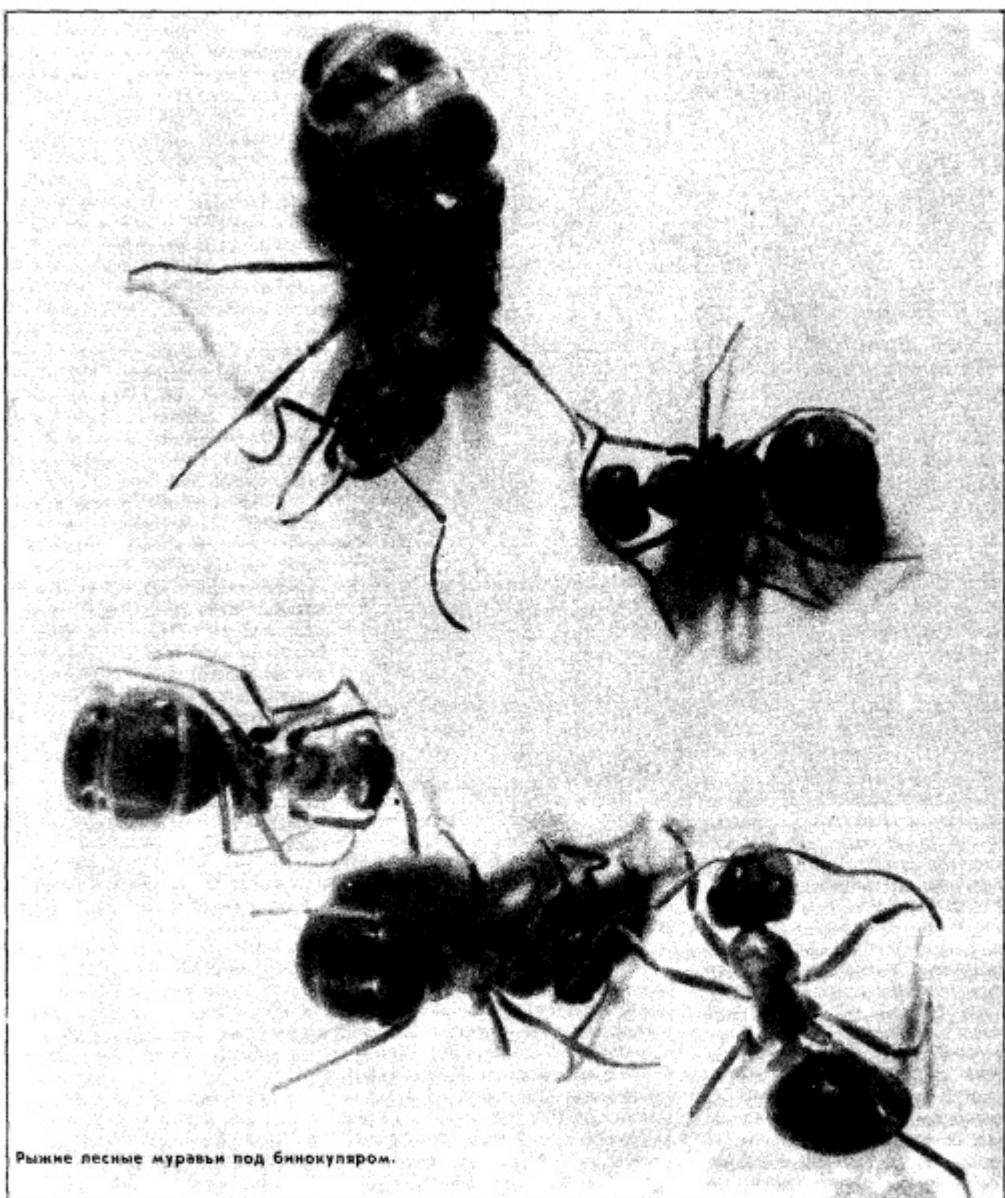


ЯЗЫК МУРАВЬЕВ И

ТЕОРИЯ

Ж.И.Резникова, Б.Я.Рябко



Рыжие лесные муравьи под бинокуляром.

Жанна Ильинична Резникова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии насекомых Биологического института СО АН СССР. Окончила факультет естественных наук Новосибирского государственного университета в 1972 г. Основные работы посвящены поведению и экологии муравьев. Монография: Межвидовые отношения муравьев. Новосибирск, 1983.

