриша не позволяет провести различие между предсказаниями гипотезы языка танцев и моделью, согласно которой рекруты летят преимущественно к геометрическому центру всех кормушек.

Линейный эксперимент

Впервые мысль о том, что не все в порядке с линейным экспериментом Фриша, возникла словно исподволь во время работы Веннера над его диссертацией (Wenner 1962). Обнаружились несоответствия между варьирующими значениями расстояний до цели в танцевальных маневрах, и реальным распределением успешных рекрутов на кормушках. А именно, пчелы демонстрировали большую аккуратность в достижении цели, чем это могло быть сообщено им виляющими танцами.

Детальный анализ одного из экспериментов Фриша показывает, каким образом мог быть получен предвзятый (biased) результат. Меченые фуражиры, прикормленные на кормушку, находящуюся в 750 м от улья, рекрутируют фуражиров на нее. Наблюдатели находились около контрольных кормушек, размещенных в том же направлении, но на разных расстояниях от улья. Каждый наблюдатель подсчитывал число немеченых пчел, подлетающих к кормушке, но не аннулировал их. С другой стороны, всех немеченых пчел, садившихся на кормушку, убивали, но не включали в окончательный подсчет.

Точки расположения кормушек и число посетивших их рекрутов в эксперименте Фриша и Яндера (Frisch, Jander 1957) показаны на рис. 9—9.1. Острый пик на экспериментальной кормушке (750 м) говорит о высокой точности ориентации рекрутов, которые, как полагали исследователи, получили информацию о расстоянии из танцев. Однако как Фриш и Яндер, так и Веннер (Wenner 1962) показали высокую вариабельность указаний на каждое из обозначенных здесь расстояний, если строго анализировать танцевальные маневры. Оказалось, что фуражиры действуют намного «точнее», чем это можно было предвидеть, имея в виду сказанное. Перед нами очевидная аномалия: ожидаемые результаты не соответствуют полученным в эксперименте.

Кроме того, Веннер высказал мысль, что, поскольку пчелы, которые инспектировали кормушку, не были ликвидированы наблюдателями, они могли быть посчитаны более чем по одному разу. Веннер построил распределение, которого следовало бы ожидать при условиях, что пчелы, во-первых, размещались по кормушкам случайным образом, и во-вторых, что те из них, которые были посчитаны, но не убиты, «посетили затем другую кормушку на расстоянии не более 500 м от предыдущей и были посчитаны снова». Эта теоретическая модель (Wenner 1962) очень близко соответствовала результатам Фриша и Яндера. О позиции Фриша на этот счет см. ниже.

Веерный эксперимент

К несчастью, Фриш неизменно планировал свои веерные эксперименты по одной и той же схеме: прикормочная (экспериментальная) кормушка помещалась позади центра совокупности контрольных, то есть располагалась в том же направлении, что и он сам. Результаты, как пишет Фриш, были замечательными: «Веерный эксперимент показал, насколько точно рекруты следуют указаниям танцовщиц относительно расстояния. Большинство новичков прилетают точно к

цели либо отклоняются от нее на несколько градусов в обе стороны» (Frisch 1967a: 231).

Лучше было бы, если бы Фриш помещал экспериментальную кормушку таким образом, чтобы она *конкурировала* с теоретическим центром всей ольфакторной системы, то есть располагалась бы в другом направлении от улья (см., например, Johnson 1967; см. также гл. 9).

Наши претензии к постановке этих опытов Фриша станут ясны, если читатель сравнит результаты, полученные им (рис. Пр. 12.2, сделанный по рис. 45 в работе: Frisch 1950), с теми, которые ожидаются при вероятностном распределении рекрутов на кормушках (см. прил. 12 и гл. 9).

Как мы указывали ранее, в любом эксперименте такого рода экспериментальная и контрольные кормушки должны быть по возможности идентичны друг другу. Между тем, в данном случае мы видим, что это не так. Крайние контрольные кормушки отличаются от других в том отношении, что неподалеку от них имеется только по одной такой же, тогда как другие имеют по две соседние. Кроме того, регулярные фуражиры всегда летают между ульем и местом прикормки по прямой. Это обстоятельство привносит дополнительные сложности в оценку результатов опыта, ибо все прочие контрольные кормушки, кроме средней, не лежат на этой прямой. Иными словами, некоторые из контрольных кормушек были ближе к запаховой трассе, а также к экспериментальной кормушке, где садились и кормились фуражиры, создавая тем самым дополнительный источник запаха.

Оправдание аномальных результатов

Возникает вопрос: в каком ключе последователи школы реалистов трактуют аномальные результаты, которые не укладываются в принятую гипотезу? С точки зрения Карла Поппера (принцип фальсификации), такие аномалии следует считать негативными свидетельствами, которые должны быть положены в основу тестирования гипотезы (в данном случае гипотезы языка танцев). Поппер пишет: «Каждая очень “хорошая” теория такова, что запрещает некоторые трактовки (things); чем больше таких запретов у теории, тем она лучше» (Popper 1957: 159).

Рекруты не должны в результатах своего поиска превосходить степень аккуратности в сообщениях языка танцев. Напротив, на осно-

вании того, что мы знаем о вариабельности танца, следует ожидать определенной неэффективности их поискового поведения.

Фриш и Яндер были приверженцами принципа верификации (защищаемого в рамках школы реалистов Карнапом — см. гл. 3 и рис. 3.1). И хотя названные исследователи прекрасно знали о том противоречии, о котором только что было сказано, они не поняли, какой удар оно наносит по гипотезе языка танцев. Они пошли по другому пути и стали утверждать, что рекруты потому прилетают точно на указанную им кормушку, что обладают способностью «усреднять» информацию о расстоянии, получаемую из нескольких сеансов виляющего танца. Иными словами, они остановились на том, что пчелы превосходят в этом отношении человека-наблюдателя.

Веннер, с другой стороны, даже в то время, когда он не порвал еще с традициями школы реалистов (и оставался в числе сторонников гипотезы языка танцев), подчеркивал, что если рекруты и в состоянии «усреднять» ошибки в поведении одной танцовщицы, они едва ли могут делать это, если речь идет о многих танцовщицах. Но даже если возможно усреднение в первом случае, это не объясняет чрезвычайно высокий успех фуражиров в опытах Фриша (Wenner 1962).

В последующие годы всякий раз, когда результаты опытов поборников гипотезы языка танцев не совпадали с тем, что они ожидали получить, в ход пускали этот самый аргумент об усреднении указаний «языка танцев». Фриш не мог вырваться из парадигмы языка танцев. Так, он писал: «[Рекруты] действуют более точно, чем если бы здесь было согласование со степенью разброса длительностей виляющих танцев у отправителя сообщения. Из этого мы можем заключить, что они принимают во внимание несколько виляющих танцев и усредняют информацию» (Frisch 1967a: 106).

Фриш был здесь не одинок. Подобным же образом отметал аномальные, «неподходящие» результаты Линдауэр (Lindauer 1971 см. гл. 12 этой книги). Этим авторам вторит Уилсон:

> Неожиданный аспект этой коммуникации — это то, что точность, с которой новички находят цель, превосходит определенность информации, которую они получают из танцев... Эти несовпадения могут быть результатом несовершенства опытов Фриша, о чем я говорил ранее. Но может быть и другое объяснение. Прежде чем покинуть улей в поисках взятка, новички в норме могут реагировать не на один танец, а на несколько, проделываемых одной танцовщицей или даже несколькими фуражирами. Путем усреднения информации

> они располагают более точными оценками, чем если бы каждый раз полагались на единственный танец. Ничто не противоречит возможности таких вычислений (calculation) (Wilson 1971: 268).

Фриш, Линдауэр и Уилсон игнорировали результаты анализа, проведенного Веннером (Wenner 1962), в котором были предложены альтернативные объяснения, не требующие каких-либо особых способностей от пчел. В частности, как было сказано выше, впечатление об очень высокой точности полета на цель могло быть результатом повторного учета одних и тех же пчел, которые не были аннулированы наблюдателями при первой их фиксации близ кормушки. Фриш позже согласился с тем, что так действительно могло быть, но посчитал, что в этом нет проблемы, Он писал:

> Поскольку рекруты не были ни пойманы, ни помечены, разумеется остается неизвестным, не прилетали ли одни и те же по несколько раз. Когда пчела исчезает из поля зрения наблюдателя, она учитывается снова [как новичок], если прилетает повторно. Но об этом не стоит тревожиться, ибо стремление данного насекомого искать корм на определенном расстоянии от улья говорит о том, что как раз здесь оно рассчитывало найти пищу (Frisch 1967a: 85—86).

В то время Веннер еще не отдавал себе отчет в том, что сам характер размещения кормушек может диктовать распределение рекрутов между ними во время эксперимента, не требуя дополнительных объяснений с привлечением гипотезы языка танцев. Тем не менее, проанализировав результаты линейного эксперимента Фриша, он предположил, что «странная (unique) форма кривой на графике отчасти обусловлена характером размещения кормушек» (Wenner 1962: 93).

Справедливость идеи о влиянии этого фактора полностью подтвердилась позже, при анализе веерных экспериментов Фриша (см. выше в этом разделе и в Прил. 8). Конечным результатом такого рода соображений явилась наша модель поиска по запаху (Wenner 1962; 1971a: 47). Ее весомость подтверждается сопоставлением ожидаемого и наблюдаемого распределения рекрутов на кормушках в веерных экспериментах Фриша. Сравнение рис. Пр.12.2 и Пр.12.3 говорит о почти полной их идентичности. С тех пор гипотеза языка танцев уже не могла претендовать на статус *единственного* объяснения наблюдаемых событий, исключающего все прочие. Однако вопреки всей ее слабости, Шрикер и Гулд снова вернулись к ней в середине 1970-х гг. (см. гл. 12).

Напомним еще раз, что задолго до того, как мы раскрыли все несовершенство классических опытов Фриша, научное сообщество перестало задавать вопросы относительно того, действительно ли у пчел существует «язык». Авторитеты в области поведения животных не стали углубляться в вопрос, насколько правдоподобно такое явление. Они оказались в окончательном плену парадигмы языка танцев, превратившейся в «правящую теорию».

Приложение 13

Отрицание гипотезы языка танцев

> Цепляться без конца за привычную идею — это все равно, что запретить сознанию участвовать в свободной игре творчества.
>
> — Дэвид Бом и Ф. Дэвид Пит
> (Bohm, Peat 1987: 51)

То, что Бом и Пит называют «свободной творческой игрой», — это, по Аткинсону (Atkinson 1985), «создание мысленного образа». В обоих случаях речь идет о возвращении к «изучению» явления (гл. 3 и рис. 3.1) в тех случаях, если новые наблюдения или эксперименты обещают дать новый взгляд на то, что стало предвзятым концептом.

На раннем этапе противостояния вокруг гипотезы языка танцев результаты нашего эксперимента с двойным контролем (см. гл. 9) показали, что популяция рекрутов распределилась между четырьмя кормушками с регулярностью математического характера. Именно, наблюдаемое соответствовало биноминальному или мультиноминальному распределению (Johnson 1967a; Wenner 1967), в зависимости от расстояния каждой кормушки от их общего геометрического центра.

Эти результаты были в некоторой степени удивительными, поскольку пчелы в поисках корма находятся под влиянием множества внешних факторов, таких как меняющееся направление ветра, препятствия в виде растительности и посторонних запахов. В итоге нам пришлось взяться за изучение происходящего словно бы заново. Напрашивалась мысль, что математические закономерности, наблюдаемые нами, сродни тем, которым подчиняется случайное распределение аллелей в популяциях. Все это привело нас к разработке модели поискового поведения пчел по запаху (см. прил. 11).

Очевидная зависимость между расположением кормушек и частотой посещения их рекрутами подтвердило впечатление, сложившееся у нас ранее, согласно которому поведение популяций животных может быть описано в статистических терминах, несмотря на то что индивиды действуют скорее случайным образом. К сожалению, при изучении поведения животных упор бывает сделан обычно на спо-

собах действий отдельных особей, а не популяции в целом. Поэтому совершенно не удивительно, что предложенный нами популяционный подход не встретил поддержки среди этологов.

Гулд и его коллеги (Gould et al. 1970) не воспользовались возможностью подойти к явлению с этих позиций. Они направили усилия на сбор наиболее очевидных внешне и значимых с их точки зрения характеристик индивидуального поведения рекрутов. Они измерили, в частности, время, затраченное 37 рекрутами на полет до кормушек по окончании их контактов с танцующими фуражирами. Но приверженность этих исследователей к гипотезе языка танцев не позволила им проанализировать эти данные с позиций популяционного подхода.

Если бы они работали в интеллектуальном климате предшествующих десятилетий, когда господствовала парадигма запахового поискового поведения пчел (до 1940 г.), они могли бы применить математические методы к анализу прекрасных данных по временным характеристикам полета пчел до цели *вообще* (а не у отдельных особей). В 1930-е гг., во времена расцвета классической генетики, параллель между распределением аллелей в популяциях и размещением в пространстве пчел, разыскивающих корм, могла бы получить благоприятный прием со стороны научного сообщества.

Так или иначе, нам предстояло сделать это самим. Правда, анализ данных Гулда с соавторами мог оказаться не вполне простым делом, поскольку создавалось ощущение присутствия здесь логнормального распределения. С другой стороны, ясное формулирование проблемы и представление их данных в не слишком усложненном виде, вкупе с выводами, полученными в итоге, — все это обещало прояснить возможность применения здесь математических подходов.

Суть вопроса

Когда Гулд с соавторами опубликовали нападки на нашу работу в *Science,* они предоставили свои собственные результаты, которые в действительности *полностью подрывали* веру в гипотезу языка танцев. Однако научное сообщество, находившееся в плену этой парадигмы, не было подготовлено к тому, чтобы рассмотреть альтернативные точки зрения. Так, одного из нас (Веннера) лишили возможности напечатать письмо в *Science* с коротким ответом нашим оппонентам (см. прил. 5).

Однако несколькими годами позже ответить удалось нашим критикам в журнале *Nature* (Wells, Wenner 1973: 173). Здесь мы вновь повторили, что заключение Гулда с соавторами, будто бы успешные рекруты «использовали» информацию, почерпнутую из танцев, оказалось возможным лишь постольку, поскольку эти исследователи акцентировали действия «успешных» рекрутов, но не принимали во внимание поведение всех прочих.

Забавно, что Гулд с соавторами, видимо, сами не ведая того, представили целый ряд свидетельств, полученных другими авторами и явно *противоречащих* предположению, будто рекруты *использовали* «языковую» информацию о направлении и расстоянии.

Ни соавторы Гулда, ни прочие приверженцы гипотезы языка танцев (которые позже вошли в комиссию по защите диссертации Гулда; см. гл. 11) не заметили, что его ранние результаты противоречат гипотезе. Во всяком случае, нам не известно, чтобы кто-нибудь из них критически рассмотрел эти материалы в течение 12 лет, прошедших со времени опубликования в 1970 г. статьи Гулда и его коллег.

Почти никто из рекрутов не выполнил задачу «правильно»

Приведенные выше утверждения следует разъяснить, поскольку иначе не все легко понять даже проницательному читателю. Возьмем следующее место из статьи Гулда с соавторами: «Только 37 (то есть, 13 %) из 277 пчел из свиты танцовщиц оказались успешными рекрутами и были позже пойманы на кормушках, при том что высокая концентрация сахарозы (молярность 2.5), использованной в качестве приманки, способствовала высокой частоте танцев и рекрутирования в улье» (Gould et al. 1970: 552).

Для начала здесь следует прояснить два важных пункта. Во-первых, сколь бы малым ни казался процент успешных рекрутов (и сколь существенно приведенная цифра подрывает позиции гипотезы языка танцев), реальный успех рекрутов был много ниже. Во-вторых, разброс значений скорости полета упомянутых 37 рекрутов может служить даже еще более весомым аргументом против привлечения гипотезы языка танцев. Рассмотрим эти утверждения более детально.

Из 37 рекрутов, названных в статье Гулда с соавторами «успешными», 12 (одна треть) прилетали на кормушку, поставленную в *направлении, противоположном* тому, что, как полагали, было задано им тан-

цами. Этот результат категорически отличается от ожидавшегося. Ведь Фриш настаивал, что большинство рекрутов не уклоняются от направления на цель более чем на 15° (см., например, Frisch 1954: 124).

Таким образом, большая часть (240) из первоначальных 277 пчел, вылетевших за взятком, вообще выпадают из рассмотрения. При этом авторы статьи ошибочно заключают, что 25 рекрутов (только 9 % вылетевших из улья) достигли «верной» кормушки благодаря использованию информации, полученной от танцующих пчел.

Приводя эти цифры, авторы статьи не заметили того, что по 50 % из 37 рекрутов могли прилететь на каждую из двух кормушек, если бы разлетались от улья просто случайным образом (даже в том случае, если движение воздуха и характеристики кормушек были идентичными от опыта к опыту). Это значит, что только от 7 до 9 рекрутов (25—37/2, или менее 3 % от 277) остаются реальными кандидатами для использования в подтверждении идеи, будто пчелы *используют* информацию, транслируемую танцами.

Если все сказанное не достаточно для опровержения интерпретаций, базирующихся на гипотезы языка танцев, перейдем к вопросу о времени, которое потребовалось успешным рекрутам для полета к цели. Вопрос звучит так: «Отличаются ли цифры, полученные для 25 пчел, прилетевших на «правильную» кормушку, от тех, что показали 12 других, которые отправились в противоположном направлении?».

Ожидаемые и наблюдаемые значения времени поиска

Результаты, полученные Гулдом с соавторами по этому вопросу, столь же недвусмысленно опровергают гипотезу языка танцев. Это следует из цифр, полученных для 25 и 12 пчел, летевших в противоположных направлениях (см. два последние столбца в табл. 4 в интересующей нас статье). Получается, что не более 3 % от общего числа рекрутов (277) из свиты танцовщиц *могли* использовать инфомацию о направлении на цель.

Надо сказать, что эти цифры интересны сами по себе и заслуживают более внимательного анализа. Для начала зададим вопрос: «Чего следует ожидать от пчел, направляющихся в точку, которая до этого была указана им танцующими фуражирами?». Разумное предположение состоит в том, что по крайней мере некоторые из них найдут источник пищи достаточно быстро, а у других это займет больше

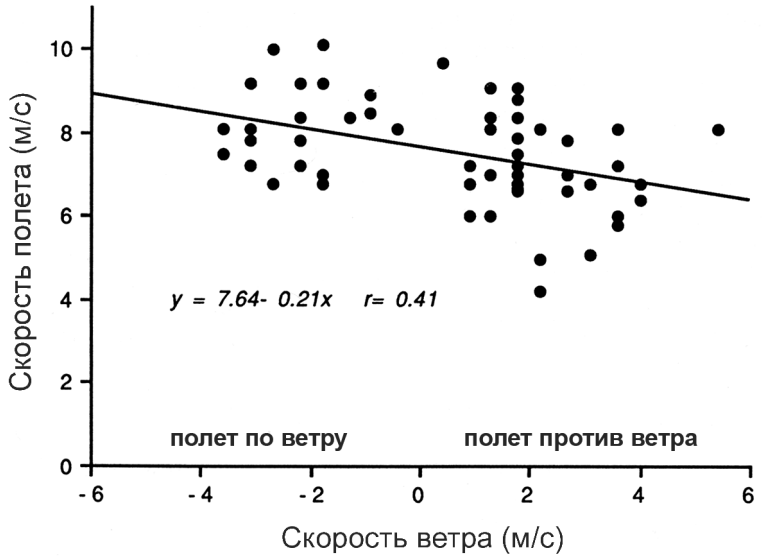


Рис. Пр. 13.1. Скорость полета фуражира без взятка от улья к месту кормления (по рис. 1 в работе: Wenner 1963). Скорость ветра 2 м в секунду над землей влияет на этот показатель незначительно. При сильном ветре пчелы летят очень низко, тем самым придерживаясь пахучего воздушного следа.

времени, причем для большинства среднее время, затраченное ими на поиски, будет примерно одним и тем же. Иными словами, следует ожидать нормального «колоколоообразного» распределения с соответствующим стандартным отклонением.

Можно ли оценить такое ожидаемое среднее значение на основании известной скорости полета пчелы? К счастью, существуют измерения такой скорости как для пчел, вылетающих из улья, так и для тех, которые возвращаются в него со взятком (Wenner 1963). Поэтому нетрудно оценить время, затраченное пчелой, летящей «по прямой» к намеченной точке.

Мы проанализировали данные Гулда с соавторами с трех точек зрения. Во-первых, с учетом времени, затрачиваемого на полет к цели опытным фуражиром. Во-вторых, исходя из предположения, что рекруты, летящие по указанию танцовщиц, показывают время, соответствующее нормальному распределению. И в-третьих, рассмотрев реальные цифры, полученные авторами статьи.