Борис Яковлевич Рябко, кандидат физико-математических наук, центр Новосибирского электротехнического института связи. Закончил механико-математический факультет того же университета в 1971 г. Основные научные интересы связаны с теорией информации, математической биологией и кибернетикой.

ЯЗЫК ЖИВОТНЫХ СОМНЕНИЯ

Огромные муравьи вызывают невольное уважение и наблюдал. На память приходили детские книги, рассказы о лошадях, фермах и их зеленых полях, о муравьях-«пограничных»: они гнездятся из листьев, в садах, разводимых на расах, о муравьях-«рабовладельцах». Все это наводит на мысль о развитии интеллекта¹.

Рыжие лесные муравьи, пространенные в нашей стране почти каждому, поражают меньше, чем их тропические собратья. Статочно взглянуть на их длину 100 м, с двухсторонними различными зонами: наконец, на сам муравейник, структурированную постройку,

¹ Об интеллекте общественных насекомых — Поршняков Г. А. // Зоология. 1968. Т. 47. С. 362—379.

ЕВ И ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ

Жанна Ильинична Розникова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии насекомых Биологического института СО АН СССР. Окончила факультет естественных наук Новосибирского государственного университета в 1972 г. Основные работы посвящены поведению и экологии муравьев. Монография: Межвидовые отношения муравьев. Новосибирск, 1983.

Борис Яковлевич Рябко, кандидат физико-математических наук, доцент Новосибирского электротехнического института связи. Закончил механико-математический факультет того же университета в 1971 г. Основные научные интересы связаны с теорией информации, математической биологией и кибернетикой.



ЯЗЫК ЖИВОТНЫХ — ЗНАНИЯ И СОМНЕНИЯ

Огромные муравьиные «города» вызывают невольное уважение у каждого, кто их наблюдал. На память приходят прочитанные в детстве книги, рассказы о муравьиных «млекочных фермах» и их зеленых коровах — тлях, о муравьях-«портных», которые шивают гнезда из листьев, о хозяевах грибных садов, разводимых на специальных террасах, о муравьях-«рабовладельцах» и т. п. Все это наводит на мысль о наличии у муравьев развитого интеллекта¹.

Рыжие лесные муравьи, широко распространенные в нашей стране и известные почти каждому, поражают воображение не меньше, чем их тропические собратья. Достаточно взглянуть на их дороги длиной до 100 м, с двухсторонним движением и четко разграниченными зонами использования и, наконец, на сам муравейник — сложно сконструированную постройку, в которой могут

¹ Об интеллекте общественных насекомых см.: Мазотин-Поршняков Г. А. // Энтомол. обозрение. 1968. Т. 47. С. 362—379.

Э «Природа» № 6

обитать до 5 млн жителей с личинками и коконами. Такая семья может жить на одном месте до 200 лет, постоянно возобновляя постройку и сеть дорог.

Для функционирования такого сообщества необходимы координированные совместные действия его членов. Невольно возникает вопрос, как общаются муравьи между собой — нет ли у них языка?

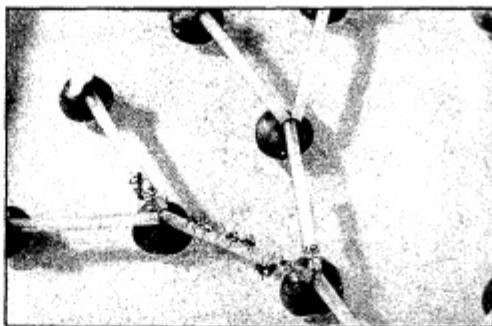
Мысль о необходимости языка для общения при сложной групповой работе, пожалуй, нагляднее всего выражена в легенде о Вавилонской башне: чтобы помешать ее постройке, бог избрал остроумный способ — он «смешал языки», строители перестали понимать друг друга, и совместная работа стала невозможной.

О существовании языка муравьев высказывались многие зоологи. Еще в 1899 г. немецкий зоолог Е. Васман предложил гипотезу так называемого антеннального кода — своеобразного языка жестов, основанного на тонких движениях антенн (усиков). Однако до недавнего времени, несмотря на значительный интерес исследователей, существование языка у муравьев оставалось недоказанным. Примерно так же обстоит дело с языком таких социальных животных, как

высшие обезьяны, дельфины, термиты, пчелы и другие. Правда, в этом ряду есть два исключения. К. Фриш в 1923 г. доказал существование языка у пчел, хотя и довольно просто: они могут передать сведения только о расстоянии до места взятка и о направлении полета. Но в последние годы наличие даже такого простого языка пчел некоторыми зоологами подвергается сомнению². Другое исключение — блестящие опыты американских исследователей Б. и Р. Гарднеров, обучивших шимпанзе началам языка жестов, которым пользуются глухонемые. На этом языке обезьяны способны описывать новые ситуации, комбинируя знакомые слова и понятия, а также шутить и ругаться. В последнее время показано, что они могут обучать этому языку своих детенышей. Подчеркнем парадоксальность ситуации: высшие обезьяны довольно легко освоили искусственный для них язык, придуманный человеком, но попытки человека обнаружить и расшифровать их естественный язык до сих пор ничего не дали.

Нам кажется, что основная причина этих неудач — методологическая. Большинство зоологов, изучавших язык животных, явно или неявно подражали лингвистам, пытаясь составить что-то вроде англо-обезьяньего словаря или, скажем, русско-термитного, но не смогли этого сделать. Иначе говоря, попытки непосредственной расшифровки языка общественных животных оказались безуспешными. Ясно, что прежде чем заняться прямой расшифровкой языка, необходимо проникнуть во внутренний мир его носителей, понять, о чем они «говорят». Представим, что мы наблюдаем действия японцев во время чайной церемонии и пытаемся по произносимым словам и совершающим действиям составить японско-русский словарь. При этом наблюдатель не понимает смысла большинства действий, не знает, где начинаются и кончаются слоги и фразы, одно и то же слово, произносимое разными лицами, может воспринимать как разные слова и, наоборот, несколько слов принимать за одно. По-видимому, из таких наблюдений составить словарь невозможно.

Зоолог, пытающийся понять «разговор» животных, находится в неизмеримо худшем положении. Ко всем указанным трудностям добавляется еще незнание того, какие звуки и жесты имеют отношение к языку, а какие — нет, а также масса технических



Муравьи-фуражиры на «бинарном дереве».

трудностей, связанных с высокой подвижностью животных, сложностью проведения наблюдений в естественной обстановке и частой недоступностью сигналов для непосредственного человеческого восприятия. По-видимому, из-за этих трудностей языки таких социальных животных, как обезьяны, дельфины, муравьи и термиты, не были расшифрованы и, более того, неизвестно, существует ли у них язык.

Не все исследователи пытались составлять словари. Были и попытки подойти к изучению языка, анализируя способность животных передавать друг другу сколько-нибудь разнообразную информацию. Например, американский зоопсихолог Е. Мензел выяснял в своих опытах, могут ли шимпанзе сообщать друг другу сведения о тайнике с пищей. Оказалось, что обезьяны передают довольно разнообразные данные о положении тайника и даже о его содержимом — овощи в нем или фрукты, много их или мало. Одни исследователи считают, что эти опыты доказывают наличие языка у обезьян, другие придерживаются противоположного мнения. Подчеркнем, что обнаружить какие-либо «негрографии» языка в опытах не удалось. Сам Мензел предполагал, что обезьяны передают сведения тонкими мимическими движениями, изменениями в походке и т. п.

Так доказывают ли опыты Мензела существование естественного языка у шимпанзе? Ответ на этот вопрос непрост, поскольку нет общепринятого определения языка животных. Большинство определений требуют, чтобы язык обладал очень большим, практически неограниченным запасом потенциально возможных фраз или сообщений. Мы считаем, что кроме этого свойства язык должен обладать еще одним: размер сообщения должен быть пропорционален количеству ин-

Язык муравьев и теория информации

формации в нем. Появление введенного К. Ш годов строгого понятия «максимальная информация» было исследовательские языки человека и всех этих языках длина максимальна количеству информации, содержащейся в книге. Это означает, что книга может содержать больше сведений, чем

Что же такое информационный результат? Проделаем опыт «орел или решка». Возможны два равновероятных исхода: орел или решка. Необходимо, чтобы вероятность каждого исхода была равна 1/2 (бит информации). Если нам результат такого опыта равен 1 биту информации. Вообще, если известны вероятности двух равновероятных исходов, то мы можем определить информацию. Например, если известно, что знакомый живет в доме № 1, то вероятность найти знакомого на 1/8. Если кто-нибудь с этими данными будет знать номер квартиры, то, в соответствии с формулой, он передаст информацию. В этом случае информация каждого сообщения — сообщение о том, что живет на первом этаже, третий этаж — об обитателе на лестничной площадке.