Время, затрачиваемое на задачу опытными фуражирами

Согласно нашим данным (например, Wenner 1963), эти пчелы вылетают из улья со скоростью 7.5 метров в секунду и сохраняют ее до момента прилета к цели. При таком полете по прямой влияние на пчелу скорости и направления ветра невелико (см. рис. Пр. 13.1). При сильном ветре она летит почти над самой землей.

В первой серии опытов Гулда с соавторами скорость ветра была такой же, как в тех условиях, для которых получены приведенные значения скорости. Расстояние от улья до каждой кормушки составляло 120 м. Это значит, что при нормальной скорости полета время для достижения цели фуражиром составляет около 16 сек. (16.1 ± 2.2 сек; $n = 51$; рис. Пр.13.1).

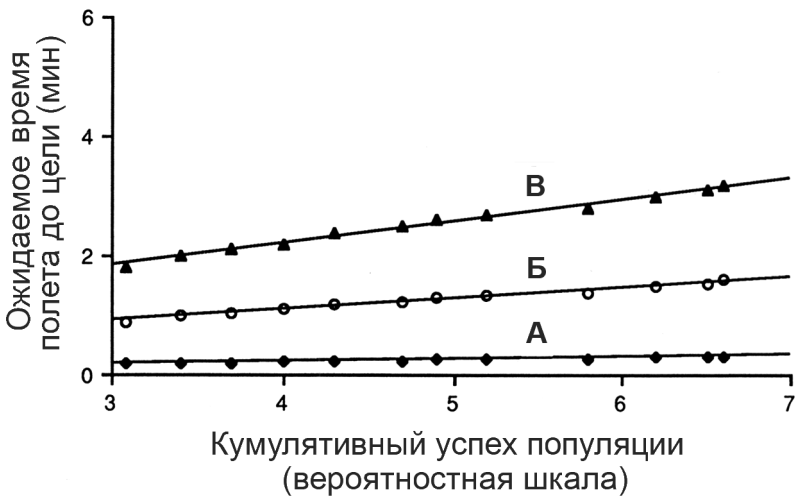


Рис. Пр. 13.2. Три варианта теоретически ожидаемого нормального распределения времени достижения кормушки рекрутом. Графики построены исходя из данных по заранее известной скорости опытного фуражира, летящего без нагрузки на расстояние 120 м от улья до места кормления. (На графике показаны «нормализованные» оценки, а не их абсолютные значения. Колоколообразные кривые представлены в виде прямых линий. При показателе 5 на оси ординат мы имеем средние значения, при 4 и 6 — стандартные отклонения от него.)

А) Среднее время, необходимое для достижения цели опытным фуражиром, летящим к ней от улья по прямой (по данным рис. Пр. 13.1). Б) Ожидаемое время полета рекрута, которому для достижения цели требуется в 5 раз больше времени, чем опытному фуражиру, летящему по прямой. В) Ожидаемое время полета рекрута, которому для достижения цели требуется в 10 раз больше времени.

Ожидаемое время поиска

На основании данных Веннера о скорости полета (см. рис. 1 в работе Wenner 1963), можно предположить, какого рода распределения следует ожидать для рекрутов при разных логических посылках. Зная скорость полета каждой пчелы, легко оценить степень вариации всех полученных значений.

Можно оценить время, затраченное каждым рекрутом в опытах Гулда с соавторами на преодоление дистанции в 120 м при разной эффективности поискового поведения этих пчел (например, в 5 раз дольше, чем у фуражиров, в 10 раз менее эффективно и т.д.). В каждом таком случае время полета легко представить в виде средней величины со статистическими отклонениями от нее (см., например, рис. Пр. 13.1).

Можно также оценить скорость достижения цели для всей *популяции* рекрутов, ранжируя данные для каждой пчелы в перцентилях по ранговым шкалам SAT, MCAT и GRE. В этом случае среднее время, затраченное рекрутами на поиски, удается представить как функцию кумулятивного успеха рекрутов. В итоге, нормальное распределение может быть представлено в виде прямых линий, так что их положение на графике и степень наклона покажут среднее и стандартное отклонения от средней длительности времени поиска.

На рис. Пр. 13.2 линия А показывает кумулятивный успех опытных фуражиров. Здесь мы перевели перцентели (значения которых на нелинейной шкале могут меняться от 0 до 100) в пробиты, чтобы сделать шкалу линейной. Среднему значению здесь соответствует отметка 5 на шкале абсцисс, а отметки 4 и 6 показывают стандартные отклонения от средней.

Поскольку не следовало ожидать, что рекруты могут достигать цели столь же быстро, как это делают опытные фуражиры, мы поместили на графике еще две линии. Линия Б соответствует картине, ожидаемой для распределения тех рекрутов, которые затрачивают на поиски в 5 раз больше времени, чем опытные фуражиры, а линия В — для тех, кто действует в 10 раз хуже последних.

Таким образом, наши предположения основывались на правдоподобных исходных посылках. Если бы рекруты следовали инструкциям о направлении на цель и расстоянии до нее, полученным ими от танцующих фуражиров, следовало бы ожидать, что значения для каждого из них будут соответствовать нормальному распределению

(среднее значение со стандартным отклонением). Помимо линий Б и В можно было бы ввести такие, которые отражают еще меньшие скорости достижения цели фуражирами, при исходном предположении, что они используют информацию, полученную из танцев, и летят по прямой в указанное им место.

Наблюдаемое время поиска

Теперь мы имеем возможность сравнить время, затраченное на поиски цели рекрутами из двух «успешных» их групп в опытах Гулда с со-

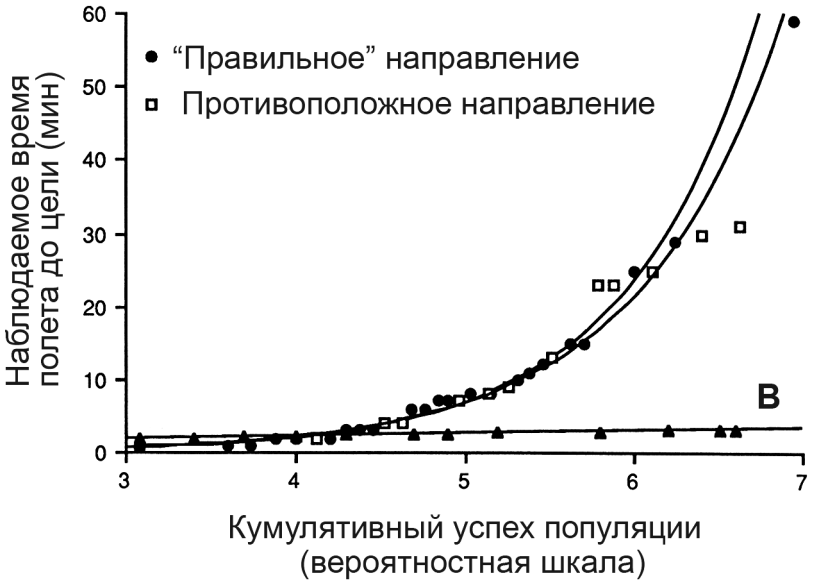


Рис. Пр. 13.3. Наблюдаемое время полета до кормушек 37 «успешных» рекрутов в экспериментах Гулда с соавторами (Gould et al. 1970). Точки показывают значения, полученные для пчел, прилетевших на «правильную» кормушку, квадратики — для тех, которые достигли кормушки в противоположном направлении. Прямая В (из рис. Пр. 13.2) приведена для сравнения. Шкала ординат удлинена по сравнению с показанной на рис. Пр. 13.2.

Наиболее высокие значения поиска кормушек в работе Гулда с соавторами (например, 75 мин.) отброшены, иначе шкалы должны были бы сильно изменены.

Можно видеть, что наблюдаемые распределения временных показателей резко отличаются от нормального (рис. Пр. 13.2), которого следовало бы ожидать согласно предсказаниям гипотезы языка танцев. Кроме того, нет разницы в показателях для рекрутов, достигших «указанного» им направления, и тех, которые полетели в противоположном направлении. Таким образом, эти результаты опровергают гипотезу языка танцев.

авторами. Это 25 пчел, прилетевших на «верную» кормушку, и 12 других, оказавшиеся на другой, в прямо противоположном направлении.

С этой целью мы построили две кривые на той же графической основе, которая была ранее использована для рис. Пр. 13.2. На рис. Пр. 13.3 мы, однако, удлинили шкалу ординат в 10 раз, чтобы на графике могли поместиться все значения длительности поиска, полученные Гулдом с соавторами (линия В из рис. Пр. 13.2 помещена сюда для сравнения).

Данные, собранные Гулдом с соавторами, ясно свидетельствуют о том, что они не могут быть объяснены, исходя из гипотезы языка танцев. Прежде всего, отсутствуют какие-либо различия в длительности поиска пчелами, прилетевшими на «верную» кормушку, и теми, что отправились в противоположном направлении. В обоих случаях $r = 0.99$.

Кроме того, как можно видеть, характер распределения значений времени поиска отвечает логарифмической функции (и фактически, почти идеальной логнормальной корреляции), а не нормальной, как следовало бы ожидать в случае предположения, что рекруты «прочитывают» информацию, транслируемую танцем (что, на наш взгляд, показывают линии Б и В на рис. Пр. 13.2). Данные Гулда с соавторами см. в главе 5 и приложении 11.

В итоге, приходится повторить, что в анализируемых опытах только очень немногие рекруты смогли найти ту или иную из двух кормушек. Около 30 % из них прилетели не на ту из них, которая, как полагали, была указана им танцами. Можно предположить, что лишь 7 или 8 пчел из 37, обнаруживших кормушки (и из 277 вылетевших из улья), повели себя так, словно они «знали, куда лететь». Не исключено, что и эти неубедительные результаты могли быть детерминированы направлением ветра и прочими внешними факторами.

В чем же поведение рекрутов в проанализированных опытах входит в противоречие с предсказаниями гипотезы языка танцев?

1. Распределение значений времени поиска отвечает принципу логарифмической вероятности, а не нормальному распределению, как того следовало бы ожидать.
2. Распределение значений времени поиска у рекрутов, которые предположительно использовали информацию о направлении, не отличается от соответствующих значений у пчел, летевших в противоположном направлении от улья.

Как «тиски парадигмы» ограничивают кругозор исследователей

В итоге можно видеть, что превосходные эмпирические данные, полученные Гулдом и его коллегами в отношении способности рекрутов находить «правильную» кормушку, *не дают* свидетельств в пользу того, что рекруты используют некую информацию, полученную ими в улье. Эти результаты *опровергают* гипотезу языка танцев. Как в таком случае можно объяснить тот факт, что сами авторы и читатели их статьи решили, что здесь содержится подтверждение этой гипотезы?

Очевидно, поборники гипотезы языка танцев могли прийти к такому выводу лишь в силу своей веры в то, что свидетельством использования «языка» служит факт отклонения в поведении рекрутов от такого, которое выглядит чисто случайным. Но при этом они не приняли во внимание необходимость рассматривать отдельно а) половину рекрутов (18 или 19 особей) от общего числа «успешных рекрутов» (37), которые как раз и могли попасть на ту или другую из двух кормушек по чистой случайности (при всех прочих равных), и б) тех 25, которые прилетели на «правильную» кормушку.

По-видимому, сам Гулд позже сам заметил эту ошибку (Gould 1976: 241). Однако даже его признание в этом не смогло пошатнуть основы парадигмы. Только уяснив себе, что ни одна из его попыток не смогла верифицировать гипотезу языка танцев, Гулд был вынужден согласиться с неубедительностью своих ранних данных. И хотя он к этому времени познакомился с работами Куна (Gould 1976: 241), он не принял во внимание значение его слов, которые столь часто цитируются: «Хотя они могут утратить веру (в свои прежние представления. — *Е. П.*) и начать затем рассматривать альтернативы, они не отвергают парадигмы, которая привела их к кризису» (Kuhn [1962] 1970a: 77). Вместо этого Гулд продолжал работать в рамках парадигмы языка танцев при подготовке своей диссертации и настаивал, что «в конце концов, как кажется, гипотеза языка танцев будет подтверждена окончательно (Gould 1974; 1975a, b, c)» (Gould 1976: 234).

Возражения Росин

Росин остановилась на этой теме подробно в целой серии статей (Rosin 1978; 1980a; 1980b), содержание которых подробно разобрано выше, в главе 13. Позже она выразила всю суть дела в двух лаконичных высказываниях. «Веннер и Уэллс (Wenner, Wells 1987) уже писали об опровержении мной гипотезы «языка танцев», как она представлена в ранней работе Гулда с соавторами (Gould et al. 1970)». В той же статье Росин сказано: «Гулд, по сути дела, доказал, что каковы бы ни были способы тренировки пчел и прочие условия опытов, они неизменно прилетали на кормушки, *не используя* информацию, содержащуюся в танцах» (Rosin 1988a: 267 — курсив наш).

Здесь Росин имеет в виду более поздние опыты Гулда. При их постановке тот перемещал контрольные кормушки каждые 12 минут, при интервалах между самими испытательными сессиями длительностью всего лишь 5 минут, не учтя при этом результаты, полученные им и его коллегами в 1970 г. (см. Gould 1974; 1975a, b, c). Росин поняла, что если принять во внимание данные табл. 4 в статье Гулда соавторами (Gould et al. 1970), неизбежным следствием каждого перемещения кормового столика должно стать пребывание в воздухе множества пчел, разыскивающих корм на прежнем месте, в соответствии с «неверной» информацией, полученной ими ранее из танцев (подробности см в гл. 13 раздел *Росин: объяснения в рамках взглядов на поведение насекомых и человека*).

В той же статье Росин приходит к выводу, который содержала и наша стать в *Nature*. «Судя по всему, — пишет она, — Гулд представил результаты очень малой части экспериментов, проделанных им» (Rosin 1988a: 267).

Судя по данным Гулда, приведенным, в частности, на рис. 4A в одной из его статей, датированных 1975 г. (Gould 1975b), рекруты с большой точностью используют информацию, полученную ими из танцев. Однако, поскольку автор не знакомит нас с результатами множества других экспериментов, поставленных тем же летом, нет возможности судить о том, насколько репрезентативны опубликованные данные. Кроме того, экспериментальные протоколы, доступные из статьи, трудно совместить с тем, что нам известно о времени, затраченном рекрутами на поиски кормушек (см. рис. Пр. 13.3). Довольно очевидно, что здесь мы имеем дело с тем, что называется «подтверждением следствием», основанном на отборе одних лишь позитивных результатов (см. гл. 12).

Перед нами хороший пример того, как ученые, работающие в рамках школы реалистов и с применением принципа верификации, позволяют себе концентрировать внимание только на результатах «успешных» экспериментов. Они тверды в своем убеждении, что заняты документированием фактов (к тому же, неопровержимых), которые еще раз подтверждают всеми признанную истину.

Как мы уже говорили в главе 13, не считая нас самих, только Росин и Охтани смогли выявить глубокие несоответствия, присущие экспериментам Гулда и предложенным их интерпретациям. Очевидная неспособность (или нежелание) поборников гипотезы языка танцев усмотреть эти несоответствия заставили Росин написать:

> Противоречия между экспериментальными результатами, с одной стороны, и способами их теоретического осмысления, с другой, указывают на то, что гипотеза «языка танцев» постепенно приобретает все более и более парадоксальный облик. Впрочем, здесь есть еще более интересное явление, именно способность ученых не замечать того, чего им не хочется видеть (Rosin 1980b: 775).

Читатель может задать и другой вопрос: «Как могли не заметить всего этого рецензенты журналов, принимавшие к печати статьи Гулда и отвергавшие любую альтернативную интерпретацию?». Здесь еще раз уместно вспомнить слова Фейерабенда, приведенные в эпиграфе к приложению 5 и указывающие на важную роль научно-популярных книг в укреплении псевдонаучных представлений.

Нам кажется подходящим к случаю и следующее высказывание Вальтера Веймера: «Невозможно проложить мост через пропасть, лежащую между *эмпирическими* данными и *истиной*. Нет способа узнать, что будет принято за истину, если отталкиваться от эмпирики. Оценки содержания теории и ее истинности никак не связаны напрямую» (Weimer 1979: 69).

Что могло бы быть, если?..

Трудно не согласиться с тем, что коллизия, описанная в этой книге, дает богатую пищу для размышлений на предмет социологии и психологии науки. Попробуем представить себе, как события могли бы разворачиваться, если бы обстоятельства оказались иными.

Для нас совершенно очевидно, что Гулд и его коллеги не смогли осознать, что данные, которые они собирали в поддержку гипотезы языка танцев, в действительности опровергли ее. Перефразируя метафору Куна, можно сказать, что очки, пригодные для верификации, столь прочно сидели на носу этих исследователей, что они были не в силах отказаться от своей идеи.

Но что могло случиться, если бы Гулд и его соавторы поняли, что поведение рекрутов в их экспериментах *не отвечает* предсказаниям гипотезы языка танцев? Если бы они после этого пошли по другой линии исследований? Мог ли бы тогда Гулд сделать ту же самую карьеру? Могло ли научное сообщество приветствовать результаты, не имеющие надежного эмпирического обоснования? Вот те вопросы, которые теперь предстоит решать специалистам в области психологии и социологии науки, таким, например, как Мехони и Велдинк (Mahoney 1976; Veldink 1989).

Приложение 14

О чем говорят эксперименты с искусственной пчелой

Один из лучших способов подтверждения гипотезы в науках о поведении животных состоит в том, чтобы проверить, какой именно элемент в общем комплексе стимулов вызывает предсказуемую реакцию. Многие ранние исследования такого рода явлений состояли в «препарировании» поведения с использованием моделей специфического стимула, вычлененного из комплекса, либо какую-то другую его имитацию. Предъявление таких искусственных стимулов должно было вызвать у испытуемого животного соответствующий ответ.

Этот прием был использован, в частности, в исследованиях Тинбергена, который писал: «Животное реагирует не на все изменения в его окружении, которые оно способно воспринять органами чувств, но лишь на малую часть из них. Это основа инстинктивного поведения, значение которой трудно переоценить» (Tinbergen 1951: 25).

Один из примеров успешного использования этого метода была имитация клюва взрослой чайки посредством стержня с красным пятном на нижнем его конце. Когда стержень подносили к гнезду, птенцы чайки реагировали на него, начиная выпрашивать корм (Tinbergen, Perdeck 1950)[37]. В других экспериментах самка сверчка приближалась к динамику, через который транслировали стрекотание самца (Ewing 1984: 230—234).

Первоначально нам казалось, что таким же способом можно выявить значимые компоненты в виляющем танце пчел. Он выглядел для нас в то время как высоко стереотипный поведенческий комплекс, поддающийся расчленению на компоненты разных модальностей. Если «язык танцев» существует, можно проанализировать все его компоненты и сконструировать имитативную модель танцующей пчелы.

С применением подхода, направленного на верификацию, успех мог бы быть достигнут в том случае, если после контакта с такой моделью неопытная пчела полетела бы прямо из улья в указанную ей

[37] Об ошибочности выводов, сделанных авторами этого эксперимента, см. статью Дж. Хейлмена Как птицы обучаются инстинктивному поведению» в сборнике «Птицы» (М.: Мир, 1983: 137—146).

точку. Поочередное изъятие отдельных компонентов комплексного сигнала позволило бы выяснить, какой именно из них несет в себе содержательную информацию.

В начале 1960-х гг. мы проводили исследования, еще придерживаясь подхода, основанного на принципе верификации. Мы решили, что следовало бы сравнить действие вибрирующей модели (то есть, издающей звуки) и такой, которая танцует беззвучно. Так можно было уяснить себе, несет ли информацию звуковое сопровождение танца.

Работая еще в рамках парадигмы языка танцев, мы стали обдумывать, как следует конструировать такую модель. Прежде всего было необходимо проанализировать до мельчайших деталей все, что происходит во время танца. Иначе его нельзя было бы адекватно имитировать с помощью модели.

С этой целью мы принялись изучать танец столь детально, как того не делал никто до нас. Например, делали серии фотоснимков при стробоскопическом источнике света, чтобы точно проследить траекторию движения танцовщицы.

Мы также меняли концентрацию сахара в кормушках и анализировали характер танца и сопровождающих его звуков в момент возвращения фуражиров в улей (см., например, Wenner 1962; Wenner, Wells, Rohlf 1967). При поисках корреляций между концентрацией сахара и звуками во время танца мы надеялись понять, что имел в виду Фриш, говоря об «энергичности» танца. Он писал: «Чем слаще сахар, тем энергичнее танец» (Frisch 1950: 65).

Вопрос об «энергичности» виляющего танца

Вопреки нашим усилиям, предпринимавшимся в ходе четырехлетних исследований, нам так и не удалось установить какую-либо определенную связь между концентрацией корма и теми или иными компонентами танца (звуковых и прочих). Перед нами оказался парадокс невозможности получить какие-либо устойчивые количественные характеристики. Однако это утверждение было отброшено Фришем. «То, что эти танцы становятся более оживленными с увеличением концентрации сахара, — писал он, — прекрасно заметно наблюдателю, но этот факт не может быть оценен количественно» (Frisch 1967a: 237).