На рассмотренном примере основана современная построения систем связи (работа Шеннона так и математическая теория связи), в которой оказалось, что это фундаментальную роль играет лингвистике и других областях.

Исходя из этих предположений, мы можем исследовать систему муравьев как средство передачи информации — конкретной, количественной величины.

МУРАВЬИ В ЛАБИРИНТЕ

В наших опытах мы изучали, что пищевую информацию пищевую пищу лишь в том случае, когда давали друг другу задания.

² Введение в теорию информации в книге: Яблонский А. М., Яблонская Е. М. Информация. М., 1973.

формации в нем. Поясним это требование. После введенного К. Шенноном в конце 40-х годов строгого понятия «количество информации» были исследованы многие естественные языки человека и обнаружено, что во всех этих языках длина сообщения пропорциональна количеству информации, в нем содержащейся. Это означает, что на двух страницах книги можно разместить в два раза больше сведений, чем на одной.

Что же такое информация по Шеннону? Проделаем опыт «корел или решка»: в нем возможны два равновероятных исхода — подброшенная монета падает вверх гербом или вверх цифрой. Неопределенность этого опыта равна 1 биту (бит — единица измерения информации). Если кто-нибудь сообщает нам результат такого опыта, он передаст 1 бит информации. Вообще, если опыт имеет p равновероятных исходов и нам сообщают его результат, то мы получаем $\log_2 p$ битов информации. Например, мы знаем, что наш знакомый живет в доме, у которого 2 подъезда, 2 этажа и 2 квартиры на каждой лестничной площадке, но не знаем номера квартир. Очевидно, что в этом доме 8 квартир, и вероятность найти знакомого в любой из них равна 1/8. Если кто-нибудь сообщает нам номер этой квартиры, то, в соответствии с приведенной формулой, он передаст нам $\log_2 8 = 3$ бита информации. В этом случае легко понять происхождение каждого из трех битов: первый — сообщение о подъезде, второй — об этаже, третий — об одной из двух квартир на лестничной площадке.

На рассмотренном понятии информации основана современная теория и практика построения систем связи (основополагающая работа Шеннона так и называлась: «Математическая теория связи», М., 1963). В дальнейшем оказалось, что эта же величина играет фундаментальную роль в психологии, лингвистике и других областях³.

Исходя из этих представлений, мы решили исследовать систему коммуникации муравьев как средство передачи информации — конкретной, количественно измеримой величины.

МУРАВЬИ В ЛАБИРИНТЕ

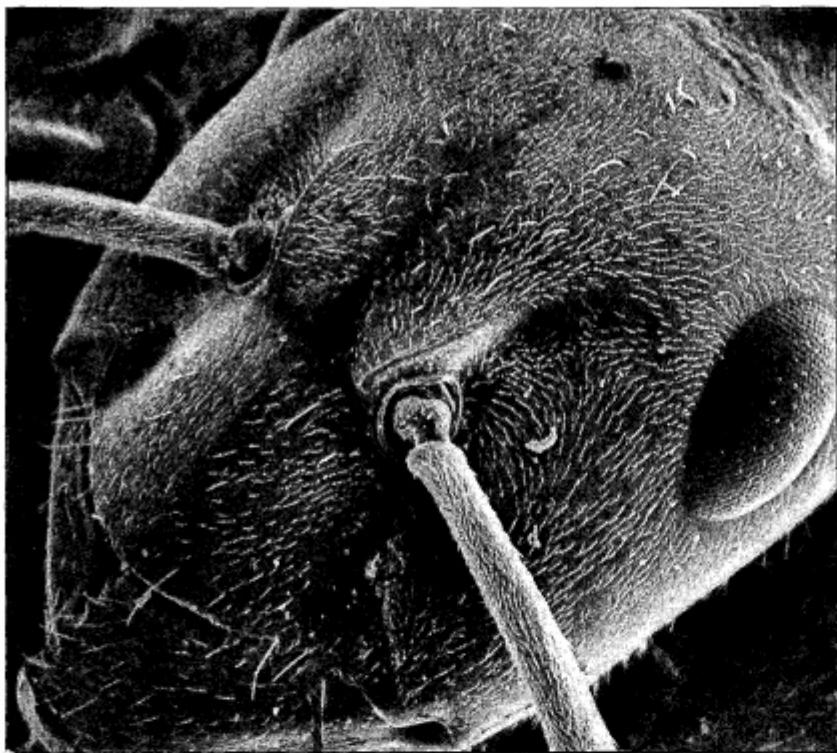
В наших опытах муравьи могли получить пищу лишь в том случае, если они передавали друг другу заданное эксперимента-