До сего дня некоторые исследователи говорят об «энергичности» танца как о неком подтвержденном феномене, хотя его характеристики так и не были оценены количественно. Например, Миченер не

подверг сомнению эту идею Фриша. Он пишет: «Энергичность или оживленность танца нелегко измерить, но, следуя Фришу, эта характеристика становится более выраженной с увеличением концентрации сахара и легко фиксируется наблюдателем» (Michener 1974: 162).

Уодингтон также некритически воспринял утверждение Фриша. Он пишет: «Как только концентрация сахара достигает порогового значения, необходимого для стимуляции танцев, дальнейшее ее увеличение приводит к 1) усилению «оживленности» танцев, 2) удлинению сеансов танца и 3) увеличению частоты подачи звуковых импульсов во время прямолинейного пробега» (Waddington 1982: 297). К сожалению, Уодингтон не обратил внимания на отсутствие таких корреляций в результатах нашей экспериментальной работы (Wenner, Wells, Rohlf 1967). Не учли этого и все прочие исследователи поведения пчел.

Трудности, возникающие в экспериментах с искусственной имитацией танца

В прошлом были предприняты отдельные попытки направлять рекрутов-новичков на поиски цели в ответ на помещение в улей искусственной модели пчелы. Однако результаты этих опытов обычно интерпретировались в пользу тех, кто их ставил, а занимались этим люди, стремившиеся к верификации гипотезы языка танцев. Так, Фриш высказал несколько ободряющих слов по поводу опытов Гарольда Эша:

> К сожалению, итог [эксперимента] остается неясным (still unknown) ... Пока что была возможность поставить лишь один опыт, и поскольку только одна танцовщица (модель. — *Е. П.*) подавала сигналы, только малое число новичков отреагировали на них. Повторения опыта не удались из-за плохой погоды, а затем другие стечения обстоятельств не позволили Эшу продолжить работу (Frisch 1967a: 106).

Необходимо заметить, что пресловутая фигура танца, так называемая «восьмерка» (рис. 6.1), может быть воспринята наблюдателем-новичком как таковая только в том случае, если он заранее знал по описаниям, что она выглядит именно так. Движения танца гораздо менее стереотипны, чем принято думать. Среди прочих аномалий, обнаруженных нами, оказалось совершенно очевидно, что потенциальные

рекруты сравнительно редко «следуют» за танцовщицей. Таким образом, выявление корреляций между движениями танцовщицы (в том числе и искусственной), с одной стороны, и потенциальных рекрутов, с другой, занятие весьма неблагодарное. По этой причине мы не стали продолжать наших собственных опытов с искусственной пчелой.

С самого начала стали очевидными и другие фундаментальные трудности, совершенно неизбежные при проведении подобных экспериментов. Все перечисленное выше очевидным образом препятствует эффективному использованию такого подхода. Ниже мы перечислим те из них, которые должны встретить препятствия при попытках верифицировать гипотезу языка танцев.

1 . В этих попытках сама конструкция пчелы-робота неизбежно будет базироваться на неосознанном игнорировании всех негативных свидетельств, полученных за последние 20 лет в отношении гипотезы языка танцев. К их числу относятся наблюдения Гулда с соавторами (Gould et al. 1970), согласно которым очень немногие фуражиры, контактировавшие с танцовщицами, находили хоть какую-нибудь из кормушек из числа якобы «указанных» им. Более того, даже эти «успешные» рекруты, судя по времени, затраченному ими на поиски, должны были обшаривать значительные по площади участки (см. гл. 12 и прил. 6).

Результаты названных авторов ясно указывают на то, что эффективность действий танцующих фуражиров (если они действительно рекрутировали пчел-новичков) были крайне мало эффективными и не приводили к тому, чтобы рекруты вылетали из улья, устремляясь точно на цель. Модель пчелы, вне всякого сомнения, будет в этом смысле еще менее эффективной (как например, в упомянутом выше опыте Эша). В более поздних опытах Микельсена с соавторами (Michelsen et al. 1992) «живая пчела (по словам этих авторов) рекрутировала в 5—10 раз больше пчел, чем пчела-робот».

2. При работе с пчелой-роботом неизбежно не принимают во внимание альтернативную гипотезу поиска по запаху (см. гл. 5 и прил. 8). Пчелы в высшей степени восприимчивы к запаху своего окружения и самого экспериментатора в том числе. Как он может быть уверен, что в ходе опыта элиминированы все посторонние запахи? Кроме того, если модель полностью лишена адекватного запаха, рекрутирование невозможно (Wenner, Wells, Johnson 1969). Как в опытах этого характера можно контролировать влияние этого фактора?

3. Следует избегать рассчитанных на сенсацию заявлений об успехах опыта с пчелой-роботом. Ведь любая пчела-новичок, достигшая

(даже по случайности) запланированной экспериментатором точки, может быть объявлена в качестве рекрута, который верно *использовал* информацию, полученную из танца.

Вот почему, если некий «позитивный» результат в экспериментах этого типа удалось получить по случайности, можно подозревать, что за этим последует желание немедленно сообщить об успехе средствам массовой информации. Как читатель мог неоднократно видеть из текста книги, обширная аудитория с нетерпением ожидает подобного рода сенсаций.

4. Любое сообщение о «языковой коммуникации», транслируемой пчелой-роботом, требует прежде всего повторения данного опыта независимым экспертом и последующей проверки результатов беспристрастными учеными. Всему этому препятствует то обстоятельство, что конструирование искусственной пчелы — вещь весьма накладная с финансовой точки зрения. Поэтому трудно представить себе, что ее изготовит беспристрастное лицо, детально осведомленное обо всем массиве негативных свидетельств относительно гипотезы языка танцев и знакомое, к тому же, с достижениями, полученными на базе альтернативной гипотезы поиска по запаху (см. гл. 5).

5. Следующим шагом должно быть проведено тестирование того, насколько эти опыты с «успешной моделью» отвечают предсказаниям гипотезы языка танцев. Неплохо было бы поставить эксперимент таким образом, чтобы попытаться фальсифицировать эту гипотезу. В любом случае важно избежать подсознательного желания непременно подтвердить ее.

6. При постановке экспериментов следует избегать схемы веерного эксперимента Фриша и любых ее модификаций (см. прил. 9). В случае их воспроизведения, при всех прочих равных, рекруты будут стремиться в зону геометрического центра совокупности всех кормушек (Johnson 1967a; Wenner 1967).

Интересно было бы проделать эксперимент, в котором пчела-робот «посылала» бы рекрутов *по ветру* на дистанции 500, 1000 и 1500 м, выставив при этом контрольные кормушки также с наветренной стороны от улья. (см. Friesen 1973 и прил. 8).

В любом случае мы полагаем, что противостояние вокруг гипотезы языка танцев не удастся разрешить путем помещения в улей модель, имитирующую танцевальные маневры. Дело в том, что только тот, у кого нет ни малейших сомнений в неопровержимости парадигмы языка танцев, решится затратить уйму времени, денег и усилий на конструирование подобной модели, работа с которой неизбежно

породит трудно разрешимые проблемы порочного круга в рассуждениях. Явления, которые здесь обсуждаются, слишком сложны и многоплановы, чтобы их можно было решить одной лишь попыткой направить пчел на заранее заданную точку с помощью механической модели. Все, что было сказано в этой книге, восстает против такого упрощенческого подхода.

В недавних попытках использовать механическую пчелу, мобилизацию рекрутов-новичков на взяток удалось осуществить лишь в тех случаях, когда «робот» подвал рекрутам капельку сахарного раствора изо «рта», а те могли перед вылетом из улья ознакомиться с запахом «цели» (Michelsen et al. 1989; Wenner 2007). В линейном эксперименте (по схеме Фриша) большинство рекрутов не прилетали на заданное роботом расстояние, а их распределение по кормушкам было случайным и подчинялось логнормальной функции. Результаты веерного эксперимента соответствуют нашей модели расстояния от центра запаха (Wenner et al. 1991; Michelsen et al. 1989). Эти эксперименты дали также богатый материал в пользу идеи, что условный рефлекс на запах формируется у потенциальных рекрутов еще в улье, и подтвердили предсказания нашей модели поиска по запаху (подробнее см. раздел Дополнение).

Мы надеемся, что сказанное в этой книге хорошо объясняет, почему мы не стали упорствовать в конструировании пчелы-робота, чтобы с ее помощью направлять рекрутов «прямо на кормушку». Дело в том, что наша исследовательская программа, направленная первоначально на подтверждение гипотезы языка танцев, со временем изменилась таким образом, чтобы выяснить, как же в действительности неопытные рекруты находят источники пищи, посещавшиеся до этого их партнерами по улью (см. гл. 5 и прил. 11).

Примечание

В 1989 г.[38], Микельсен с соавторами (Michelsen et al. 1989: 277—280) объявили о своей успешной попытке рекрутировать пчел с помощью компьютерной модели искусственной пчелы, названой «электронной пчелой-роботом». Нам стало ясно, что эти авторы не приняли во внимание те шесть предостережений, о которых речь шла выше. Таким образом, эксперимент не был обеспечен необходимым контролем для доказательства того, что рекруты руководствовались указаниями ро-

[38] Когда книга уже была в производстве (прим. ред.).

бота, а не ольфакторными стимулами. Между тем, распределение рекрутов по кормушкам в эксперименте Микельсена с коллегами мало отличаются от того, как картина должна выглядеть в случае, если пчелы летят против ветра к центру запахового поля (Wenner 1962; 1971; 1974; см. так же прил. 12 и раздел Дополнение). В качестве реакции на цитированную статью последовала интенсивная компания в средствах массовой информации. В январе 1990 года журнал National Geographic дал иллюстрированную статью, а в марте то же года аналогичная публикация появилась в другом популярном журнале[39]. В своем ответе на наши критические замечания (*Science News* 1990, 137: 19, 31) Рик Вейс попросту отмахнулся от них, сославшись на «авторитетное» мнение Роджера Морса из Корнелльского университета. Тот, в свою очередь, поддержал Вейса, опираясь на привычные доводы, следующие из принципа верификации.

[39] Jehovah's Witness magazine.

Дополнение к русскому изданию

За два десятилетия, прошедшие с момента опубликования этой книги в США, важные события произошли в следующих двух сферах. Мы имеем в виду, во-первых, использование новых технологий той частью исследователей, которые продолжают настойчиво утверждать, что пчелы обладают способностью обмениваться абстрактными символами. Для защитников гипотезы «языка танцев» применение новых технических методов зачастую служит заменой попыткам поставить по настоящему убедительный строгий эксперимент. Во-вторых, на протяжении тех же самых двух десятков лет другие ученые получили новые экспериментальные данные (и подтвердили дотоле существовавшие) по вопросу о том, как рекруты *в действительности* мобилизуют неопытных пчел на сбор взятка. Ниже мы опишем результаты этих опытов и рассмотрим их в контексте вопроса о значимости запаха в организации этого процесса.

1. Новые технологии.

Компьютеры. Новинки технического прогресса зачастую открывают новые возможности в исследовании интересных проблем, стоящих перед наукой. Идея использовать такие устройства новой генерации для решения вопроса о способах коммуникации у пчел впервые посетила нас еще в 1963 г., после вечеринки, организованной Джейн и Гаррет Хардингами[40], увлеченными в то время новыми перспективами, которые открывало это изобретение.

Уже следующим летом в компании с Джеймсом Ролфом, специалистом в вопросах биометрии, мы поставили полевой эксперимент, который был спланирован таким образом, что для анализа его результатов требовалось непременное использование методов многомерной статистики (в частности, факторного анализа). Надо сказать, что в 1964 г. в сфере доступности для нас существовал единственный компьютер, способный обработать полученные нами обширнейшие многовариантные данные. Он находился в Западном Вычислительном центре, относящемся к Калифорнийскому университету в Лос-Анджелесе. На основе проделанной работы мы написали статью, которая вышла в

[40] Гаррет Хардинг — автор эссе «Трагедия общины» и многих других важных публикаций.

свет только три года спустя, в 1967 г. (журнал *Physiological Zoology* 40: 317—344).

Читатель должен ясно осознавать, что наши персональные компьютеры XXI века обладают гораздо большей мощью по сравнению с этой машиной 1964 г., чье нутро было до отказа заполнено множеством вакуумных трубок. Этот компьютер работал еще с перфокартами, на которые мы наносили наши данные, после чего материал переправлялся в вычислительный центр.

Результаты обработки данных оказались во многом неожиданными. Выявленные корреляции не совпадали с теми, которые мы ожидали обнаружить. Так у нас впервые зародились сомнения в справедливости гипотезы «языка танцев». Все это способствовало планированию нашей последующей работы и привело, в конечном итоге, к написанию книги, которую вы держите в руках.

Механическая пчела. Другой привлекательной технологической перспективой оказалась идея создать механическую пчелу, запрограммированную таким образом, чтобы она могла транслировать верную информацию о местонахождении источника корма. Еще до того как в конце 1960-х гг. мы обратились к разработке нашей гипотезы поиска по запаху, у нас возникала мысль сконструировать такое устройство. Однако, оценив доминирующую важность запаха в процессах мобилизации пчел на взяток, мы решили пойти по другому пути и сконцентрировать внимание на изучении поискового поведения пчел в полевых экспериментах.

Между тем, в конце 1980-х гг. Микельсен и его коллеги, твердо уверовавшие в существование языка у пчел, создали-таки механическую пчелу. Это было удивительное творение техники — с вибрирующим корпусом, крыльями, сделанными из полосок лезвий для бритья, и «ртом», из которого под давлением выделялся раствор пахучей сахарозы — точно такой, что помещалась на блюдечке, куда механизм направлял пчел-рекрутов. Но если создатели этой модели пчелы рассчитывали получить с ее помощью решающее доказательство пчелиного языка, их ожидало горькое разочарование.

В опытах с использованием этого устройства несколько рекрутов были в самом деле пойманы на тех плошка с сахарозой, где им следовало оказаться по расчетам экспериментаторов. Этот факт сам по себе был расценен ими как свидетельство «успеха» в доказательстве того, во что они верили. Однако распределение рекрутов между целевой и контрольными плошками резко отличалось от того, что предсказыва-

ла гипотеза языка танцев. Помимо всего прочего, рекрутов не удавалось мобилизовать в отсутствие запаха.

Давайте рассмотрим основные проблемы в интерпретациях, предложенных Микельсеном с соавторами (Michelsen et al. 1989), опираясь на их собственные данные.

В экспериментах Фриша, направленных на оценку способности пчел получать из танцев информацию о расстоянии до цели, рекруты демонстрировали значительно большую точность в ее поисках, по сравнению с тем, что могли дать им ориентирующие сигналы танца. Фриш и его последователи отвечали на это возражение, выдвигая никем не проверенное (и непроверяемое в принципе) утверждение, что рекрут присутствует при нескольких танцах фуражиров, а затем усредняет их указания. Итак, к использованию символов в коммуникации добавляются еще и математические способности! И при всем при этом в гипотезу языка танцев продолжают еще верить.

Запрограммированная пчела-робот позволяла проверить вопрос о вариабельности информации, транслируемой танцами. В самом деле, вариабельность отсутствует в танцах механической пчелы. Таким образом, здесь не должно быть неопределенности в сообщении, невозможно и усреднение результата, полученного при наблюдении рекрутом за несколькими разными танцами. Следовательно, все рекруты должны прилететь на указанную им плошку — но этого не происходит (рис. ДП-1. А—В).

Вместо этого, как показали Веннер с соавторами (Wenner et al. 1991), распределение значений для тех расстояний от улья, на которых были пойманы рекруты, имевшие контакт с пчелой-роботом, отвечает предсказаниям логнормального (случайного) распределения. Это именно то, что было установлено ранее во многих исследованиях пространственного распределения пчел, которые в естественных условиях вылетают за взятком из улья. Таким образом, можно предположить, что рекруты в опытах с механической пчелой точно так же использовали только запаховую информацию, предоставляемую сахарозой, которая выделялась изо «рта» механического устройства (рис. ДП-2. А—В).

Что касается веерного эксперимента, в котором использовали пчелу-робота, то он был лишен какого-либо дополнительного контроля и потому не позволял сделать различий между «языковой» и запаховой гипотезами (подробно об этом см. в гл. 9 книги).

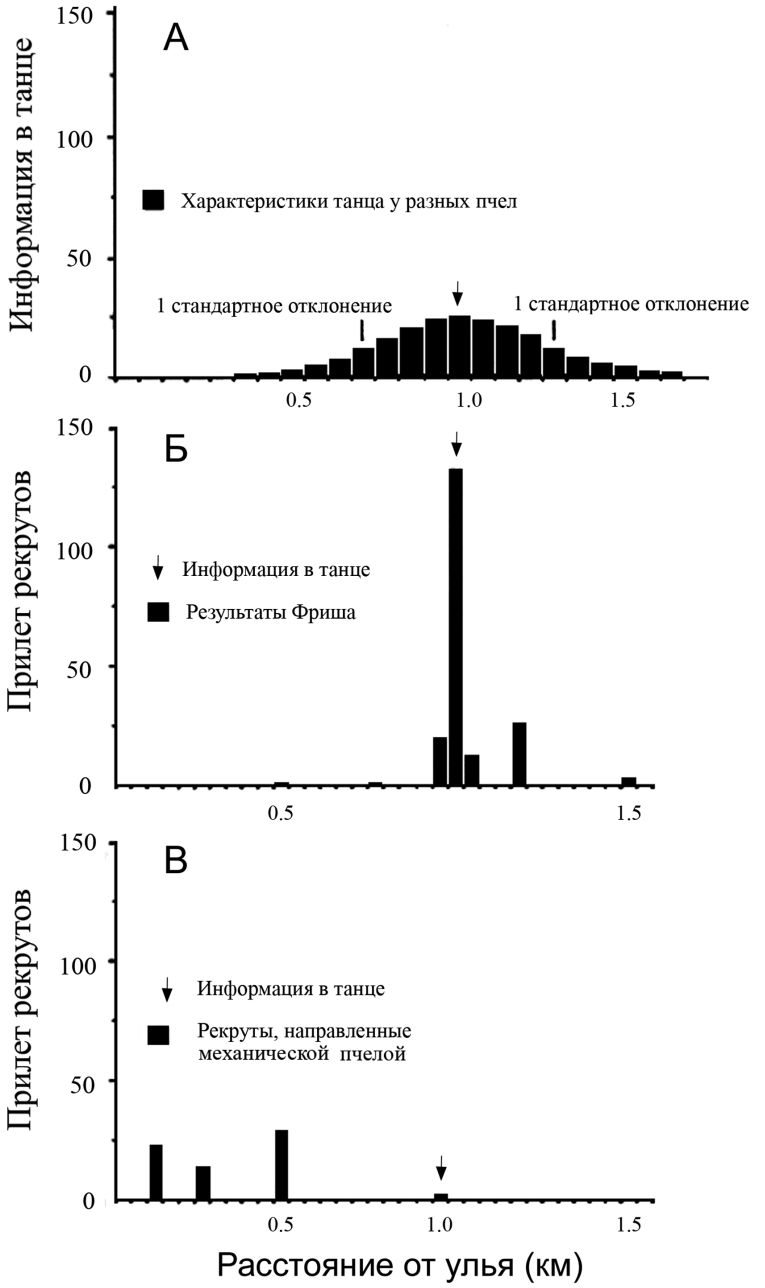


Рис. ДП-1. Стандартный характер танцев пчел (А) и отсутствие соответствия этому обстоятельству в экспериментах Фриша (Б) и в опытах с механической пчелой (В) (Из: Wenner et al., 1991).

Прослеживание полета пчел с помощью радара. Эксперименты этого плана стали последним звеном в попытках получить «окончательное доказательство» лингвистических способностей пчел. Когда Гулд (Gould 1975) решил, что его опыт с «дезинформацией» рекрутов дает именно такое окончательное подтверждение, он заметил, наконец, неадекватность постановки экспериментов Фриша. Затем пчела-робот Микельсена пришла в качестве моральной поддержки на смену неудавшимся доводам Гулда и прочих приверженцев гипотезы Фриша. Когда же неадекватность опытов с пчелой-роботом стала очевидной для всех, кто основательно знаком с проблемой, выступили Рили с соавторами, которые принялись утверждать, что ими получено окончательное подтверждение гипотезы Фриша. Эту точку зрения начали активно тиражировать, главным образом в популярной прессе.

В своей попытке использовать для решения вопроса «высокие технологии» эти авторы пытались доказать, что гипотезу «языка танцев» подтверждает прослеживание «мобилизованных рекрутов», вылетающих из улья, с помощью радара.

Итак, можно ли считать исчерпанным противоречие между двумя позициями в вопросе о механизмах мобилизации пчел на сбор взятка? Едва ли, поскольку, как мы утверждали еще более четверти века тому назад (Wells, Wenner 1973), «спор идет не о том, что исследователь наблюдал (эмпирические данные), а о том, во что он верит на основе неких исходных посылок».

Техника прослеживания полета пчел с помощью радара требует, чтобы на головогруди насекомого был закреплен передатчик. Его помещают на пчелу после того, как она присутствовала при танцах фуражира, и только после этого грубого вмешательства выпускают — то ли на поиски пропитания, то ли просто на свободу (бегство от экспериментатора). Миниатюаризация еще не достигла того уровня, при котором удалось бы создать передатчик столь малых размеров, чтобы пчела постоянно носила его на себе, поэтому отлов насекомого в процессе «эксперимента» неизбежен. В этом опыте помимо человека, отлавливающего пчел и снабжающего их передатчиками, другие следят за танцами в улье и наблюдают за их прилетами на кормушку, помещенную в 200 м от улья.

Эти опыты были явным образом ориентированы не на то, чтобы проверить, что получится, но для доказательства гипотезы Фриша. При таком подходе авторы проекта намеревались разрешить целый ряд спорных предположений, а именно:

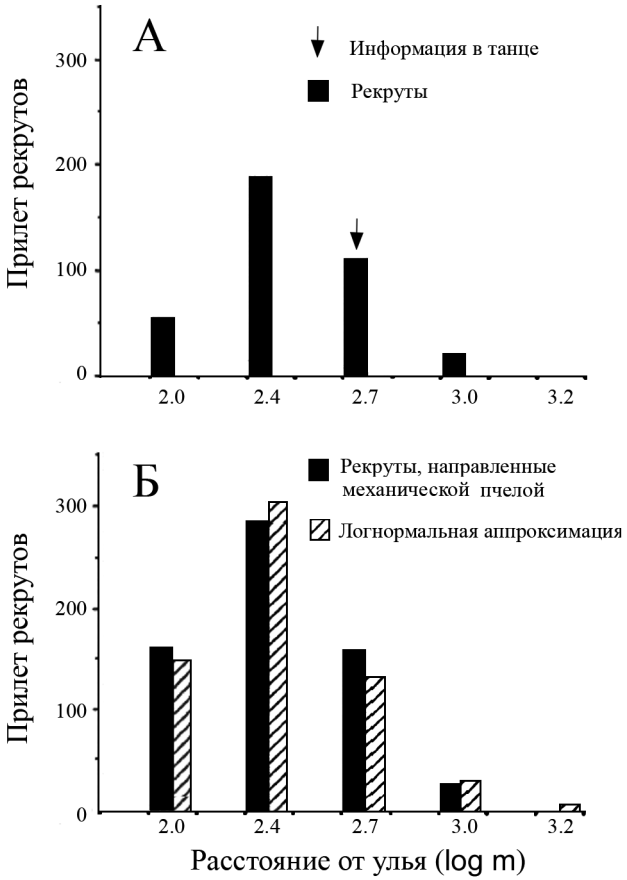


Рис. ДП-2. Распределение прилетов за взятком рекрутов, «мобилизованных» механической пчелой, определяется не характером танцев (А), но совпадает с теоретическим ожиданием в соответствии с логнормальной функцией (Б) (из: Wenner et al., 1991).

1. Что пчела, присутствующая при танце, обладает неврологическим и физиологическим оснащением, достаточными, чтобы воспринимать сообщение, посылаемое другой пчелой (то есть, изначально предполагается, что у пчел есть некий символический код и они могут пользоваться им).
2. Что каждая пчела в этом эксперименте «намерена» следовать к цели («target» site), сведения о местоположении которого относительно улья получены ею посредством лингвистической информации.

3. Что поимка пчелы и закрепление на ее теле передатчика (достаточно крупного относительно размеров насекомого) не должны влиять на ее «запрограммированное» поведение.
4. Что маршрут выпущенной на свободу пчелы можно объяснить одним-единственным способом (то есть, как свидетельство в пользу гипотезы «языка» танцев).
5. Что экспериментаторы работают в среде, которая для пчел «свободна от запахов», или, по крайней мере, что насекомые индифферентны к ним. Иными словами, что запах людей, хватающих их руками, наблюдателей и самого передатчика не оказывает на пчел никакого влияния.

Даже если поверить во все эти допущения, из статьи Рили и его коллег очевидно, что в опыте отсутствовал какой-либо критический контроль, который позволил принять во внимание следующие альтернативные ситуации:

1. Что прослеженные маршруты полетов пчел, снабженных передатчиками, могли принадлежать насекомым, которые не присутствовали при танце.
2. Что такие маршруты могли осуществляться пчелами, которые наблюдали танцы фуражиров, прилетели с других (нежели «цель») источников пищи, локализованных, таким образом, в других направлениях от улья.
3. Что такие маршруты могли принадлежать пчелам, разыскивающим пахучий источник пищи, вне зависимости от того, присутствовали они при танцах опытных фуражиров или нет (как это стандартно происходит в естественных условиях).
4. Что маршруты могли принадлежать пчелам, которые носили на себе передатчики долгое время (как в улье, так и за его пределами) и которых не удавалось поймать во время опытов.

Все эти недосмотры не встревожили, однако, Рили и его коллег, которые так и не поняли, что примененные ими методы исследования неадекватны.

Поведение пчел, которые участвовали в этих опытах, представляет известный интерес, но не может быть истолковано сколько-нибудь продуктивно. Из 19 пчел с передатчиками только две садились около кормушки. Ни одна из этих пчел не нашла ее. Но коль скоро пчелы не ищут корм без запаха, этого и не стоило ожидать. Принимая во внимание важность запаха для этих насекомых, трудно сказать, разыскивают ли они когда-либо вообще корм, лишенный запаха.

Пчелы, выпускаемые после процедуры водружения на них передатчика, летели разными маршрутами, но в общем к востоку от улья, т. е. туда, где находилась экспериментальная кормушка. Семнадцать пчел с передатчиками также полетели на восток после того, как их переместили на 100 м к юго-западу от улья и выпустили там. Однако непонятно, в чем была причина этого, тем более что неизвестно, где эти контрольные пчелы приземлились в конечном итоге. Судить обо всем этом можно было бы, если бы эксперимент контролировался значительно лучше, чем это было сделано. *ad hoc* (то есть вводя дополнительные предположения, которые еще предстоит проверить).

К сожалению, всюду, где в науке господствует принцип верификации, не считается зазорным стремление подкрепить гипотезу новыми предположениями, которые выдвигаются *ad hoc* для объяснения неожиданных фактов (не предусмотренных самой этой гипотезой). Именно в этом ключе Рили и его коллеги защищают гипотезу Фриша, основательно ослабшую к моменту их исследования и, тем не менее, сохраняющую неуязвимость ко всем усилиям фальсифицировать ее[41]. Вот цитата из их статьи: «Язык пчел не предназначен для того, чтобы мгновенно сообщить о местонахождении корма, и не обладает прицельной точностью, так что может потребоваться несколько повторений танцевальных сессий, а затем поисковый полет, причем в результате некоторые пчелы никогда не находят обозначенный им источник корма». Авторам кажется приемлемым эта *ad hoc* добавка к гипотезе, указывающая на систематическое отсутствие точности, поскольку именно это «может объяснить, почему рекруты часто прилетают к указанной им цели много позже, чем мы того ожидаем».

Понятно, почему вскоре после появления статьи Рили с соавторами Рут Росин поместила в сети e-mail (под названием *Bee-L*) следующую реплику: «Эта работа отнюдь не спасла гипотезу языка танцев, да и не могла сделать этого, поскольку сам этот эксперимент не имеет ни малейшего отношения к противостоянию вокруг идеи танцев пчел. Авторы исследования потрудились на славу и, вероятно, преуспели в прослеживании пчел с помощью радара, но ни одна из них не нашла предназначенный для нее источник пищи».

Мы полностью согласны с автором этой цитаты. Те исследователи, которые принадлежат научным школам, помещенным в нижней левой части нашей схемы «соотношения парадигм» (см, в частности, гл. 14), могут смотреть сквозь пальцы на такого рода несоответствия.

[41] В этом смысле ее нельзя рассматривать в качестве относящейся к подлинно научному знанию.

Те же, чьи взгляды опираются на методологию, отраженную в правой верхней части этой схемы, крайне скептически оценивают работы, выполненные на малых выборках и с применением методов, вызывающих нескончаемое число вопросов. Мы всячески приветствуем прослеживание полетов насекомых с использованием радара. Вместе с тем, данные по нескольким пчелам, ни одна из которых не достигла цели, ни в какой мере не могут опровергнуть совершенно иные результаты, полученные в наших экспериментах (с двойным контролем и с предоставлением насекомым возможности альтернативного выбора — гл. 8—10), где проанализировано поведение тысяч интактных пчел. Здесь мы отнюдь не одиноки в полученных выводах, о чем будет сказано ниже, в обзоре работ, выполненных другими исследователями.

Мы вынуждены повторить и еще раз подчеркнуть, что спор идет не по поводу эмпирических данных, но в отношении постановки экспериментов и интерпретаций их результатов.

Секвенирование генома медоносной пчелы. Как в области совершенствования компьютерной техники и использования радаров, в биологии секвекнирование геномов не было разработано специально для изучения медоносных пчел. Этот подход открыл перед учеными новые перспективы во многих областях биологии и медицины. В биологических науках он широко применяется ныне в изучении систематики и филогении. Он позволил восстановить генетические коды ряда вымерших видов, картину миграций человека из его африканской прародины и последующих путей расселения этносов. Было показано, что большинство из нас являются потомками «пещерного человека», с малой долей примеси генов неандертальцев.

Применяется этот подход и в исследованиях биологии насекомых. Было показано, в частности, что двукрылые (таких как комары рода *Anopheles* и плодовые мушки *Drosophila*) обладают множеством генов, ведающих функциями рецепторов вкуса, которые определяют важные особенности их образа жизни.

Что касается пчел рода *Apis,* они, как выяснилось, обладают, по сравнению с двукрылыми, много большим количеством генов, управляющих деятельностью рецепторов запаха. К настоящему времени у пчел описаны 170 таких генов, что более чем вдвое превышает их число у прочих насекомых, геномы которых удалось секвенировать. Комиссия по секвенированию генома медоносной пчелы (*Nature* 2006) пришла к выводу, что столь мощное оснащение ольфакторны-

ми рецепторами обеспечивает поистине поразительные способности пчел к распознаванию запахов, которые выделяются широким спектром растений-медоносов. Профессор Такеши Отани (Ohtani 2008) добавляет к этому, что названные гены не имеют ровно ничего общего с геном FOXP2, который некоторые рассматривают в качестве «языкового гена» у людей.

Восприятие запахов у медоносной пчелы оказалось настолько острым, что в настоящее время этих насекомых начинают использовать (после определенной тренировки) вместо собак при поисках взрывчатых веществ и наркотиков. Способность пчел ориентироваться в мире запахов во многом превосходит все, что может представить себе персона, утверждающая, что обладает превосходным обонянием. Подобно тому, как двукрылые проходят свой жизненный путь в мире вкусовых ощущений, поведение пчел управляется преимущественно запаховыми стимулами.

2. Прогресс в области изучения механизмов мобилизации у медоносной пчелы

Переоткрытие того, что было уже известно. В последние годы определенно усилился интерес к роли запахов в процессе мобилизации рекрутов на взяток. При этом оказались подтвержденными результаты наших прошлых исследований. Например, Отани пришел к выводу, высказанному нами ранее, что рекруты могут искать и находить источник запахового стимула спустя значительное время после того, как данный запах был привнесен в улей. Другое строгое подтверждение этого же заключения содержится в работах Farina et al. 2005; Farina et al. 2007.

К сожалению, многое из того, что было сделано нами и нашими коллегами еще в середине прошлого века, было совершенно неадекватно переосмыслено нашими противниками или забыто из-за повсеместного доминирования ложных представлений, порожденных гипотезой языка танцев. В этом смысле показателен следующий пример.

Недавно группа авторов (Reinhard et al. 2004) опубликовала результаты экспериментов, способ постановки которых и полученные результаты полностью повторяют сделанное нами почти 40 лет тому назад (Johnson, Werner 1966). Речь идет о том, что если с током воздуха внести в улей запах корма, помещенного в кормушку, фуражиры,

уже посещавшие ее ранее, полетят к месту ее локализации даже в том случае, если в этом месте в данный момент не будет ни корма, ни запаха. Вот прекрасная иллюстрация классического условного рефлекса, который показывает, что при повторной мобилизации опытных фуражиров им не требуется ни танцев, ни языка.

Те же приемы были использованы при изучении условных рефлексов у двух азиатских видов пчел: *A. cerana* и *A. dorsata* (Wells, Rathore 1994). Опыты составили часть университетского курса «Поведение насекомых» (где рассматривали также реакции выдвижения пчелой хоботка). Вопрос подробно обсуждается в главе 7 этой книги.

Ни та, ни другая из только что упомянутых работ не процитированы в статье Рейнхард с соавторами (Reinhard et al. 2004). Когда мы задали вопрос «почему?» первому ее автору, она ответила: «В изобилии литературы по медоносной пчеле трудно разобраться, тем более что уйма исследований, проведенных в прошлом, не отражены в электронных базах данных». Отчасти этот ответ верен, но при поисках в GOOGLE по таким ключевым словам, как «запах и мобилизация у медоносной пчелы» можно познакомится хотя бы с перечнем исследований, проведенных за последние 50 лет.

Разумеется, если бы наши результаты, полученные в эксперименте 1966 г., подтверждали гипотезу языка танцев, они были бы цитированы многими, даже по сей день, и их было бы нетрудно найти в Интернете. Знай упомянутые авторы о таком явлении, как противостояние вокруг этой гипотезы, они могли бы разыскать нашу статью, обратившись к перечню прошлых публикаций в журнале *Nature*.

Было показано, что порции пахучего корма, доставляемые в улей фуражирами, танцам которых искусственно придан дезориентирующий характер (Wells, Wenner 1973), служат стимулом к мобилизации пчел на известные им источники пищи. Этот факт еще раз подтверждает значение условного рефлекса в этих процессах (см. также гл. 8 книги). Недавно было показано, что при этом даже не обязательно придавать танцам дезориентирующий характер (Grueter et al. 2008). Когда у фуражиров выработан условный рефлекс, они летят в привычное для них место даже в том случае, если присутствуют при танцах, указывающих иное место локализации корма.

Наш подход и другие, дополняющие его. Большинство экспериментов, выполненных нами и нашими ближайшими коллегами, имели в виду изучение мобилизации как компонента поведенческой экологии пчел на популяционном уровне. Получая в ходе исследований боль-

шие выборки, мы имели возможность выдвигать те или иные допущения в отношении того, как именно организован процесс мобилизации на взяток. Использование статистических методов анализа позволяло судить о том, как именно должна вести себя некая «среднестатистическая» пчела. При таком подходе мы не могли узнать, однако, каково поведение пчелы-индивида в каждый данный момент времени. Мы получали только средние величины и меры изменчивости поведения (стандартные отклонения) для данной популяции пчел, но не для каждой из них, взятой в отдельности.

Японский исследователь Такеши Отани пошел по другому пути. В специальном стеклянном улье он день за днем, по много часов наблюдал за индивидуально помеченными пчелами. Ученый описал количественно и классифицировал все разнообразие танцевальных маневров. Прослеживая поведение потенциальных рекрутов, присутствующих при танцах фуражиров, он фиксировал их дальнейшее поведение: полетят ли они на кормушку, или останутся в улье (см. Ohtani 2008). Примененные методы позволили заполнить ту брешь в наших исследованиях, которая касалась индивидуального поведения пчел.

Результаты, полученные Отани, должны привести в замешательство всех тех, кто еще продолжает верить в возможность подтвердить гипотезу Фриша. Оказалось, что в один из дней в улье происходит множество танцев, но при этом кормушка ни разу не посещается свидетелями танцевальных маневров. А уже на следующий день здесь можно видеть нескольких рекрутов. Не удалось найти достоверных корреляций между частотой и продолжительностью танцев, с одной стороны, и успехом рекрутов в поисках цели, с другой.

Проведя тщательный анализ полученных данных, Отани пришел к выводу, что увиденное им «не согласуется с предсказаниями гипотезы “языка танцев”». Но эти результаты прекрасно согласуются с выводами, полученными нами из статистического анализа наблюдений за большими выборками пчел и с идеей, что определяющим моментом в процессах мобилизации является запах кормовых объектов.

Другие исследователи показали, что у потенциальных рекрутов еще до полета за взятком, непосредственно в улье, вырабатывается условный рефлекс на запах тех порций корма, которые доставляют сюда успешные фуражиры (см. например, Farina et al. 2005; 2007).

Научение распознаванию запаха даже не требует непосредственного контакта потенциального рекрута с конкретным фуражиром, вернувшимся в улей со взятком. Распространение в улье ольфакторной информации происходит за счет непрерывно идущей передачи пор-

ций корма от одной особи к другой «изо рта в рот» (так называемый трофаллаксис). Это дает возможность обитателям улья узнать запах того корма, который они впоследствии будут собирать при вылетах за взятком (Grueter et al. 2006). Вот объяснение, почему мы наблюдаем задержки в рекрутировании новичков, а также мобилизацию на сбор корма в тех местах, информация о которых не содержится в танцах и которые давно не посещались фуражирами из данного улья (см., в частности, Wenner, Wells, Johnson 1969; Wells, Wenner 1973; Ohtani 2008 и др.).

Общий итог и заключение

На протяжении 65 лет с момента провозглашения гипотезы языка танцев она ни разу не получила четкого подтверждения и за все это время не дала никаких ростков нового в науке. Сегодня попытки возродить ее представляются безнадежными, предпринимаются в рамках антропоморфиизма и не ведут к каким-либо практическим новшествам.

На наш взгляд, сегодня много более продуктивными оказываются усилия, направленные на изучение процессов мобилизации у пчел в широкой биологической перспективе. Накопленные к сегодняшнему дню данные, суммированные недавно в работе Веннера с соавторами (Wenner et al. 2010; Abramson et al. 2011), свидетельствуют о том, что именно запах служит ключевым фактором в поисковом поведении пчел при сборе ими пропитания. Богатое оснащение этих насекомых ольфакторными рецепторами и их высокая чувствительность отводит медоносной пчеле роль главного опылителя-генералиста в экологии сельскохозяйственных угодий. Пчелы мобилизуются на вылет за взятком, когда запах определенного источника корма оказывается занесенным в улей тем или иным способом. Приверженность этих насекомых к фуражированию в данное время на цветах данного типа растений определяется главным образом их настроенности реагировать именно на этот ольфакторный стимул.

Мобилизация рабочих-новичков на конкретный источник пропитания требует формирования условного рефлекса на его запаховые характеристики еще во время их пребывания в улье. Этот процесс предопределяет адекватное поисковое поведение при последующем вылете пчел за взятком. Так рекруты-новички приобщаются к коллективной работе общины по обеспечению ее пропитанием.

Что же касается «противостояния» вокруг вопросов, затронутых в этой книге, то оно не перестанет вызывать интерес ученых до тех пор, пока конкурирующие идеи разных их коллективов будут оставаться в рамках разных представлений о том, что есть истинная наука.

Адриан М. Веннер,
Патрик Г. Уэллс,
август 2010 г.

Литература

Бенвенист 1974 — *Бенвенист Э.* Общая лингвистика. М.: Прогресс, 1974. С. 447.

Голубовский 2001 — *Голубовский М.* Парадоксы непризнания: Мендель и МакКлинток // Вестник. 2001. № 7 (266). http://www.vestnik.com/issues/2001/0327/win/golubovsky.htm

Кипятков 2007 — *Кипятков В. Е.* Мир общественных насекомых (408 с.). 2-е изд. М.: ЛКИ, 2007. С. 408.

Левченко 1976 — *Левченко И. А.* Передача информации о координатах источников корма у пчелы медоносной. Киев: Наукова думка, 1976. С. 236.

Меннинг 1982 — *Меннинг О.* Поведение животных. М., 1982.

Никитин 1970 — *Никитин Е. П.* Объяснение — функция науки. М.: Наука, 1970. С. 278.

Панов 1975 — *Панов Е. Н.* Этология, ее истоки, становление и место в исследовании поведения. М.: Знание, 1975. С. 63.

Панов 2001 — *Панов Е. Н.* Бегство от одиночества. Гл. 12. М.: Лазурь, 2001.

Панов 2010 — *Панов Е. Н.* Поведение животных и этологическая структура популяций. М.: URSS, 2010.

Резникова 2008 — *Резникова Ж. И.* Современные подходы к изучению языкового поведения животных. Коммуникативные системы животных и язык человека. Проблема происхождения языка. М.: Языки славянских культур, 2008. С. 293—336.

Ридли 2008 — *Ридли М.* Геном. М.: Эксмо, 2008. С. 172.