тором количество информации. Для этого муравьи помещали в лабиринт разной сложности, названный нами «бинарным деревом». В простейшем случае он состоял из одной развилки, в вершинах которой находились кормушки: одна пустая, другая — с сиропом — приманка. Чтобы найти ее, муравьи должны были передать друг другу сведения «иди налево» или «иди направо», т. е. 1 бит информации. Максимальное число развилок в наших опытах доходило до 6, и только в вершине одной из них находилась кормушка с сиропом, остальные были пустыми. В таких опытах муравьи могли быстро отыскать корм, если получали сведения о последовательности поворотов типа «ЛПЛПЛП» (налево, направо и т. д.). При шести развилках в лабиринте муравьям необходимо было передать 6 битов информации, т. е. сведения о шести поворотах на пути к кормушке.

Все 5 видов подопытных муравьев (от 100 до 600 особей в семье) содержались в прозрачных гнездах из оргстекла на больших лабораторных аренах, и мы могли наблюдать любые контакты между насекомыми. Чтобы знать муравьев «в лицо», мы метили каждого индивидуальной цветной меткой. Первое, что выяснилось, — рабочие муравьи делятся на разведчиков и фуражиров. Разведчики, найдя пищу, привлекали к ней свою относительно постоянную группу из 5—8 фуражиров. В эксперименте муравьи получали пищу раз в 3 дня и только в лабиринте, т. е. их поиски стимулировались голodom. Лабиринт монтировался из спичек или из пластиковых стержней и укреплялся в кювете с водой, чтобы муравьи не могли двигаться по прямой, а в исходный пункт лабиринта попадали бы по мостику. Муравьи, находящиеся на арене, не могли наблюдать за действиями разведчика в лабиринте. Чтобы полностью исключить маркировку пути пахучим следом, мы во всех опытах заменяли «дорожки» лабиринта на новые, как только они оказывались свободными от муравьев. В одной из серий опытов заменился весь лабиринт в то время, когда прошедший по нему разведчик «общался» с фуражирами в гнезде. Более того, в этом новом лабиринте были только пустые кормушки, следовательно, ориентация по запаху самого сахарного сиропа была тоже исключена.

В каждом сеансе измерялась общая длительность контактов разведчиков с фуражирами в гнезде после возвращения туда разведчиков, обнаруживших пищу. Чтобы выяснить, действительно ли необходим контакт для передачи информации, анализировали только те случаи, когда муравьи-фура-

³ Введение в теорию информации и ее приложения дается в книге: Яглом А. М., Яглом И. М. Вероятность и информация. М., 1973.



Портрет муравья крупным планом.

жиры, отправившиеся за пищей, были лишены возможности подражать действиям разведчика: либо группа фуражиров двигалась далеко впереди него, либо сам разведчик был изолирован после контакта с фуражирами.

Выяснилось, что по способности запоминать и передавать информацию разведчики различаются. «Бестолковые» разведчики не могут сообщить правильную информацию, поэтому направляемые ими группы фуражиров идут по неверному пути и, как правило, возвращаются в гнездо, не достигнув цели. Естественно, что от таких разведчиков мы отказались, а использовали в нескольких сеансах «перспективных» разведчиков и группы «работающих» с ними фуражиров. Такие разведчики не только сразу запоминали дорогу, но и сравнительно легко переучивались, когда в ходе сеанса менялось направление к приманке, т. е. ее представляли на вершину другой ветви того же «бинарного дерева». Разведчиков, отобранных в первых, более простых опытах, в дальнейшем мы просто сажали на вершины с приманкой. Прежде чем мобилизовать свою

группу, разведчик совершал один-два, а иногда и больше рейсов от приманки до гнезда, запоминая путь. Наблюдая за его возбужденными действиями и получая от него пищу, группа фуражиров постепенно подтягивалась к выходу. Началом антеннального контакта разведчика с фуражирами мы считали прикосновение разведчика к первому муравью, а окончанием — выход из гнезда первых трех фуражиров.