Хоккет 1970 — *Хоккет Ч.* Проблема языковых универсалий // Новое в лингвистике. Языковые универсалии. Вып. 5. М.: Прогресс, 1970. С. 45—76.

Abramson et al. 2011 — *Abramson C. I., Wells P. H., Wenner A. M.* Odor, learning and behavior // R. M. Florio (eds). Bees: biology, threats and colonies. Nova Science Pulications, Inc., 2011. P. 125—145.

Allaby 1999 — *Allaby M.* Oxford dictionary in zoology. Oxfopd Univ. Press, 1999.

Anderson 1988 — *Anderson J.* (ed.). Controversies in science: When the experts disagree // MBL Science (Woods Hole). 1988. 3. P. 18.

Ankerl, Pereboom 1974 — *Ankerl G., Pereboom D.* Scientific methods in ethology (letter) // Science. 1974. 185. P. 814—815.

Ardrey 1963 — *Ardrey R.* African Genesis. London: Readers Union, Collins, 1963.

Aristotle (330 B. C.) 1931 — *Aristotle.* Historia Animalium. London: Oxford University Press, 1931. Book 9.40 (Vol. 3; Vol. 4).

Aronson 1986 — *Aronson N.* The discovery of resistance: Historical accounts and scientific careers // Isis. 1986. 77. P. 630—646.

Atkinson 1985 — *Atkinson J. W.* Models and myths of science: Views of the elephant // American Zoologist. 1985. 25. P. 727—736.

Bacon 1620/1952 — *Bacon Sir F.* Novum organum // *Hutchins R. M.* Great Books of the Western World. Chicago (Ill.): Encyclopedia Britannica, 1952. P. 103—195.

Baker et al. 1981 — *Baker T. C.*, *Meyer W., Roelfos W. L.* Sex pheromone dosage and blend specificity of response by oriental fruit moth males // Entomologica Experimentalis et Applicata. 1981. 30. P. 269—279.

Bate 1878 — *Bate C. S.* Report on the present state of our knowledge of the Crustacea // Report. British Association for the Advancement of Science. 1878. 4. P. 193—209.

Bazin 1744 — *Bazin G. A.* The Natural History of Bees. London: J. and P. Knapton, 1744. (Translated from the French).

Beck 1961 — *Beck W. S.* Modern Science and the Nature of Life. Garden City (N. Y.): Doubleday (Anchor Books), 1961.

Bennett 1968 — *Bennett A. M.* Science: The antithesis of creativity // Perspectives in Biology and Medicine. 1968. 11. P. 233—245.

Berkeley 1735/1951 — *Berkeley G.* The defence of freethinking in mathematics // *Luce A., Jesson T.* The Works of George Berkeley, Bishop of Cloyne. London: Thomas Nelson, 1951. P. 103—141.

Bernard 1865/1957 — *Bernard C.* An Introduction to the Study of Experimental Medicine. New York: Dover, 1957.

Bernstein 1983 — *Bernstein R. J.* Beyond Objectivism and Relativism: Science, Hermeneutics and Praxis. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1983.

Bizetsky 1957 — *Bizetsky A. R.* Die Tanze der Bienen nach einem Fussweg zum Futterplatz // Zeitschrift fuer vergleichende Physiologie. 1957. 40. S. 264—288.

Blest 1960 — *Blest A. D.* The evolution, ontogeny and quantitative control of the settling movements of some New World Saturniid moths, with some comments on distance communication by honey-bees // Behaviour. 1960. 16. P. 188—253.

Blissett 1972 — *Blissett M.* Politics in Science. Boston (Mass.): Little, Brown, 1972.

Boch, Shearer 1962 — *Boch R., Shearer D. A.* Identification of geraniol as the active component in the pheromone of the honey bee // Nature. 1962. 194. P. 704—706.

Bohm, Peat 1987 — *Bohm D., Peat F. D.* Science, Order, and Creativity. New York: Bantam Books, 1987.

Bonnier 1906 — *Bonnier G.* Sur la division du travail chez les abeilles // Comptes Rendus. Academie des Sciences. Paris, 1906. 143. P. 941—946. (Cited in [Ribbands 1953]).

Boyer et al. 1977 — *Boyer P. D., Chance B., Ernster L., Mitchell P., Racker E., Slater E. C.* Oxidative phosphorylation and photophosphorylation // Annual Review of Biochemistry. 1977. 46. P. 955—1026.

Brines, Gould 1979 — *Brines M. L., Gould J. L.* Bees have rules // Science. 1979. 206. P. 571—216.

Broad, Wade 1982 — *Broad W., Wade N.* Betrayers of the Truth. New York: Simon and Schuster, 1982.

Bruner, Postman 1949 — *Bruner J. S., Postman L.* On the perception of incongruity: A paradigm // Journal of Personality. 1949. 18. P. 106—223.

Burgett 1980 — *Burgett M.* The use of lemon balm (*Melissa officinalis)* for attracting honeybee swarms // Bee World. 1980. 61. P. 44—46.

Burghardt 1970 — *Burghardt G. M.* Defining «communication» // *Johnston J. W. Jr., Moulton D. G., Turk A.* (eds.). Communication by Chemical Signals. New York: Appleton, 1970. P. 5—18.

Burk 1986 — *Burk M.* The scientific method (letter) // Science. 1986. 231. P. 659.

Burkhardt 1988 — *Burkhardt R. W. Jr.* Charles Otis Whitman, Wallace Craig and the biological study of animal behavior in the United States // *Rainger R., Benson K. R., Mainenschein J.* (eds.). The American Development of Biology. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1988. P. 185—218.

Burroughs 1875 — *Burroughs J.* Birds and Bees and Other Studies in Nature. New York: Houghton Mifflin, 1875.

Burroughs 1921 — *Burroughs J.* Under the Maples. New York: Houghton Mifflin, 1921.

Butler 1609/1969 — *Butler C.* The Feminine Monarchie. New York: Da Capo Press, 1969.

Butler 1962 — *Butler C. G.* The World of the Honeybee. St. James's Place. London: Collins, 1962.

Buzzard 1946 — *Buzzard C. N.* Shining Hours. St. James's Place. London: Collins, 1946.

Camac 1909/1959 — *Camac C. N. B.* Classics of Medicine and Surgery. New York: Dover, 1959.

Carde 1984 — *Carde R. T.* Chemo-orientation in flying insects // *Bell W. J., Carde R. T.* Chemical Ecology of Insects. New York: Chapman and Hall, 1984. P. 111—124.

Carde, Charlton 1984 — *Carde R. T., Charlton R. E.* Olfactory sexual communication in Lepidoptera: Strategy, sensitivity and selectivity // *Lewis T.* (ed.). Insect Communication. New York: Academic Press, 1984. P. 241—265.

Chamberlin 1890/1965 — *Chamberlin T. C.* The method of multiple working hypotheses // Science. 1965. 148. P. 754—759.

Coffin 1960 — *Coffin H. G.* The ovulation, embryology, and developmental stages of the hermit crab *Pagurus samuelis* (Stimpson). College Place. Washington: Walla Walla College Publication, 1960. 25. P. 1—28.

Cohen 1985 — *Cohen L. B.* Revolution in Science. Cambridge: Harvard University Press (Belknap Press), 1985.

Cozzens 1985 — *Cozzens S. E.* The character of science. ([Rev. of:] *Collins H. M.* Replication and Induction in Scientific Practice. Beverly Hills (CA): Sage, 1985) // Science. December 11, 1985.

Cresswell 1862 — *Cresswell R.* Aristotle's History of Animals. London: Henry G. Bohn, 1862.

Crook 1970 — *Crook J. H.* Social organization and the environment: aspects of contemporary social ethology // Anim. Behav. 1970. 18. P. 197—209

Curio 1978 — *Curio E.* The adaptive significance of avian mobbing. I. Teleonomic hypotheses and predictions // Ztschr. Tierpsychol. 1978. 48. P. 175—181.

Dawkins 1969 — *Dawkins R.* Bees are easily distracted // Science. 1969. 165. P. 751.

Dixon 1973 — *Dixon B.* What Is Science For? London: Collins, 1973.

DuBos 1950 — *DuBos R. J.* Louis Pasteur: Free Lance of Science. Boston: Little, Brown, 1950.

Duclaux 1896/1920 — *Duclaux E.* Pasteur: The History of a Mind / Trans. Smith E. F., Hedges F. Philadelphia (Pa.): W. B. Saunders, 1920.

Dujardin 1852 — *Dujardin F.* Quelques observations sur les abeilles, et particulierement sur les actes qui, chez les insectes peuvent etre rapportes a l'intelligence // Annates des Sciences Naturelles (B) Zoologie, 3d series. 1852. 18. P 231—240. (Cited in [Ribbands 1953].)

Dyer, Gould 1983 — *Dyer F. C., Gould J. L.* Honey bee navigation // American Scientist. 1983. 71. P. 587—597.

Emery 1875 — *Emery J.* Ants and bees // Nature. London, 1875. 12. P. 25—26.

Esch 1961 — *Esch H.* Uber die Schallerzeugung beim Werbetanz der Honigbiene // Zeitschrift fuer vergleichende Physiologie. 1961. 45. S. 1—11.

Esch, Bastian 1970 — *Esch H., Bastian J. A.* How do newly recruited honey bees approach a food site? // Zeitschrift fuer vergleichende Physiologie. 1970. 68. S. 175—181.

Ewing 1984 — *Ewing A. W.* Acoustic signals in insect behavior // *Lewis T.* (ed.). Insect Communication. New York: Academic Press, 1984. P. 223—240.

Farina et al. 2005 — *Farina W. M., Grueter C., Diaz P. C.* Social learning of floral odours inside the honeybee hive // Proceedings of the Royal Society London: B 272, 1923—1928.

Farina et al. 2007 — *Farina W. M., Grueter C., Acosta L.* Honeybees receive floral odors while receiving nectar from foragers within the hive // Naturwissenschaften. 94. 2007. S. 55—60.

Ferguson 1975 — *Ferguson A.* Evolution, von Frisch, and teleology (letter) // American Naturalist. 1975. 109. P. 369—370.

Ferguson 1977 — *Ferguson A.* Reply to Hailman (letter) // American Naturalist. 1977. 111. P. 189—191.

Feyerabend 1970 — *Feyerabend P. K.* Consolations for the specialist // *I. Lakatos, A. Musgrave* (eds.). Criticism and the Growth of Knowledge. London: Cambridge University Press, 1970. P. 197—230.

Feyerabend 1975 — *Feyerabend P. K.* Against Method: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge. London: New Left Books, 1975.

Feyerabend 1978 — *Feyerabend P. K.* Science in a Free Society. London: New Left Books, 1978.

Fraenkel, Gunn 1940/1961 — *Fraenkel G. S., Gunn D. L.* The Orientation of Animals: Kineses, Taxes and Compass Reactions. New York: Dover, 1961.

Francon 1938/1939 — *Francon J.* The Mind of the Bees. London: Methuen, 1939.

Franks 1981 — *Franks F.* Polywater. Cambridge (Mass.): MIT Press, 1981.

Free 1962 — *Free J. B.* The attractiveness of geraniol to foraging honeybees // Journal of Apicultural Research. 1962. 1. P. 52—54.

Free 1968 — *Free J. B.* The conditions under which foraging honeybees expose their Nasonov gland // Journal of Apicultural Research. 1968. 7. P. 139—145.

Free et al. 1983 — *Free J. B., Ferguson A. W., Pickett J. A.* A synthetic pheromone lure to induce worker honeybees to consume water and artificial forage // Journal of Apicultural Research. 1983. 22. P. 224—228.

Free et al. 1984 — *Free J. B., Ferguson A. W., Simpkins J. R.* A synthetic pheromone lure useful for trapping stray honeybees // Journal of Apicultural Research. 1984. 23. P. 88—89.

Free, Williams 1970 — *Free J. B., Williams I. H.* Exposure of the Nasonov gland by honeybees *(Apis mellifera)* collecting water // Behaviour. 1970. 37. P. 286—290.

Friesen 1973 — *Friesen L. J.* The search dynamics of recruited honeybees, *Apis mellifera ligustica* Spinola // Biological Bulletin. 1973. 144. P. 107—131.

Frisch 1915 — *Frisch K. von*. Uber den Geruchsinn der Biene und seine Bedeutung fuer den Blumenbesuch // Verhandlungen: Zoologische-Botanische Gesellschaft in Wien. 1915. 65. S. 26—35.

Frisch 1920 — *Frisch K. von*. Uber die «Sprache» der Bienen, 1 // Muenchener Medizinische Wochenschrift. 1920. 20. S. 566—569.

Frisch 1923 — *Frisch K. von*. Uber die «Sprache» der Bienen, eine tierpsycholo-gische Untersuchung // Zoologische Jahrbuecher: Abteilung fuer Allgemeine Zoologie und Physiologie der Tiere. 1923. 40. S. 1—186.

Frisch 1939 — *Frisch K. von*. The language of bees // Annual Report of the Smithsonian Institution for the Year Ended. June 30, 1938. P. 423—431. Publication 3491. Washington D.C.: U.S. Government Printing Office, 1939.

Frisch 1947 — *Frisch K. von.* The dances of the honey bee // Bulletin of Animal Behaviour. 1947. 5. P. 1—32. (Transl. from: Die Tanze der Bienen // Oesterreiche Zoologie Zeitschrift. 1946. 1. S. 1—48.)

Frisch 1948 — *Frisch K. von.* Solved and unsolved problems of bee language // Bulletin of Animal Behaviour. 1948. 9. P. 2—25.

Frisch 1950 — *Frisch K. von.* Bees: Their Vision, Chemical Senses and Language. Ithaca (N. Y.): Cornell University Press, 1950.

Frisch 1954 — *Frisch K. von.* The Dancing Bees: An Account of the Life and Senses of the Honey Bee. London: Methuen, 1954. (Transl. from: Aus dem Leben der Bienen. Berlin: Springer Verlag, 1953.)

Frisch 1956 — *Frisch K. von.* The «language» and orientation of the bees // Proceedings of the American Philosophical Society. 1956. 100. P. 515—519.

Frisch 1962 — *Frisch K. von*. Dialects in the language of the bees // Scientific American. 1962. 207. P. 78—87.

Frisch 1965 — *Frisch K. von.* Tanzsprache und Orientierung der Bienen. Berlin: Springer-Verlag, 1965.

Frisch 1967*a* — *Frisch K. von.* The Dance Language and Orientation of Bees. Cambridge: Harvard University Press, 1967. (Transl. from the 1965 German edition by Leigh E. Chadwick.)

Frisch 1967*b* — *Frisch K. von.* Honeybees: Do they use direction and distance information provided by their dancers? // Science. 1967. 158 P. 1072—1076. (See also the reply by Wenner A. M., Johnson D. L // Science. 158. P. 1076—1077.)

Frisch 1968 — *Frisch K. von.* The role of dances in recruiting bees to familiar sites // Animal Behaviour. 1968. 16. P. 531—533.

Frisch 1973 — *Frisch K. von.* Book review and postscript *(*The Bee Language Controversy: An Experience in Science by Adrian M. Wenner) // Animal Behaviour. 1973. 21. P. 628—630.

Frisch, Jander 1957 — *Frisch K. von, Jander R.* Uber den Schwanzeltanz der Bienen // Zeitschrift fuer vergleichende Physiologie. 1957. 40. S. 239—263.

Frisch, Rosch 1926 — *Frisch K. von, Rosch G. A*. Neue Versuche uber die Bedeutung von Duftorgan und Pollenduft fuer die Verstaendigung im Bienenvolk // Zeitschrift fuer Vergleichende Physiologie. 1926. 4. S. 1—21.

Gilbert, Mulkay 1984 — *Gilbert G. N., Mulkay M. Opening* Pandora's Box. New York: Cambridge University Press, 1984.

Gohlke 1949 — *Gohlke P.* (ed.). Aristotle, Tierkunde IX, passage 624b. S. 423. Paderborn, 1949.

Goncalves 1969 — *Goncalves L.* A study of orientation information given by one trained bee by dancing // Journal of Apicultural Research. 1969. 8. P. 113—132.

Gould 1974 — *Gould J. L.* Honey bee communication // Nature. 1974. 252. P. 300—301.

Gould 1975*a* — *Gould J. L.* Honey Bee Communication: The Dance-Language Controversy. Ph. D. Diss. New York: Rockefeller University, 1975. (Xerox, University Microfilms № 77—17, 289.)

Gould 1975*b* — *Gould J. L.* Honey bee recruitment: The dance-language controversy // Science. 1975. 189. P. 685—693.

Gould 1975*c* — *Gould J. L.* Communication of distance information by honey bees // Journal of Comparative Physiology. 1975. 104. P. 161—173.

Gould 1976 — *Gould J. L.* The dance-language controversy // Quarterly Review of Biology. 1976. 51. P. 211—244.

Gould, Gould 1988 — *Gould J. L.*, *Gould C G.* The Honey Bee. New York: Scientific American Library, Freeman, 1988.

Gould et al. 1970 — *Gould J. L., Henerey M., MacLeod M. C.* Communication of direction by the honey bee // Science. 1970. 169. P. 544—554.

Gould, Eldredge 1986 — *Gould S. J., Eldredge N.* Punctuated equilibrium at the third stage // Systematic Zoology. 1986. 35. P. 143—148.

Griffin 1984 — *Griffin D. R.* Animal Thinking. Cambridge: Harvard University Press, 1984.

Griffin, Marler 1974 — *Griffin D. R., Marler P.* Reply to Ankerl and Pereboom (letter) // Science. 1974. 185. P. 814.

Griffith, Mullins 1972 — *Griffith B. C. Mullins N. C.* Coherent social groups in scientific change // Science. 1972. 177. P. 959—964.

Grinnell 1987 — *Grinnell F.* The Scientific Attitude. Boulder, Colo: Westview Press, 1987.

Grueter, Acosta, Farina 2006 — *Grueter C., Acosta L. E., Farina W. M.* Propagation of olfactory information within the honeybee hive // Behavioral Ecology and Sociobiology. 60. 2006. P. 707—715.

Grueter et al. 2008 — *Grueter C., Balbuena M. S., Farina W. M.* Informational conflicts created by the waggle dance // Proceedings of the Royal Society. B 275. 2008. P. 1321—1327.

Gutting 1980 — *Gutting G.* Introduction: Appraisals and applications of Thomas Kuhn's philosophy of science // *Gutting G.* Paradigms and Revolutions. Notre Dame (Ind.): University of Notre Dame Press, 1980. P. 1—21.

Hacking 1983 — *Hacking I.* Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science. New York: Cambridge University Press, 1983.

Hailman 1977 — *Hailman J. P.* Bee dancing and evolutionary epistemology (challenge of a letter by Ferguson) // American Naturalist. 1977. 11. P. 187—189.

Hamilton 1963 — *Hamilton W. D.* The evolution of altruistic behavior // Amer. Natur. 1963. 97. P. 354—356.

Hamilton 1972 — *Hamilton W. D.* Altruism and related phenomena, mainly in social insects // Annu. Bev. Ecol. Syst. 1972. 3. P. 193—232.

Hardin 1967 — *Hardin G*. Pop research and the seismic market // Per/Se. 1967. 2(3). P. 19—24.

Hardin 1968 — *Hardin G.* The tragedy of the commons // Science. 162. 1968. P. 1243—1248.

Harding 1986 — *Harding S. The* Science Question in Feminism. Ithaca (N. Y.): Cornell University Press, 1986.

Hempel 1966 — *Hempel C. G.* Philosophy of Natural Science. Englewood Cliffs (N. J.): Prentice-Hall, 1966.

Henkel 1938 — *Henkel C.* Unterscheiden die Bienen Tanze? Doctoral Dissertation, Bonn. 1938. (Cited in [Frisch 1947]).

Honeybee Genome Sequencing Committee 2006 — Insights into social insects from the genome of the honeybee // Apis mellifera. Nature. 443. 2006. P. 931—949.

Hull 1988 — *Hull D. L*. Science as a Process: An Evolutionary Account of the Social and Conceptual Development of Science. Chicago: University of Chicago Press, 1988.

Jenner 1798/1959 — *Jenner E.* An inquiry into the causes and effects of the variolae vaccinae, a disease discovered in some of the western counties of England, particularly Gloucestershire, and known by the name of the cowpox // C. N. B. Gamac (ed.). Classics of Medicine and Surgery. New York: Dover, 1959. P. 206—242.

Jeplin 1984 — *Jeplin J.* (ed.) Scientific Realism. Berkeley: University of California Press, 1984.

Johnson 1976*a* — *Johnson D. L.* Honeybees: Do they use the direction information contained in their dance maneuver? // Science. 1967. 155. P. 847—849.

Johnson 1976*b* — *Johnson D. L.* Communication among honeybees with field experience // Animal Behaviour. 1967. 15. P. 487—492.