После такого контакта фуражиры компактной группой безошибочно направлялись к приманке. Случалось, тот или иной муравей уклонялся на ложный путь, но довольно быстро возвращался к своей группе. Если же на сеанс случайно попадали фуражиры другой группы или даже опытные разведчики, но не знакомые с координатами кормушки в идущем опыте, никому из них не удавалось обнаружить приманку в лабиринте даже с тремя развилками. Это позволяет исключить действие каких-либо иных способов ориентации, кроме использования сведений, сообщенных разведчиком.

В наших опытах с «бинарным деревом» количество информации (в битах), не-

обходимое для выбора в лабиринте, равно числу положили, что время k с группой фуражиров a_i+b , где i — число разведчика, a — коэффициент пропорциональности передачи информации в минуту, b — постоянство, потому что муравьи не имеют информации, не имеющейся в поставленной задаче (известно, что муравьи оценивались параметром линейной регрессии a и бинарный коэффициент b).

Оказалось, что у группы фуражиров зависимость между временем разведчика с фуражирами и даваемой информации близка к линейной, о чём большое значение имеет коэффициент корреляции. У вида Camponotus saxatilis, эти значения не являются стантами и могут варьироваться.

Одной из важнейших функций языка и интеллекта его считать способность быстрым и точным использованием, «сжатия» информации сообщения о некотором

Семейное гнездо — муравейник — это огромная колония, насчитывающая миллионы и даже миллиарды особей.



ет му-
крупным
м.

обходимое для выбора правильного пути в лабиринте, равно числу развилок. Мы предположили, что время контакта t разведчика с группой фуражиров должно быть равно $a_i + b$, где i — число развлок, а — коэффициент пропорциональности, равный скорости передачи информации (число битов в минуту), b — постоянная. Ее мы вводим потому, что муравьи могут передавать информацию, не имеющую прямого отношения к поставленной задаче, например сигнализировать «есть пища». По полученным данным оценивались параметры уравнения линейной регрессии a и b , вычислялся выборочный коэффициент корреляции.

Оказалось, что у трех видов муравьев с групповой организацией доставки пищи зависимость между временем контакта разведчика с фуражирами и количеством передаваемой информации (числом развлок) близка к линейной, о чем свидетельствует большое значение выборочных коэффициентов корреляции. У вида *Formica sanguinea* скорость передачи информации, т. е. величина a , равна 0,738 бит/мин, у *F. polyctena* — 1,094, у *Camponotus saxatilis* — 1,189. Вероятно, эти значения не являются видовыми константами и могут варьировать.

Одной из важнейших характеристик языка и интеллекта его носителей следует считать способность быстро подмечать закономерности и использовать их для кодирования, «сжатия» информации. Тогда размер сообщения о некотором объекте или явле-

нии должен быть тем меньше, чем они проще, т. е. чем больше в них закономерностей. Например, человеку легче запомнить и передать последовательность поворотов на пути к цели «ЛПЛПЛПЛПЛП» (налево, направо и т. д.), чем более короткую, но менее закономерную последовательность «ПЛЛЛППЛП». Оказалось, что язык муравьев и их «интеллекты» позволяют использовать простые закономерности текста для его сжатия (здесь «текст» — последовательность поворотов на пути к кормушке).

Примечательно, что муравьи начинают «сжимать» информацию только при достаточно больших текстах, т. е. начиная с 4—5 развлок. Время, затраченное разведчиками на передачу информации о «закономерных» последовательностях поворотов было значительно меньше затраченного на передачу «случайного» текста (см. таблицу). Например, чтобы передать последовательность «ЛЛЛЛЛЛ» им нужно было вдвое меньше времени, чем последовательность «ПЛПППЛ». В общем случае время передачи сведений росло по мере усложнения текста — случайности в последовательности поворотов к кормушке.

Кроме определения количества информации, данного Шенноном и основанного на теоретико-вероятностном подходе, есть алгоритмическое определение информации и сложности, принадлежащее А. Н. Колмогорову. Это определение относится к словам (текстам), составленным из букв некоторого алфавита, например, состоящего из двух

и-два, а
манки до
а его воз-
я от него
но подтя-
ннального
и мы счи-
первому
из гнезда

киры ком-
правлялись
ной мура-
довольно
е. Если же
киры дру-
разведчики,
кормушки
не удава-
ните даже
т исклю-
собов ори-
дений, со-

чным дер-
битах), не

Семейное гнездо — муравейник — это огромная колония, насчитывающая миллионы и даже миллиарды особей.



Время, затраченное муравьями-разведчиками на передачу информации фуражирам [1—8 — «закономерные» последовательности поворотов к кормушке, 9—15 — «случайные»]

№ п/п	Последовательность поворотов к кормушке	Среднее время, с	Количество опытов
1	ЛЛЛ	72	18
2	ППП	75	15
3	ЛЛЛЛЛ	84	9
4	ППППП	78	10
5	ЛЛЛЛЛЛ	90	8
6	ПППППП	88	5
7	ЛЛЛЛЛЛ	130	4
8	ПППППЛ	135	8
9	ЛЛП	69	12
10	ЛЛЛЛ	100	10
11	ППЛЛП	120	6
12	ППЛЛПЛ	150	8
13	ПППППЛ	180	6
14	ПППППП	220	7
15	ЛПЛЛПЛ	200	5

букв: Л, П. Сложность (и неопределенность) слова равна длине его наименьшего описания. Например, слово «ЛЛЛЛЛЛЛЛ» может быть описано как «8 Л», т. е. довольно коротко. Сложность и неопределенность его невелика, это слово несет немного информации. Точное и популярное изложение этих вопросов можно найти в статье К. Якобса⁴. Здесь же для нас важно, что муравьи передают друг другу сообщение тем дольше, чем оно несет больше информации «по Колмогорову».

Отметим еще одно чрезвычайно важное обстоятельство, которое говорит о «социальных корнях» муравьиного языка. Можно полагать, что этот язык не является полностью врожденным, а в значительной мере определяется «культурными традициями» семьи. Это выяснилось в опытах с муравьями, воспитанными в изоляции с момента выхода из коконов. Они были достаточно активны в поиске пищи, справлялись со всеми лабораторными тестами, включая обучение в лабиринте. Однако к двухмесячному возрасту, когда их собратья, воспитанные в общем лабораторном гнезде, объединялись в фуражирные группы или даже «делали карьеру», становясь разведчиками, муравьи, выросшие в изоляции, не были способны общаться с другими и действовать группами.

⁴ Якобс К. Машины Тьюринга и случайные 0—1 последовательности // Машины Тьюринга и рекурсивные функции. М., 1972.

У большой группы таких муравьев (200 особей), проживших вместе полгода, эти свойства сохранились на протяжении всего времени⁵.

Итак, в опытах выяснилось, что муравьи способны передавать друг другу довольно много различных сообщений, а время передачи сообщения пропорционально количеству информации в нем⁶. На этом основании мы считаем, что систему коммуникации муравьев можно назвать языком. Чтобы не побудить читателей к немедленным попыткам установления контакта с «младшими братьями по разуму», отметим, что скорость передачи информации у муравьев несравненно ниже, чем у человека: у муравьев — около 1 бит/мин, у человека — по крайней мере на порядок больше.

ЗАЧЕМ МУРАВЬЯМ НУЖЕН ЯЗЫК?

Среди огромного числа видов муравьев (их около 6 тыс.) подавляющее большинство

стvo не нуждается в видах в естественны: одиночные фураж семьи ведет активны мовом участке, спроектирующими задачами действует через подконечно, «сообразит» акции и хороший и обмена информацией большая группа видов след, с помощью коих разведчики мобилизуют пассивных фуражей группы видов ради ограничена дальность возможностью проложить шом расстояния. Это не на численность правило, она насчитывает скольких тысяч особей.

В наших опытах муравьи действовали в сработали 3—5 муравьев до 15 рейсов за день. нали дорогу в сложных способами привлекать муравьев другого вида — зуясь паучим следом, и до 200 фуражиров, но смешного лабиринта лишьставляя след, они действующие фуражиры.

Лиши немногие виды высшего уровня социальных семейственных гнездо с большой муравейник, отсыпь разветвленных дорожек между точками «станиц» гнезда со временем разрастается огромные колонии уже не миллионы, а эти муравьиные «приматы» имеют естественных врагов, симильяно возможного логического прогресса. Организации, способны к организаций, способны к на территории действуют «живущие» группы, включающие разведчиков⁷.

⁵ Харьков В. А., Бородин Г. П. Фуражировка активности семьи *Formica polyctena*, воспитанной в контакте со взрослыми особями // Муравьи из леса. Тез. докл. 8-го Всесоюзного мирмекологического симпозиума. Новосибирск, 1987. С. 22.