Johnson, Wenner 1966 — *Johnson D. L., Wenner A. M.* A relationship between conditioning and communication in honeybees // Animal Behaviour. 1966. 14. P. 261—265.

Johnson, Wenner 1970 — *Johnson D. L. and A. M. Wenner.* Recruitment efficiency in honeybees: Studies on the role of olfaction // Journal of Apicultural Research. 1970. P. 13—18.

Kalmus 1960 — *Kalmus H.* Training bees to smells and exciting bees in a hive // 101 Simple Experiments with Insects. Garden City; New York: Doubleday, 1960. P. 96—97.

Keller 1983 — *Keller E. F.* A Feeling for the Organism: The Life and Work of Barbara McClintock. New York: Freeman, 1983.

Kennedy 1983 — *Kennedy J. S.* Zigzagging and casting as a programmed response to wind-borne odour: A review // Physiological Entomology. 1983. 8. P. 109—120.

Kimsey 1984 — *Kimsey L. S.* A re-evaluation of the phylogenetic relationships in the Apidae (Hymenoptera) // Systematic Entomology. 1984. 9. P. 435—441.

Kneller 1978 — *Kneller G. F.* Science as a Human Endeavor. New York: Columbia University Press, 1978.

Kroeber 1952 — *Kroeber A. L.* Sign and symbol in bee communications // Proceedings of the National Academy of Sciences. 1952. 38. P. 753—757.

Krogh 1948 — *Krogh A.* The language of the bees // Scientific American. 1948. 179. P. 18—21.

Kuhn 1962/1970*a* — *Kuhn T.* The Structure of Scientific Revolutions. 2d ed., enlarged. Chicago: University of Chicago Press, 1970. (Foundations of the Unity of Science. Vol. 2. № 2.)

Kuhn 1970*b* — *Kuhn T.* Logic of discovery or psychology of research // *Lakatos I., Musgrave A.* (eds.). Criticism and the Growth of Knowledge. Cambridge: Cambridge University Press, 1970.

Lakatos 1970 — *Lakatos I.*. Falsification and the methodology of scientific research programmes // *Lakatos I., Musgrave A.* Criticism and the Growth of Knowledge. London: Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science (1965). Vol. 4. 1970. P. 91—195.

Lakatos, Musgrave 1970 — *Lakatos I., Musgrave A.* (eds.). Criticism and the Growth of Knowledge. London: Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science (1965). Vol. 4. 1970.

Latour 1987 — *Latour B.* Science in Action: How To Follow Scientists and Engineers Through Society. Milton Keynes. England: Open University Press, 1987.

Latreille 1830 — *Latreille P. A.* Cuvier's le regne animal, distribue d'apres son organization, pour servir de base a l'histoire naturelle des animaux et d'introduction a l'anatomie comparee. 2d ed., 5 vols. Paris, 1830.

Leppik 1953 — *Leppik E. E.* The language of bees and its practical application // American Bee Journal. 1953. 93. P. 434—435, 470—471.

Lewis 1984 — *Lewis T.* The elements and frontiers of insect communication // *Lewis T.* Insect Communication. New York: Academic Press, 1984. P. 1—27.

Lindauer 1961 — *Lindauer M.* Communication Among Social Bees. Cambridge (Mass.): Harvard University Press, 1961.

Lindauer 1967 — *Lindauer M.* Recent advances in bee communication and orientation // Annual Review of Entomology. 1967. 12. P. 439—470.

Lindauer 1971 — *Lindauer M.* The functional significance of the honeybee waggle dance // American Naturalist. 1971. 105. P. 89—96.

Lindauer 1985 — *Lindauer M.* The dance language of honeybees: The history of a discovery // *Holldobler B., Lindauer M.* Experimental Behavioral Ecology and Sociobiology. Sunderland (Mass.): Sinauer Associates. 1985. P. 129—140.

Lindergren 1966 — *Lindergren C. C.* Cold War in Biology. Ann Arbor (Mich.): Planarian Press, 1966.
Lineburg 1924 — *Lineburg B.* Communication by scent in the honeybee: A theory // American Naturalist. 1924. 58. P. 530—537.
Loeb 1918/1973 — *Loeb J.* Forced Movements, Tropisms and Animal Conduct. New York: Dover, 1973.
Lopatina 1964 — *Lopatina N. G.* Physiology of the recruiting activity of bees (in Russian) // Pchelovodstvo. 1964. 84. P. 34—36.
Louis 1969 — *Louis P.* (ed. and trans.) Aristotle: Histoire des Animaux. Book 3. Paris: Bude, Societe d'Edition «Les Belles Lettres.», 1969.
Lubbock 1874 — *Lubbock J.* Observations on bees and wasps, 1 // Journal of the Linnean Society (Zool.). 1874. 12. P. 110—139. (Cited in [Ribbands 1953].)
Lubbock 1882 — *Lubbock J.* Ants, Bees and Wasps. London: Kegan Paul, Trench, 1882.
Maeterlinck 1901 — *Maeterlinck M.* The Life of the Bee. (Trans. Alfred Sutro). New York: Dodd, Mead, 1901.
Maeterlinck 1901/1939 — *Maeterlinck M.* La Vie des Abeilles. Paris: Bibliotheque-Charpentier, Fasquelle Editeurs, 1939.
Maeterlinck 1927 — *Maeterlinck M.* The Life of the White Ant. New York: Dodd, Mead, 1927.
Maeterlinck 1930 — *Maeterlinck M.* The Life of the Ant. London: Allen and Unwin, 1930.
Mahoney 1976 — *Mahoney M. J.* Scientist as Subject: The Psychological Imperative. Cambridge (Mass.): Ballinger (Lippincott), 1976.
Marais 1937 — *Marais E.* The Soul of the White Ant. (Trans. Winifred de Kok). London: Methuen, 1937.
Marais 1969 — *Marais E.* The Soul of the Ape. *(*Intr. by Robert Ardrey). New York: Athenaeum, 1969.
Masterson 1970 — *Masterson M.* The nature of a paradigm // *Lakatos I., Musgrave A.* (eds.). Criticism and the Growth of Knowledge. London: Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science (1965), vol. 4. 1970. P. 59—88.
Mautz 1971 — *Mautz D.* Der Kommunikationeffekt der Schwanzeltanze bei *Apis mellifica carnica* (Pollm.). 1971. 72. P. 197—220.
Mayr 1982 — *Mayr E.* The Growth of Biological Thought, Diversity, Evolution, and Inheritance. Cambridge (Mass.): Belknap (Harvard University Press), 1982.
McFarland 2006 — *McFarland D.* Oxford dictionaryof animal behaviour. Oxfopd Univ. Press, 2006.
McIntosh 1987 — *McIntosh R. P.* Pluralism in ecology // Annual Review of Ecological Systematics. 1987. 18. P. 321—341.

Medawar 1979/1981 — *Medawar P. B*. Advice to a Young Scientist. New York: Harper and Row, 1981.

Merton 1968 — *Merton R. K.* The Matthew effect in science // Science. 1968. 159. P. 56—63.

Merton 1973 — *Merton R. K.* The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations. Chicago: University of Chicago Press, 1973.

Mervis 1988 — *Mervis J.* Erich Bloch's campaign to transform NSF // American Scientist. 1988. 76: 557—561.

Michelsen et al. 1989 — *Michelsen A., Anderson B. B., Kirchner W. H., Lindauer M.* Honeyees can be recruited by a mechanical model of a dancing bee // Naturwissenschaften. 76. 1989. S. 277—280.

Michelsen et al. 1992 — *Michelsen A., Andersen B. B., Storm J., Kirchner W. H., Lindauer M.* How honeybees perceive communication dances, studied by means of a mechanical model // Behav. Ecol. Sociobiol. 1992. 30: 143—150.

Michener 1974 — *Michener C. D. T*he Social Behavior of the Bees: A Comparative Study. Cambridge: Harvard University Press, 1974.

Miller 1985 — *Miller D.* (ed.) Popper Selections. Princeton (N.J.): Princeton University Press, 1985.

Milne-Edwards 1830 — *Milne-Edwards H.* Description des Genres Glaucothoe, Sicyonia, Sergeste et Acete, de l'ordre des Crustaces Decapodes // Annales des Sciences Naturelles (B) Zoologie, 1st series. 1830. 19. P. 333—352.

Moore 1988 — *Moore B. R.* Magnetic fields and orientation in homing pigeons: Experiments of the late W. T. Keeton // Proceedings of the National Academy of Sciences. 1988. 85. P. 4907—4909.

Morse, Boch 1971 — *Morse R. A., Boch R*. Pheromone concert in swarming honey bees (Hymenoptera: Apidae) // Annals of the Entomological Society of America. 1971. 64. P. 1414—1417.

Muller 1980 — *Muller R. A.* Innovation and scientific funding // Science. 1980. 209. P. 880—883.

Mullins 1968 — *Mullins N. C*. The distribution of social and cultural properties in informal communication networks among biological sciences // American Sociological Review. 1968. 33. P. 786—797.

Nowak, Tarnita, Wilson 2010 — *Nowak M. A., Tarnita C. E., Wilson E. O.* The evolution of eusociality. 2010. 466. P. 1057—1062.

Ohtani 1983 — *Ohtani T.* Is honeybee's «dance language» really fact? A criticism of Gould's work (in Japanese) // Honeybee Science 1983. 4. P. 97—104.

Ohtani 2008 — *Ohtani T*. Recruitment efficiency of waggle dances performed by a worker honeybee and the influence on her dance by recruited foragers // Humans and Nature. 2008

Panem 1987 — *Panem S.* Image makers // Science. 1987. 236. P. 973—974. ([Rev. of:] *Nelkin D.* How the Press Covers Science and Technology. New York: Freeman, 1987.

Park 1929 — *Park O. W.* Time factors in relation to the acquisition of food by the honeybee // Research Bulletin of the Iowa Agricultural Experiment Station. 1929. 108. P. 181—226.

Parsons 1937 — *Parsons T.* The structure of social actions. New York, 1937.

Peters, Ceci 1982 — *Peters D. P., Ceci S. J.* Peer-review practices of psychological journals: The fate of published articles, submitted again // Behavioral and Brain Sciences. 1982. 5. P. 187—255.

Pickett et al. 1980 — *Pickett J. A., Williams I. H., Martin A. P., Smith M. C.* Nasonov pheromone of the honey bee *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), part 1: Chemical characterization // Journal of Chemical Ecology. 1980. 6. P. 425—434.

Pickett et al. 1981 — *Pickett J. A., Williams I. H., Smith M. C., Martin A. P.*. Nasonov pheromone of the honey bee *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), part 3: Regulation of pheromone composition and production // Journal of Chemical Ecology. 1981. 7. P. 543—554.

Platt 1964 — *Platt J. R.* Strong inference // Science. 1964. 146. P. 347—353.

Polanyi 1958 — *Polanyi M.* Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy. Chicago: University of Chicago Press, 1958.

Popper 1957 — *Popper K. R.* Philosophy of science: A personal report // Mace C. A. (ed.). British Philosophy in the Mid-Century. New York: Macmillan, 1957. P. 155—191.

Popper 1968 — *Popper K. R.* Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge. New York: Harper and Row, 1968.

Popper 1970 — *Popper K. R.* Normal science and its dangers // Lakatos I., Musgrave A. (eds.). Criticism and the Growth of Knowledge. London: Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science (1965). 1970. P. 51—58.

Popper 1977/1985 — *Popper K. R.* The mind-body problem // Miller D. (ed.). Popper Selections. Princeton (N. J.): Princeton University Press, 1985. P. 265—275.

Putnam 1981 — *Putnam H.* Reason, Truth and History. New York: Cambridge University Press, 1981.

Rackham 1967 — *Rackham H.* Pliny's Natural History. Vol. 3, Loeb Library Series. Cambridge; Harvard University Press, 1967.

Reinhard et al. 2004 — *Reinhard J., Srinivasan M. V., Zhang S.* Scent-triggered navigation in honeybees // Nature. 427. 2004. P. 411.

Renner, Heinzeller 1979 — *Renner M., Heinzeller T.* Do trained honeybees with reliably blinded ocelli really return to the feeding site? // Journal of Apicultural Research. 1979. 18. P. 225—229.

Ribbands 1953 — *Ribbands C. R.* The Behaviour and Social Life of Honeybees. London: Bee Research Association, 1953.

Ribbands 1954 — *Ribbands C. R.* Communication between honeybees, part 1: The response of crop-attached bees to the scent of their crop //

Proceedings of the Royal Entomological Society of London (A). 1954. 29. P. 10—12.

Ribbands 1955*a* — *Ribbands C. R.* Communication between honeybees, part 2: The recruitment of trained bees, and their response to the improvement of the crop // Proceedings of the Royal Society of London (A). 1955. 30. P. 26—32.

Ribbands 1955*b* — *Ribbands C. R.*. The scent perception of the honeybee // Proceedings of the Royal Society of London (B). 1955. 143. P. 367—377.

Ribbands, Speirs 1953 — *Ribbands C. R., Speirs N.* The adaptability of the homecoming honey bee // British Journal of Animal Behaviour. 1953. 1. P. 59—66.

Riley et al. 2005 — *Riley J. R., Greggers U., Smith A. D., Reynolds D. R., Menzel R.* The flight paths of honeybees recruited by the waggle dance // Nature. 435. 2005. P. 295—207.

Root et al. 1947 — *Root A. I., Root E. R., Root H. H., Deyell M. J*. The ABC and XYZ of Bee Culture. Medina (Ohio): A. I. Root, 1947.

Root 1908 — *Root E. R.* (No title.) Gleanings in Bee Culture. 1908. 36. P. 830, 868. (Cited in [Ribbands 1953]).

Rosin 1978 — *Rosin R.* The honey bee «language» controversy // Journal of Theoretical Biology. 1978. 72. P. 589—602.

Rosin 1980*a* — *Rosin R.* The honey-bee «dance language» hypothesis and the foundations of biology and behavior // Journal of Theoretical Biology. 1980. 87. P. 457—481.

Rosin 1980*b* — *Rosin R.* Paradoxes of the honey-bee «dance language» hypothesis // Journal of Theoretical Biology. 1980. 84. P. 775—800.

Rosin 1984 — *Rosin R.* Further analysis of the honey bee «dance language» controversy, part 1: Presumed proofs for the «dance language» hypothesis, by Soviet scientists // Journal of Theoretical Biology. 1984. 107. P. 417—442.

Rosin 1988*a* — *Rosin R.* Do honey bees still have a «dance language»? // American Bee Journal. 1988. 128. P. 267—268.

Rosin 1988*b* — *Rosin R.* Questioning von Frisch's honey-bee dance language (response to a letter by Walls) // American Bee Journal. 1988. 128. P. 576—578.

Ruse 1973 — *Ruse M.* The Philosophy of Biology. London: Hutchinson University Library, 1973.

Schram 1979 — *Schram F. R*. The Myth of Science or the Fantasy of Truth. New York: Vantage Press, 1979.

Schricker 1974 — *Schricker B.* Der Einfluss subletaler Dosen von Parathion (E 605) auf die Entfernungsweisung bei der Honigbiene // Apidologie. 1974. 5. S. 149—175.

Seeley 1985 — *Seeley T. D.* Honeybee Ecology: A Study of Adaptation in Social Life. Princeton (N. J.): Princeton University Press, 1985.

Shearer, Boch 1966 — *Shearer D. A., Boch R.* Citral in the Nassanoff pheromone of the honey bee // Journal of Insect Physiology. 1966. 12. P. 1513—1521.

Sigma Xi study 1987 — Sigma Xi study. A New Agenda for Science. New Haven (Conn.): Sigma Xi, 1987.

Silverman 1986 — *Silverman W. A.* Subversion as a constructive activity in medicine // Perspectives in Biology and Medicine. 1986. 29. P. 385—391.

Silvernale 1965 — *Silvernale M. N.* Zoology. New York: Macmillan, 1965.

Singer 1959 — *Singer C.* A Short History of Scientific Ideas to 1900. New York: Oxford University Press, 1959.

Sladen 1901 — *Sladen F. W. L.* A scent-producing organ in the abdomen of the bee // Gleanings in Bee Culture. 1901. 29. P. 639.

Smith 1988 — *Smith B. H.* Book review. *(*Menzel R., Mercer A. (eds.). Neurobiology and Behavior of Honeybees.) // Quarterly Review of Biology. 1988. 63. P. 250.

Spitzner 1788 — *Spitzner M. J. E.* Ausfuehrliche Beschreibung der Korbbienenzucht im sachsischen Churkreise, ihrer Dauer und ihres Nutzens, ohne kunstliche Vermehrung nach den Grunden der Naturgeschichte und nach eigener longer Erfahrung. Leipzig, 1788. (Reference as in von Frisch 1967.)

Steinbeck 1941/1962 — *Steinbeck J.* The Log from the Sea of Cortez. New York: Viking, 1962.

Steiner 1952 — *Steiner L. F.* Methyl eugenol as an attractant for oriental fruit fly // Journal of Economic Entomology. 1952. 45. P. 241—248.

Stephen, Schricker 1970 — *Stephen W. P., Schricker B.* The effect of sublethal doses of parathion, part 2: Site of parathion activity, and signal integration // Journal of Apicultural Research. 1970. 9. P. 155—164.

Sternberg 1985 — *Sternberg R. J.* Human intelligence: The model is the message // Science. 1985. 230. P. 1111—1118.

Szent-Gyorgyi 1971 — *Szent-Gyorgyi A.* Looking back // Perspectives in Biology and Medicine. 1971. 15. P. 1—5.

Taber 1986 — *Taber S.* The foraging of honey bees // American Bee Journal. 1986. 126. P. 538—541.

Theocharis, Psimopoulos 1987 — *Theocharis T., Psimopoulos M.* Where science has gone wrong // Nature. 1987. 329. P. 595—598.

Thompson 1828 — *Thompson J. V.* Zoological researches and illustrations. No. 1, 36 pp., 4 plates. Cork, England, 1828.

Thompson 1829 — *Thompson J. V.* Memoir 3: On the luminosity of the ocean, with descriptions of some remarkable species of luminous animals *(Pyrosoma pigmaea* and *Sapphirina indicator)* and particularly of the four new genera *Noctiluca, Cynthia, Lucifer* and *Podopsis* of the Schizopoda. 1829. P. 37—61, 4 plates. Add. to Memoir 1: On the metamorphoses of the Crustacea. P. 63—66.

Thompson 1831 — *Thompson J. V.* On the metamorphoses of decapodous Crustacea // Zoological Journal, Linnean Society. 1831. 5. P. 383—384.

Thompson 1835*a* — *Thompson J. V.* Memoir on the metamorphosis of Porcellana and Portunua // Entomology Monthly Magazine. 1835. P. 275—280, 3 figures.

Thompson 1835*b* — *Thompson J. V.* Discovery of the metamorphosis in the second type of the Cirripedes, viz. the Lepades, completing the natural history of these singular animals and confirming their affinity with the Crustacea // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Part 2. 1835. P. 355—358. Plate 5.

Thompson 1910 — *Thompson D. W.* The Works of Aristotle. Oxford, England: Oxford University Press, 1910.

Thorpe 1949 — *Thorpe W. H.* Orientation and methods of communication of the honey bee and its sensitivity to the polarization of the light // Nature (London). 1949. 164. P 11—14.

Thorpe 1963 — *Thorpe W. H.* Learning and Instinct in Animals. London: Methuen, 1963.

Tinbergen 1951 — *Tinbergen N.* The Study of Instinct. Oxford: Oxford University Press, 1951.

Tinbergen, Perdeck 1950 — *Tinbergen N., Perdeck A. C.* On the stimulus situation releasing the begging response in the newly-hatched Herring Gull chick *(Larus a. argentatus) //* Behaviour. 1950. 3. P. 1—38.

Veldink 1976 — *Veldink C.* Paradigm Challenges in Modern Science: The Bee Language Controversy. Ph. D. Diss., University of California, Santa Barbara, 1976.

Veldink 1989 — *Veldink C.* The honey-bee language controversy // Interdisciplinary Science Reviews. 1989. 14. P. 166—175.

Virgil (30 B. C.) 1937 — *Virgil.* Virgil's Aeneid / Transl. J. Dryden. New York: Collier (The Harvard Classics, Eliot C. W. (ed.)), 1937.

Vowles 1961 — *Vowles D. M.* // Thorpe W. H., Zangwill O. L. (eds.). Current Problems in Animal Behaviour. London: Cambridge University Press, 1961. P. 5—29.

Waddington 1982 — *Waddington K. D.* Honey bee foraging profitability and round dance correlates // Journal of Comparative Physiology. 1982. 148. P. 297—301.

Waller 1970 — *Waller G. D.* Attracting honeybees to alfalfa with citral, geraniol and anise // Journal of Apicultural Research. 1970. 9. P. 9—12.

Walls 1988 — *Walls R. K.* Bee language controversy (challenge of a letter by Rosin) // American Bee Journal. 1988. 128. P. 576.

Watson 1968 — *Watson J. D.* The Double Helix. New York: New American Library, 1968.

Weimer 1979 — *Weimer W. B.* Notes on the Methodology of Scientific Research. Hillsdale (N. J.): Lawrence Erlbaum Associates, 1979.

Wells, Rathore 1994 — *Wells H., Rathore R. R. S.* Discriminant conditioning of foragers in Asian honey bees, *Apis cerana* and *Apis dorsata* // Ecological Entomology. 20. 1994. P. 374—379.

Wells, Wells 1983 — *Wells H., Wells P. H.* Honey bee foraging ecology: Optimal diet, minimal uncertainty or individual constancy? // Journal of Animal Ecology. 1983. 52. P. 829—836.

Wells, Wells 1985 — *Wells P. H., Wells H.* Ethological isolation of plants, part 2: Odour selection by honeybees // Journal of Apicultural Research. 1985. 24. P. 86—92.

Wells, Wells 1986 — *Wells H., Wells P. H.* Optimal diet, minimal uncertainty and individual constancy in the foraging of honey bees, *Apis mellifera* // Journal of Animal Ecology. 1986. 55. P. 881—891.

Wells, Wells, Contreras 1986 — *Wells H., Wells P. H., Contreras D.* Effects of flower-morph frequency and distribution on recruitment and behaviour of honeybees // Journal of Apicultural Research. 1986. 25. P. 139—145.

Wells, Wells, Smith 1983 — *Wells H., Wells P. H., Smith D. M.* Ethological isolation of plants, part 1: Colour selection by honeybees // Journal of Apicultural Research. 1983. 22. P. 33—44.

Wells 1973 — *Wells P. H.* Honey bees // W. C. Corning, J. A. Dyal, A. O. D. Willows (eds.). Invertebrate Learning. Vol. 2: Arthropods and Gastropod Mollusks. New York: Plenum Press, 1973.

Wells, Giacchino 1968 — *Wells P. H., Giacchino J. Jr.* Relationship between the volume and the sugar concentration of loads carried by honeybees // Journal of Apicultural Research. 1968. 7. P. 77—82.

Wells, Wenner 1971 — *Wells P. H., Wenner A. M.* The influence of food scent on behavior of foraging honeybees // Physiological Zoology. 1971. 44. P. 191—209.

Wells, Wenner 1973 — *Wells P. H., Wenner A. M.* Do bees have a language? // Nature. 1973. 241. P. 171—174.

Wells et al. 2010 — *Wells P. H., Wenner A. M., Abramson C. I., Barthell J. F., Wells H.* Nectar odor and honey bee foraging // Uludag Bee Journal. 10. 2010. P. 35—40.

Wenner 1959 — *Wenner A. M.* The relationship of sound production during the waggle dance of the honeybee to the distance of the food source // Bulletin of the Entomological Society of America. 1959. 5. P. 142.

Wenner 1961 — *Wenner A. M.* A method of training bees to visit a feeding station // Bee World. 1961. 42. P. 8—11.

Wenner 1962 — *Wenner A. M.* Sound production during the waggle dance of the honeybee // Animal Behaviour. 1962. 10. P. 79—95.

Wenner 1963 — *Wenner A. M.* The flight speed of honeybees: A quantitative approach // Journal of Apicultural Research. 1963. 2. P. 23—32.

Wenner 1964 — *Wenner A. M.* Sound communication in honeybees // Scientific American. 1964. 210. P. 116—124.

Wenner 1967 — *Wenner A. M.* Honeybees: Do they use the distance information contained in their dance maneuver? // Science. 1967. 155. P. 847—849.

Wenner 1969 — *Wenner A. M.* The study of animal communication: An overview // Sebeok T. (ed.). Approaches to Animal Communication. Paris: Mouton, 1969. P. 232—243.

Wenner 1971*a* — *Wenner A. M.* The Bee Language Controversy: An Experience in Science. Boulder (Colo.): Educational Programs Improvement Corporation, 1971.

Wenner 1971*b* — *Wenner A. M.* Animal communication // McGraw Hill Encyclopedia of Science and Technology. 1971. 1. P. 433—436.

Wenner 1974 — *Wenner A. M.* Information transfer in honeybees: A population approach // *Krames L., Pliner P., Alloway T.* (eds.), Nonverbal Communication, vol. 1: Advances in the Study of Communication and Effect. New York: Plenum Press, 1974. P. 133—169.

Wenner 1985 — *Wenner A. M.* (ed.) Larval Growth. Vol. 2 of Crustacean Issues. F. Schram, senior ed. Rotterdam: Balkema, 1985.

Wenner 1989 — *Wenner A. M.* Concept-centered vs. organism-centered research // American Zoologist. 1989. 29. P. 1177—1197.

Wenner 2007 — *Wenner A. M.* The honey bee odor-search hypothesis // Bee Culture. 2007. 135. P. 25—26.

Wenner, Johnson 1966 — *Wenner A. M., Johnson D. L.* Simple conditioning in honeybees // Animal Behaviour. 1966. 14. P. 149—155.

Wenner, Wells 1987 — *Wenner A. M., Wells P. H.* The honey bee dance language controversy: The search for «truth» vs. the search for useful information // American Bee Journal. 1987. 127. P. 130—131.

Wenner, Wells, Rohlf 1967 — *Wenner A. M., Wells P. H., Rohlf F. J.* An analysis of the waggle dance and recruitment in honeybees // Physiological Zoology. 1967. 40. P. 317—344.

Wenner, Wells, Johnson 1969 — *Wenner A. M., Wells P. H., Johnson D. L.* Honeybee recruitment to food sources: Olfaction or language? // Science. 1969. 164. P. 84—86.

Wenner et al. 1991 — *Wenner A. M., Mead D. E., Friesen L. J.* Recruitment, search behavior, and flight ranges of honey bees // American Zoologist. 31. 1991. P. 768—782.

Westwood 1835 — *Westwood J. O.* On the supposed existence of metamorphoses in the Crustacea // Philosophical Transactions of the Royal Society of London, part 2. 1835. P. 311—328, plate 4.

Wheeler 1910 — *Wheeler W. M.* Ants, Their Structure, Development and Behavior. New York: Columbia University Press, 1910.

Wheeler 1923 — *Wheeler W. M.* Social Life Among the Insects. New York: Harcourt, Brace, 1923.

Whewell 1840 — *Whewell W.* Philosophy of the Inductive Sciences. London: Parker, 1840.

White 1895/1955 — *White A. D.* A History of the Warfare of Science with Theology in Christendom. New York: George Braziller, 1955.

Whitley 1984 — *Whitley R.* The Intellectual and Social Organization of the Sciences. New York: Clarendon (Oxford University Press), 1984.

Wildman 1768 — *Wildman T.* A Treatise on the Management of Bees; Wherein is Contained the Natural History of those Insects; With the Various Methods of Cultivating Them, both Ancient and Modern, and the Improved Treatment of Them. To which are added, The Natural History of Wasps and Hornets, and the Means of Destroying Them. London: T. Cadell, 1768.

Wilson 1971 — *Wilson E. O.* The Insect Societies. Cambridge: Harvard University Press, 1971.

Wilson 1972 — *Wilson E. O.* (Letter exchange) // Scientific American. 1972. 227. P. 6.

Winkler 1985 — *Winkler K.* Historians fail to explain science to laymen, scholar says // Scholarship: The Chronicle of Higher Education, August 7, 1985.

Winsor 1969 — *Winsor M. P.* Barnacle larvae in the nineteenth century: A case study in taxonomic theory // Journal of the History of Medicine and Allied Sciences. 1969. 24. P. 294—309.

Winston 1987 — *Winston M. L.* The Biology of the Honey Bee. Cambridge: Harvard University Press, 1987.

Witherell 1985 — *Witherell P. C.* A review of the scientific literature relating to honey bee bait hives and swarm attractants // American Bee Journal. 1985. 125. P. 823— 829.

Woodrow et al. 1965 — *Woodrow A. W., Green N., Tucker H., Schonhorst M. H., Hamilton K. C.* Evaluation of chemicals as honey bee attractants and repellents // Journal of Economic Entomology. 1965. 58. P. 1094—1102.

Zuckerman 1977 — *Zuckerman H.* Scientific Elite. New York: Macmillan (The Free Press), 1977.

Предметный указатель

Анекдоты (результаты случайных наблюдений) 156, 333
значение их 178—179

Анемотаксис 110, 113, 120—121, 404—405
поисковое поведение 122—124, 405—407

Аномалии в нормальной науке (*см.*) 171—172, 440—441
важность и значение их 157, 162, 177
в результатах Гулда и его коллег 282, 295
в ранних представлениях о поведении пчел 155—174, 175—196, 235
и исходные допущениях 65
осознание их существования 170
подгонка их под парадигму 421—424
по Куну 281

Антиреализм *см.* Релятивистов школа

Антропоморфизм 113, 114, 295, 303, 319—320, 353

Аттрактанты 144, 383, 397—403

Бритва Оккама, принцип экономии 113, 129, 227, 303—305

Верификации гипотез принцип (law of parsimony) 36, 81, 83, 88, 89, 94, 98, 100, 107, 112, 124, 135, 138, 146, 158, 159, 160, 177, 200—202, 210, 224, 245, 254, 256, 257, 3021, 309, 316, 320—323, 333, 349, 362, 370, 374, 375, 378, 399, 402,403, 422, 436, 437, 438, 452
в работах
— Гонклавеса 268—269
— Гулда 272—277, 287, 290—293, 29
— Франкона и фон Фриша 95, 98, 146—150, 224, 318
— Эша и Бастиана 271
в изучении поведения животных 160
в поисках истины 88—89
в ранних исследования поведения пчел 98—100
в сравнении с подходами, основанными на фальсификации и строгом умозаключении 272—273, 277
в экспериментах с контролем единственной переменной (*см.*) 202
и смена парадигм 112
на примере искусственной пчелы (*см.*) 440—444
подтверждение следствием 264, 273, 435

Ветер 113, 205—206, 269, 429—430, 405—407, 409, 412
важность в поисковом поведении пчел 119—121, 190—195, 352—353

Гипотеза
ad hoc 53—54, 229, 259, 264, 279, 281, 285, 292, 293, 298, 300, 301, 302, 353, 367, 388, 389, 391, 392, 452
и парадигма 97, 104, 246
«отцовская привязанность» к ней 77, 148, 293
резистентность ее к попыткам опровержения 38, 53—54
тестирование ее 37, 38, 98, 136, 148—149, 205, 240, 270, 316—317, 318—319, 324

Гипотеза поиска корма по запаху 38, 319 *см. также* Запах
в работах фон Фриша 82, 111
история вопроса 109—130
как парадигма 118

Гипотеза солнечного компаса 199, 255

Гипотеза языка танцев 41
версия Франкона 95—97
версия фон Фриша 97—98, 107
история вопроса 37—41, 149—152

как одобренная парадигма 153
«лексика» пчел, «речь» пчел 115, 133
отрицание ее 425—437
парадоксы ее 296—302
пересмотр ее 260—283
предсказания ее 101, 185, 187—188, 191, 208, 212, 231, 268—269
принятие ее научным сообществом 103, 133—153
противостояние ей 303—306
социальные детерминанты ее жизнеспособности 243
стремление поддержать ее 264—274
тестирование ее 38, 200—219, 380
фальсификация ее 234
формальное содержание ее 101—102

Градуализм 55

Дедуктивно-индуктивный подход 31, 73,
гипотетико-дедуктивныйй метод 54, 55, 367,

Дедуктивный метод 375, 376,

Допущения 272—274, 295 *см. также* Парадигмы тиски
базовые 58, 64, 199
в работах Гулда и его коллег 273, 276, 294
и гипотезы 97—98
о сущности природы 366—367

Железа Насонова 129, 145, 196, 197, 395—396, 397—402
аномалии в трактовке функции 135, 144, 196, 235—
гипотеза аттрактивности секрета ее 116, 134—135, 140
и точка зрения Лайнбурга 116
обнажение ее 229—230, 233—235, 395, 401
секреция ее 395
эксперименты фон Фриша 134—135, 396—399

Журналы научные 21, 50, 65, 83, 177, 244
агрессивность анонимных рецензентов 200—201
дефекты системы рецензирования 241—242, 248, 327

Запах 116—117, 119—121 *см. также* Анемотаксис, Железа Насонова, Гипотеза поиска корма по запаху
в улье, накопление его 123, 126, 169, 172—173, 182, 184, 186, 189, 226, 231, 233, 234, 282, 391, 455—456, 457
дистантное восприятие его 119, 126—127, 454
и направление ветра 120, 277, 405—406, 408—413
и научение 124—125, 456—457
как стимул 119, 122, 209, 453—454
концентрация его 119, 129, 178, 226, 301, 391—392, 411, 413—414
кормушек 209, 274, 362, 390, 399
локальный 123, 178—180, 205—206, 273, 275, 276, 277, 280, 414
отсутствие его 127, 179, 180—181, 188—190, 229—231, 233, 234, 274, 275, 276, 281—282, 355, 361, 400, 401, 447
посторонний 123, 179—180, 205—206, 273—274, 275, 276, 346, 355, 361, 425, 441, 451
растительности 178—179, 414,
роль в рекрутировании (*см.*) 169, 183, 454, 455—456

Запаховое поле, центр его 215, 409—410, 413, 419, 443—444

Звуковое сопровождение танцев пчел 99, 138, 160—163, 165, 202, 246, 316, 317, 343, 349, 439, 440

Идеализм 15, 367, 368

Иерархия
в научном сообществе 61—62
наук 46

Индукции метод 31, 85, 175, 177, 221, 250, 374, 375, 376

Инновация 243, 320, 327, 328, 365

Инстинкт 15, 113, 114, 150, 155, 157—160, 438
и научение 15, 150, 157—158, 165

и системы сигнализации 98, 158—160, 162, 348

Инстинктивизм 80

Интуиция 81

Информация в танцах пчел 114, 144, 201, 228, 308, 457
в дезориентирующих танцах 127, 185—187, 188, 289, 298, 455
в звуковом сопровождении танца *см.* Звуковое сопровождение танцев
использование информации, содержащейся в них 39, 101, 136, 201, 218, 273, 294, 297, 300, 435
гипотетические функции, телеологическое обоснование их 318, 383, 384—385
точность ее 416—424

Исследование 60, 246, 333
основанное на интересе к объекту 302
основанное на концепции 296, 302
традиционное понимание его 177

Истина в разном ее понимании 15—16, 22, 31, 75, 84, 88, 257, 313, 317, 321, 322, 366, 367—368, 370, 375, 376, 380
выяснение ее 60, 73, 75, 76, 77, 416
и эмпирическое знание 436
открытие и доказательство 53—54, 74, 83, 88, 376

Коммуникация у животных 98—99, 105, 122, 158
у пчел 10, 39, 79, 95—96, 99—100, 205, 246, 268, 287, 343 *см. также* Информация в танцах, Звуковое сопровождение танцев пчел
— и организация деятельности 159
— и условные рефлексы 124—125, 172, 204, 344—345
— как популяционный феномен 10, 128, 320, 425—426
— отличия от человеческой 105, 152, 319
— тактильная 126

Конфликт в науке 20, 25, 85—86,
и коллективное сознание ученых 58, 73, 84, 85, 239, 249
и противоречия между эмпирическими данными 58, 259, 326
и смена парадигм 58

Контрпримеры в дискуссии 383—385

Корреляции 136, 138, 161, 202, 401, 433, 439, 440, 441
и причинно следственные связи 205, 386
как аргумент за и против в гипотезе языка танцев 38, 82, 100, 150, 446, 456

Креативность в науке 243, 322—323, 365

Кризис нормальной науки (*см.*) 57—58, 247—248, 269
возникновение его 65, 249
и тиски парадигмы 65, 88, 281, 311, 434
нарастание его 304
новой теории появление 346

Лойда Моргана правило 303, 304—306

Логика в научном исследовании 33, 86, 101, 115, 259, 368—369, 373
дефекты ее 291
— подтверждение следствием 264, 273
индуктивная 177, 374
и смена парадигм 369

Логический эмпиризм 59, 61, 366—368

Логический позитивизм 240, 373—377, 379

Наука 45, 84
в глазах публики 21—22, 34, 35, 374
заблуждения в ней 30, 250, 326,
иерархия в ней 32, 61—62
история ее 20, 32, 37, 45, 46, 52, 62
как коллективный процесс 45, 47, 239, 262, 323—324, 341, 380—381
как процесс 22, 30, 31
— градуальный, кумулятивный 55,
— скачкообразный 56, 62
как самокорректирующаяся деятельность 36, 50, 63
коррупция в ней 34

популяризация ее 20, 319, 327, 436
природа ее 22, 43
прогресс в ней 31, 51, 59, 73
рациональность ее 33, 38, 54, 55, 72
социальные детерминанты ее 34, 46, 47, 66, 326
социологические и социополитические аспекты ее 21, 35, 52, 63, 261—262

Научение 124, 147, 162, 163, 165, 177, 204, 346, 456 *см. также* Инстинкт и научение

Научного поиска стратегии 88, 315
изучение явления (exploration) 75, 76, 88, 126, 175, 277, 323, 333, 349, 365, 425
множественность умозаключений 88, 115, 147
— вклад Чемберлина 72—73
множественные рабочие гипотезы 72, 76, 85, 219, 223
нулевая гипотеза 53, 79, 83, 87, 88, 89, 199, 201, 203, 223, 318, 322, 374
открытие 22, 83, 96, 105, 107, 160, 221, 243, 248, 320, 321, 323, 365
подтверждение гипотезы 53, 74, 100, 148, 259, 264, 268, 302, 321, 438
см. также Верификации гипотез принцип: подтверждение следствием
прозрение 340, 378
«саморазвивающееся индуктивное логическое древо» 85
создание мысленного образа явления 45, 49, 73, 84, 90, 95, 99, 103, 157, 165, 178, 199, 200, 224, 225, 235, 301, 317, 320, 321, 323, 334, 346, 425
умозаключение строгое 83, 203, 210, 222, 224, 240, 317, 322—323, 380
— вклад Платта 71, 84, 85
— и фальсифицируемость гипотезы 223, 316
— в опыте Метерлинка 77—80, 341
— в отношении к верификации и фальсификации гипотез 265, 270, 272, 320

Научное коллективное сознание 196, 243, 321, 351
анонимность его 239

Научное сообщество 22 *см. также* Парадигма, Социальная сеть
давление социальных факторов 240, 247, 252, 257, 324, 352
контроль с его стороны за деятельностью ученых 262—263, 369
конформизм взглядов 61, 74, 56, 64
неписанные правила поведения его членов 51, 65
— способы вознаграждения за их соблюдение 261—262, 307
неприятие альтернативных точек зрения 31, 37, 58, 196, 235, 328, 352, 426
общие установки его (научный климат) 51, 56, 61, 104
превалирующие точки зрения 61, 200, 315, 324
противоречия в нем 20, 63, 65
роль авторитетов 12, 20, 31, 50, 62, 65—66, 150, 177, 223, 239, 240, 241, 244, 247, 255, 256, 262, 326, 424
роль «групп сверстников» 61
роль его в поддержании устоявшихся взглядов 38, 49, 62

Научный метод 373—381

«Нормальная наука» 26, 57, 61, 63, 64, 88, 103, 164, 177, 245—246, 248, 296, 369
грантовая система поощрений 35, 46, 52 , 327
— отсутствие объективности в оценке проектов 241—242, 326—327, 342

Объективизм 106, 365 *см. также* Реалистов школа

Объективность научная 22, 33, 37, 43, 45, 47, 48—49, 50, 51, 62, 93, 113, 307, 351, 365, 366, 368

Обыденный здравый смысл 22, 261, 375

Оцеллы 290, 291
блокировка их 308, 310—312,

Парадигма
абсолютно доминирующая 386
в построениях Т. Куна 55—59
выбор ее ученым 61, 320, 325—326, 370
и гипотеза 97, 104, 152, 153, 199, 201, 246
и релятивизм 74, 106, 370—371
и схема экспериментов 322
как гештальт 56—58
как контролирующий фактор 64—66, 315
как «правящая теория» 87, 114, 150, 196, 197, 323, 424
конкуренция между ними 90, 93, 103—106, 320,
кризис внутри нее 304, 351
охрана ее когерентной социальной группой 61, 152, 153
смена парадигм 62, 369, 403
— во взглядах фон Фриша 102—103
— значение интерпретаций 49, 57, 60, 76, 81, 129, 157, 223, 250, 252, 306, 308,309, 310, 315, 322, 346, 351, 453
— и аномалии (*см.*)
— иррациональность научных революций 369—370
— как «пересечение логического разрыва» 62, 87
«тиски» (власть) ее 56, 57, 58, 75, 76, 78, 83, 87, 88, 89, 257, 369, 434