⁶ Резникова Ж. И. // Доклады АН СССР. Т. 280. № 5. С. 761—763; Резникова Ж. И., Рябко Б. Я. // Проблемы психологии. 1986. Т. 22. № 3. С. 103—107.

ство не нуждается в развитом языке. Многие виды в естественных условиях действуют как одиночные фуражиры: небольшая часть семьи ведет активный поиск добычи на кормовом участке, справляясь со всеми возникающими задачами в одиночку или взаимодействуя через подражание. Это требует, конечно, «сообразительности», быстрой реакции и хорошей памяти, но не требует обмена информацией. Другая, довольно большая группа видов, использует пахучий след, с помощью которого немногочисленные разведчики мобилизуют на поиск пищи массу пассивных фуражиров. Для той и другой группы видов радиус кормового участка ограничен дальностью рейсов или невозможностью проложить пахучий след на большом расстоянии. Это накладывает ограничение на численность семьи таких видов; как правило, она насчитывает от сотен до нескольких тысяч особей.

В наших опытах муравьи вида *F. cunicularia* действовали в одиночку. В лабиринте работали 3—5 муравьев, которые совершали до 15 рейсов за день. Они быстро запоминали дорогу в сложных ситуациях, но не были способны привлекать фуражиров из гнезда. Муравьи другого вида — *Mutilla rubra*, пользуясь пахучим следом, привлекали из гнезда до 200 фуражиров, но если их с помощью сменного лабиринта лишали возможности оставлять след, они действовали как одиночные фуражиры.

Лишь немногие виды муравьев достигли высшего уровня социальной организации, их семейное гнездо представляет собой большой муравейник, от которого отходит сеть разветвленных дорог, снабженных промежуточными «стационарами». Материнское гнездо со временем растет, дает отводки, и возникают огромные колонии, насчитывающие уже не миллионы, а миллиарды особей. Эти муравьиные «приматы» фактически не имеют естественных врагов и достигли максимально возможного для муравьев биологического прогресса. Они сильны своей организацией, способны к групповой охоте, а на территории действуют хорошо «сработавшиеся» группы, включающие фуражиров и разведчиков⁷.

⁷ О структурных уровнях социальной организации муравьев, росте и развитии их семей см.: Захаров А. А. Внутривидовые отношения муравьев. М., 1972.

Муравьи именно этих видов в наших опытах продемонстрировали способность к обмену информацией, передаче сложных «текстов» и даже к улавливанию закономерностей. Другие же виды, также исследованные нами, не были способны передавать информацию. Таким образом, налицо прямая связь между способностью к обмену информацией и биологическим прогрессом видов у муравьев.

В заключение хотелось бы отметить, что предложенный метод исследования языка животных может быть применен не только к муравьям, но и к другим общественным животным — дельфинам, обезьянам, термитам. При этом, разумеется, техника экспериментов должна быть изменена с учетом особенностей поведения и размеров объектов исследования.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Об общественных насекомых:

Длусский Г. М. МУРАВЬИ РОДА ФОРМИКА. М.: Наука, 1967.

Лопатина Н. Г. СИГНАЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В СЕМЬЕ МЕДОНОСНОЙ ПЧЕЛЫ. Л.: Наука, 1971.
Захаров А. А. МУРАВЕЙ, СЕМЬЯ, КОЛОНИЯ. М.: Наука, 1978.

Длусский Г. М., Букин А. П. ЗНАКОМЬТЕСЬ, МУРАВЬИ! М.: Наука, 1986.

Брайен М. ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАСЕКОМОЕ. М.: Мир, 1987.

О поведении и коммуникации животных:

Линдцен Ю. ОБЕЗЬЯНЫ, ЧЕЛОВЕК И ЯЗЫК. М.: Мир, 1981.

Менninger О. ПОВЕДЕНИЕ ЖИВОТНЫХ. М.: Мир, 1982.

Панов Е. Н. ЗНАКИ, СИМВОЛЫ, ЯЗЫКИ. М.: Наука, 1983.

ев (200 осо-
а, эти свой-
+ всего врем-

что муравьи
гу довольно
время переве-
нь количе-
том основа-
коммюника-
зиком. Чтобы
зленным по-
«младшим»
что скорость
зьев не срав-
муравьев —
по крайней

ЖЕН ЯЗЫК

идов мура-
дее больши

Фуражировоч-
ной био-
спитанной би-
уравьи и защи-
мирумекологии
17. С. 207—210.
АН СССР, 1970.
икова Ж. И.
и информации