Поведение 233, 246—47, 299, 362
инстинктивное 113—114, 157, 158—159
как цепь рефлексов 114, 159
количественный подход в изучении 112, 157
механистический подход в изучении 113, 119, 157—158
поисковое летающих насекомых, «закон» его 119—121
принцип «стимул—реакция» 181
стохасический характер его 425—426
условно-рефлекторное 15 *см. также* Научение
функция его 40, 114, 135, 382—385
целенаправленное 114, 155, 159, 320
целостное 163
человека и животных 67, 100, 105—106, 319—320
чувство времени у пчел 124

Поведение пчел в полете 116—117
время в полете *см.* полет по прямой
воздушная трасса 116—118, 147, 411, 413,414, 421
метание 121, 122, 123, 405, 406, 409
модель поискового поведения как вероятностного процесса 324, 411—413
ориентирующий полет 118, 123, 405, 406—407, 409, 411
полет зигзагами 121, 123, 209, 271, 405, 406, 409
полет петлеобразный 123, 405, 407, 413
полет по прямой к цели (beeline) 144, 145, 181, 195, 270, 274, 294, 324, 360, 429, 430

Поворот ученых к новым взглядам 65—66, 153, 371 *см. также* Парадигма, смена ее

Позитивизм 368 *см. также* Логический позитивизм

Прагматизм 59, 60, 367

Противостояния в науке 19—21, 31, 37, 60—61, 63, 324— 328 *см. также* Парадигма: конкуренция парадигм, охрана ее когерентной социальной группой
«лингвистической» и запаховой гипотез 19, 23
— запутанный характер его 105—106, 317—320
— история событий 93—101
— как контрреволюция 303—304
разрешение их 40, 58, 325—326

Психология науки 21, 23, 24, 33, 223, 315, 342, 369—370, 381
феномен догматического мышления 54

Пчела искусственная 165, 202, 316, 438—439, 440—444, 446—448

Пчела медоносная *см. также* Поведение пчел в полете, Пчелы: поисковое поведение

дикие популяции 70, 116
мозг 155, 343
«интеллект» 67

Пчеловодство
добывание диких пчел 70, 116

Радар
прослеживание маршрутов пчел 449—453

Ракообразные
жизненный цикл крабов 47—52
метаморфоз 52
пространственная ориентация амфипод 255

Рационализм 23, 340, 345

Реалистов школа *см.* Логический позитивизм, Логический эмпиризм
наивный реализм 46
«истина» в ее трактовках 73 *см. также* Истина
Карнап и принцип верификации (*см.*) 73, 74, 77, 138, 177—148, 150, 368, 373, 374
Поппера концепция 53—55 *см. также* Фальсификации принцип

Рекрутирование
как популяционный феномен 128—129, 320

Рекруты
неопытные 39, 70, 99, 126—129, 145, 165, 174, 270, 438, 445

Релятивистов школа 45, 60, 74, 83, 106, 318, 323, 328, 369—371
принципы ее 146—148

Сверхорганизма концепция 339—341

Социальная сеть 89, 93, 152, 240—241, 247, 307
наука как социальный институт 34, 62, 261—263, 315
в противостоянии «лингвистической» и запаховой гипотез 252—256

Социобиология 8, 13, 16, 107, 149, 150, 243, 262, 287

Социология науки 21, 23, 24, 32, 33, 51, 203, 243, 257, 315, 325, 342

Танцы пчел *см.* Информация в танцах пчел

Телеология 98, 99, 112, 113, 115, 159, 295, 303, 309, 318, 319, 347, 377, 382—387
Аристотеля 383, 384
Дарвина 383, 384, 386

Теория правящая *см.* Парадигма как «правящая теория»

Тренировка пчел 16, 388—394

Тропизмов теория 157, 244

Улей
уровень освещения в нем 161

Умозаключения *см.* Дедуктивно-индуктивный подход, Дедуктивный метод, Индукции метод, Научного поиска стратегии: умозаключение строгое

Универсальное в природе 54

Условные рефлексы *см.* Научение

Ученые 32, 33, 35—36, 45, 66 *см. также* Научное сообщество, Парадигма, Социальная сеть
взаимосвязи в их среде 22, 46, 61
и методология научного исследования 19, 33
и парадигма 56—57, 64, 65, 86
ответственность их 36,
представления их о науке 21, 22, 31, 35, 46, 47, 63
представления их о себе и своей роли в науке 20, 22—23, 31, 62, 381
социальные детерминанты и мотивы их деятельности 22, 31, 34, 37, 64—66

Фальсификации гипотез принцип 54, 55, 61, 79, 83, 88, 89, 147, 199, 322, 323, 375
в отношении гипотезы языка танцев 200—201, 234,
в сравнении с подходами, основанными на верификации и стро-

гом умозаключении 210—213, 270—271, 272, 316
роль эксперимента 88, 203—204

Феноменализм 368, 379

Феромоны 397, 402, 403

Философия науки 21, 23, 43, 45, 54, 62, 75, 87—88, 104, 199, 315, 327, 365, 366, 370, 371, 379, 381

Экология 262, 348, 374, 379, 387, 403, 457
поведенческая 456

Эксперимент 311—312, 313, 334, 376 *см. также* Пчела искусственная, Радар
адекватная методология постановки его 41
артефакты его 134, 205, 219, 416
веерный и линейный фон Фриша 204, 417—421
двойной слепой метод 277
и базовые предпосылки исследователя 40, 108, 291, 322
— с «ожидаемыми» результатами 293, 380,
как инструмент фальсификации гипотезы 38, 54—55, 88, 203—204, 263
как способ верификации гипотезы 38, 65, 100, 126, 135, 247, 257, 267, 269, 273, 278, 289, 321, 326
количественная оценка результатов его 100
контрэксперимент 308
необходимость воспроизводимости экспериментальных данных 22, 36—37, 239, 378
неоднозначность трактовки результатов его 41, 239, 259, 289, 346
основанный на строгих умозаключениях 223—224, 240, 317, 341
предопределение результатов его способом постановки 99, 100, 306—307
с взаимоисключающими трактовками в пользу той или иной гипотезы 78, 85, 227
с двойным контролем 210—214, 317
с блокировкой оцелл (*см.*)
с интоксикацией пчел 299—300
с контролем единственной переменной 138, 204, 205, 273, 346—347, 349

Эмпирический подход вместо метафизического 375

Этология 46, 107, 113, 114, 119, 149, 150, 157, 158, 159, 243, 262, 287, 303—304, 351, 354

Язык 31
и «язык животных» 69, 105—106, 107, 114

Указатель именной

Агассис (Agassiz Louis) 249
Аллоуэй (Alloway Thomas) 475
Андерсон (Anderson Judith) 31, 325
Анкерл (Ankerl G.) 459
Ардри (Ardrey Robert) 80, 336
Аристотель 69, 109, 115, 127, 329-332, 383, 384
Аронсон (Aronson Naomi) 30, 250
Аткинсон (Atkinson James W.) 45—47, 49, 54, 73—75, 84, 86, 87, 95, 99, 165, 199, 242, 251, 349, 425, 460

Баззард (Buzzard C. N.) 111—112, 118, 407, 409, 461
Батлер (Butler Charles) 69, 109, 116, 127, 406, 461
Барроуз (Burroughs John) 70, 95, 116, 340, 401
Бастиан (Bastian J. A.) 127, 128, 148, 183, 225, 270—271, 296, 413, 462
Бечер (Bacher Robert F.) 254
Бейкер (Baker) 397, 460
Бейлинг (Beling) 167, 169
Бек (Beck William) 16, 416, 460
Бенгельсдорф (Bengelsdorf Irving) 347
Бензер (Benzer Seymour) 253, 254, 256, 272, 347
Беннетт (Bennett A. M.) 243, 247, 460
Беркли (Berkeley George) 257, 460
Бернар Клод 311—312, 382, 392—393, 460
Бернштейн (Bernstein R.) 45, 59, 366, 370—371, 460
Бизецки (Bizetsky A. R.) 265, 460
Блест (Blest A. D.) 385, 460
Блиссет (Blissett M.) 83, 84, 247, 251, 460
Блох (Bloch Erich) 31, 469
Бойер (Boyer P. D.) 249, 461
Бойль (Boyle Robert) 32, 375
Бом (Bohm D.) 12, 65, 97, 104, 380, 425, 460
Боньер (Bonnier G.) 94, 461
Бош (Boch Rolf) 395, 401, 460
Брод (Broad William) 22, 33, 34, 37, 100, 238, 324, 393, 461
Броновски (Bronowski Jacob) 203, 253, 343—348
Брунер (Bruner J. S.) 164, 461
Баллок (Bullock Theodore) 253, 347
Бурхарт Дж. М. (Burghardt G. M.) 98, 461
Бэйзин (Bazin) 313, 460
Бэкон Фрэнсис 29, 31, 42, 75, 83—84, 203, 221, 375, 376, 460

Вейд (Wade N.) 22, 33, 34, 37, 100, 238, 324, 393, 461
Веймер (Weimer Walter) 43, 436, 473
Вейс (Weiss Rick) 444
Вествуд (Westwood J. O.) 47—64, 475
Вилдинг (Veldink C.) 33, 93, 105, 199, 243, 247, 250, 257, 265, 351, 352, 371, 437, 473
Вильдман (Wildman T.) 69, 115, 476
Витерелл (Witherell P. C.) 401—402
Вергилий 330, 406
Воулс (Vowles D. M.) 158, 43
Вудроу (Woodrow A. W.) 398, 476
Вейд (Wade N.) 22, 33, 34, 37, 100, 238, 324, 393, 461

Ганн (Gunn D. L.) 113, 157, 405, 463
Гарвей (Harvey William) 374
Гемпель (Hempel C. G.) 264, 273, 299, 466
Гриннел (Grinnell Frederick) 237, 239, 465
Гриффин (Griffin Donald) 101, 151, 245, 256, 287, 303, 305, 306, 309, 319, 465
Гриффит (Griffith B. C.) 152, 465

Дарвин Чарлз 58, 62, 323, 383,
Декарт Рене 375,
де Кок Уинфрид (de Kok Winifred) 337, 340
Дженнер (Jenner E.) 32, 157, 333—335, 466

Джонсон (Johnson Dennis) 102, 124, 125, 127—129, 147—149, 162—165, 168—171, 173, 181—182, 200, 204, 214, 216—218, 223, 228, 254, 265, 271, 274—275, 277, 297, 344, 352, 354—356, 360—362, 391—392, 395, 408—409, 421, 425, 441—442, 454, 457, 464, 466, 475,
Диксон (Dixon Bernard) 175, 462
Докинз (Dawkins Richard) 8, 10, 11, 247, 352—356, 462
Дюкло Е. (Duclaux E.) 63—64, 239, 251, 462
Дюжардин Ф. (Dujardin F.) 94, 462

Кальмус (Kalmus Hans) 110, 149, 466
Камак (Camac C. N. B.) 333—334, 461
Кант Иммануил 376
Карде (Carde Ring) 110, 120—122, 404—405, 461
Карнап (Carnap Rudolph) 73—75, 77, 138, 147, 150, 158, 368, 373—374, 422
Кеки (Ceci S. J.) 242, 470
Келлер (Keller E. F.) 75, 115, 200, 250, 261, 272, 466
Кеннеди (Kennedy J. S.) 120, 123, 404, 405, 466
Козенс (Cozzens Susan) 313, 462
Кониши (Konishi Mark) 256,
Кнеллер (Kneller George F.) 31, 36, 285, 289, 351, 374, 382, 467
Коффин (Coffin Harold G.) 49—51, 462
Крёбер (Kroeber A.) 152, 467
Креймс (Krames Lester) 255
Кро (Krogh August) 151, 244, 467
Кресвилл (Cresswell R.) 330, 462
Крик Фрэнсис 253, 261, 347, 348,
Крег (Craig Peter) 166—167, 169,
Кун Томас (Kuhn Thomas) 15, 25—26, 43, 47, 51—52, 151, 153—166, 73—77, 83, 87—89, 103—106, 145, 164, 170—171, 177, 197, 199—200, 223, 237, 243, 245—246, 248, 251—252, 259, 263—264, 269, 281—282, 296, 303—304, 307, 315, 346—347, 369, 370, 379, 403, 434, 437, 467

Лавуазье А. (Lavoisier A.) 58, 62
Лайнбург (Lineburg Bruce) 91, 94, 99, 102, 109, 116, 117, 118, 411, 468
Латрейль (Latreille P. A.) 50, 467,
Латур (Latour Bruno) 45, 250, 342, 467
Леб (Loeb J.) 113, 157, 468
Леббок (Lubbock J.) 94, 99, 468,
Леппик (Leppik E. E.) 115, 467
Лерман (Lehrman D. S.) 106
Линдауэр (Lindauer Martin) 82, 90, 103, 107, 114, 115, 172, 255, 263, 278—283, 288, 383, 384, 385, 422, 423, 467
Линдегрен (Lindegren Carl) 259, 468
Локк Джон 375
Лоренц Конрад 113, 114, 158, 256
Льюис (Lewis T.) 98, 467

Майр Эрнст 52
МакИнтош Р. П. (McIntosh R. P.) 374, 379, 468
МакКлинток (McClintock Barbara) 250, 261, 323, 459
МакЛеод (MacLeod Michael C.) 356, 465
Маллинс (Mullins N. C.) 51, 56, 61, 150, 237, 465
Маре (Marais Eugene) 336, 341, 468
Марлер (Marler Peter) 255, 256, 465
Мастерсон (Masterson Margaret) 56, 62, 370, 468
Медавар (Medawar P. B.) 260, 282, 293, 388, 394, 469
Мертон (Merton Robert) 241, 247, 248, 261, 262, 459
Метерлинк (Maeterlinck Maurice) 23, 67, 70, 71, 73, 77—80, 81, 82, 90, 91, 94, 95, 99, 107, 147, 148, 162, 224, 225, 327, 336—341, 468
Мехони. (Mahoney M. J.) 83, 93, 177, 201, 203, 241, 247, 322, 351, 374, 393, 437
Милн-Эдвардс (Milne-Edwards H.) 50, 469
Митчелл (Mitchell Peter) 249
Михельсен А. (Michelsen A.) 441, 443, 447, 469
Миченер (Michener C. D.) 268, 288, 345, 440, 469
Моно (Monod Jacques) 115, 253, 347
Морс (Morse Roger) 401, 469

Мотс (Mautz D.) 277—278, 296, 468
Мур (Moore B. R.) 325, 326, 469
Мюллер (Muller Richard) 52, 327, 469

Ньютон Исаак 32, 55,

Охтани (Ohtani T.) 290, 307—310, 436, 454, 456, 457, 469

Папи (Papi) 255
Парди (Pardi) 255
Пастер Луи 32, 58, 239, 251, 323, 189, 199, 264
Патнем (Putnam Hilary) 177, 373, 374, 375, 376, 381, 470
Пирбум (Pereboom D.) 256
Пит (Peat F. D.) 12, 65, 97, 104, 380, 425, 460
Петерс (Peters D. P.) 242, 470
Плайнер (Pliner Patricia) 255
Платт (Platt John) 71, 72, 80, 85, 86, 222, 327, 470
Плиний старший 330, 332, 339
Полани (Polanyi Michael) 43, 60, 62, 73, 75, 87, 250—254, 379, 470,
Поппер Карл 43, 45, 46—47, 49, 51—55, 59—63, 72—75, 80, 87, 90, 135, 147, 199, 223, 252, 268, 293, 316, 319, 322, 366, 367—369, 373, 383, 388, 421, 470
Постман (Postman L.) 164, 461
Псимополус (Psimopoulos M.) 373, 472
Пэйнем (Panem S.) 36, 469

Риббандс (Ribbands C. R.) 70, 94, 116, 125—126, 166—167, 169, 171—173, 235, 301, 332, 344, 395, 397, 400, 406—407, 461—462, 468, 470—471
Реннер (Renner M.) 290, 310—311, 470
Росин (Rosin R.) 38, 67, 100, 102, 105—107, 110, 112—113, 116—117, 128—129, 158, 202, 285, 287—307, 385, 387, 404, 410—411, 435—436, 471
Рош (Rosch G. A.) 133, 395, 464
Рут (Root A. I.) 116, 118, 406—407, 471
Рут (Root E. R.) 94, 471
Рьюз (Ruse Michael) 386, 471

Сент-Дьердьи (Szent-Gyorgyi Albert) 313
Сили (Seeley T. D.) 288, 306, 403, 471
Сильверман (Silverman W. A.) 247, 472
Силвернэйл (Silvernale M. N.) 377—378, 472
Сингер (Singer Charles) 52, 472
Синшеймер (Sinsheimer Robert) 272
Слэйден (Sladen F. W. L.) 400, 3
Смит (Smith Brian) 107, 127, 163, 472
Солк (Salk Jonas) 347—348
Стейнбек Джон 153, 155, 382, 386
Стейнер (Steiner L. F.) 383, 397, 472
Стефен (Stephen William P.) 296, 472

Теохарис (Theocharis T.) 373, 472
Тинберген Нико 38, 114, 147, 158—159, 256,
Томпсон (Thompson D. W.) 271, 472
Томпсон (Thompson John V.) 330, 50, 64, 30, 264, 472
Торп (Thorpe W. H.) 113, 114, 150, 158—159, 163, 244, 273
Тэйбер (Taber S.) 302

Уайт (White Andrew D.) 335, 475
Уэвелл (Whewell William) 386, 475
Уилер (Wheeler W. M.) 338—340, 475
Уилсон (Wilson Edward O.) 8, 10, 12, 248, 254—256, 268—269, 278, 289, 337, 340, 422—423, 476
Уоллер (Waller G. D.) 398, 473
Уинстон (Winston M. L.) 288, 306, 476
Уитли (Whitley Richard) 46, 51, 262—263, 341, 475
Уоддингтон (Waddington K. D.) 440, 473
Уоллс (Walls Roland) 385, 387, 473
Уотсон (Watson James D.) 21, 261

фон Фриш (von Frish Karl) 23, 37—39, 41, 67, 71, 80—82, 90, 92—103, 107, 110—120, 124—126, 128—142, 144—153, 155, 157—162, 165—167, 171, 173, 185, 195—196, 199, 201—202, 204—205, 207—212, 215, 216—219, 224—225, 227, 242, 243—246, 253—254, 256—257, 263—264, 266—269, 271, 273, 276, 280—281, 287—289, 294, 296—297,

299, 300—302, 308—309, 318, 324, 330—332, 344, 346—349, 353—356, 361—363, 383—385, 387, 389—398, 402—404, 407—408, 410, 414, 416—424, 428, 439—440, 442—443, 447—449, 452, 456, 463, 464
Фризен (Frisen L. J.) 117, 27, 128, 148, 178, 183, 187, 190, 192—194, 196, 267, 392, 411, 413, 442, 463

Хайнзеллер (Heinzeller T.) 290, 310—311, 470
Халл. (Hull D. L.) 31, 75, 466
Хардин (Hardin Garrett) 32, 35, 466
Харрис (Harris Sidney) 284
Хейльмен Джек (Hailman Jack) 384, 385, 387, 438, 463, 465
Хенкель (Henkel C.) 133, 466
Хинери Мишель (Henerey Michael) 356, 465
Холдэйн (Haldane J. B. S.) 330
Хольдоблер (Holldobler Bert) 256
Хэкинг (Hacking Ian) 45, 73, 366, 368, 465

Чедвик (Chadwick Leigh) 330
Чемберлин (Chamberlin Thomas Chrowder) 72, 76—77, 81, 114, 150, 197, 219, 221, 323, 327, 461
Чарлтон (Charlton R. E.) 122, 461

Шнейрла (Schneirla T. C.) 106
Шпитцнер (Spitzner Ernst) 35, 58, 85, 273
Шрикер (Schricker Burkhardt) 296—297, 414, 471
Штернберг (Sternberg R. J.) 315, 472

Элтрингем (Eltringham H.) 96
Эмери (Emery J.) 94, 462
Эш (Esch Harald) 127, 128, 148, 160, 183, 225, 270—271, 296, 343, 413, 462

Юм Дэвид (Hume David) 177, 376

Янг (Young David) 69, 386, 273
Яндер (Jander R.) 138, 417, 420, 464

Адриан Веннер, Патрик Уэллс

АНАТОМИЯ НАУЧНОГО ПРОТИВОСТОЯНИЯ. ЕСТЬ ЛИ «ЯЗЫК» У ПЧЕЛ?

Издатель А. Кошелев

Корректор Н. Полякова
Оригинал-макет подготовлен Е. Андреевой
Художественное оформление переплета С. Жигалкина

Подписано в печать 01.08.2011. Формат 60×90 $^{1}/_{16}$.
Бумага офсетная № 1, печать офсетная. Гарнитура Times.
Усл. печ. л. 30,5. Тираж 400. Заказ №

Издательство «Языки славянских культур»
№ госрегистрации 1037739118449
Phone: **959-52-60** E-mail: **Lrc.phouse@gmail.com**
Site: **http://www.lrc-press.ru, http://www.lrc-lib.ru**