



ЮРГЕН ТАУЦ

**БИОЛОГИЯ
СУПЕРОРГАНИЗМА**

ФЕНОМЕН МЕДОНОСНОЙ ПЧЕЛЫ

С ФОТОГРАФИЯМИ ХЕЛЬГИ Р. ХАЙЛЬМАНН

Юрген Тауц

Феномен медоносной пчелы.

Биология суперорганизма

Текст предоставлен правообладателем

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=35508119

*Феномен медоносной пчелы. Биология суперорганизма: Азбука-Аттикус, КоЛибри; Москва; 2018
ISBN 978-5-389-15221-2*

Аннотация

Почему ученые называют пчелиную колонию млекопитающим во множестве тел? В чем секрет исключительных успехов и превосходных качеств медоносных пчел – «самых домашних» из всех насекомых? Что обусловило их уникальность и важность для поддержания биологического разнообразия в природе? В переведенной на десять языков книге ведущего немецкого этолога и социобиолога Юргена Тауца раскрываются эти и многие другие тайны жизни как отдельных пчел, так и целого суперорганизма пчелиной колонии, основанного на сложном взаимодействии физических, химических и биологических процессов. Шаг за шагом автор исследует глубины пчелиной природы, а потрясающие фотографии придают изданию особое эстетическое очарование. «Для современного человека пчелы – не только важнейшие помощники в сельском хозяйстве, но и индикаторы

состояния окружающей среды и свидетельство ненарушенной связи между человечеством и природой... Чем глубже мы способны проникнуть в скрытую жизнь медоносных пчел, тем сильнее оказываются наше удивление и наше стремление исследовать этот необычайный мир. Если после прочтения этой книги читатель понаблюдает за пчелой чуть дольше обычного и, возможно, припомнит тот или иной замечательный аспект ее жизни, это означает, что мы достигли многого». (Юрген Тауц, Хельга Р. Хайльманн)

Содержание

Пролог	24
Самое маленькое домашнее животное человека: иллюстрированный путеводитель	39
1. Неизбежная пчела	71
Жизнь становится сложной	74
Родословная линия половых клеток	78
Конец ознакомительного фрагмента.	79

Юрген Тауц
Феномен медоносной
пчелы. Биология
суперорганизма

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007

© Волков П.И., перевод на русский язык, 2017

© Издание на русском языке, оформление. ООО «Издательская Группа «Азбука-Аттикус», 2018 КоЛибри®

* * *



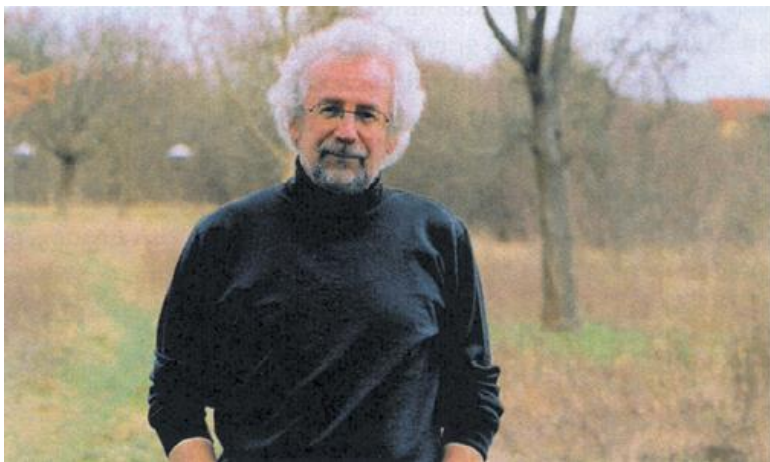


Пчелиная колония — несомненно, самый удивительный способ упорядочения природой вещества и энергии в пространстве и времени.

Посвящается Мартину Линдауэру, наставнику

*вюрцбургской ВЕЕgroup, великолепному ученому и
прекрасному человеку*

Автор



Юрген Тауц – профессор Института поведенческой физиологии и социобиологии Вюрцбургского университета, где он возглавляет группу ВЕЕgroup. У него и его команды есть две основные цели: фундаментальные исследования биологии медоносных пчел и распространение знаний о пчелах среди широкой аудитории. В течение последних 15 лет Юрген Тауц внес свой вклад в значительное число открытий,

которые существенно изменили наш взгляд на биологию медоносной пчелы. Работы, опубликованные в передовых научных журналах (Proceedings of the National Academy of the USA (PNAS), темы номера в журналах Science и Nature), снискали ему славу пятого по частоте цитирования специалиста в области биологии поведения.

Однако самые высокие почести достались ему благодаря дидактическим способностям. Его университетские лекции, делающие понятными даже самые сложные принципы, студенты помнят еще долго после их прочтения, а публичные лекции, которых он провел очень много, всегда собирали полные залы восторженной аудитории. Его заметки и популярные лекции по биологии организмов дважды высоко оценивала Европейская организация молекулярной биологии (EMBO) – в 2005 и 2007 годах. Его признали одним из лучших популяризаторов науки в Европе.

Талантливый популяризатор и передовой ученый, Юрген Тауц имеет много общего с Карлом Саганом, Ричардом П. Фейнманом, Конрадом Лоренцем, Винсом Детье и другими людьми, которые стали знаменитыми благодаря своей работе по популяризации науки и делали ее доступной для всех.

BEEgroup

Биоцентр Вюрцбургского университета

Am Hubland

97074 Würzburg

Germany

e-mail: tautz@biozentrum.uni-wuerzburg.de

Фотограф

Хельга Р. Хайльманн – фотограф, работает в основной исследовательской команде BEEgroup в биоцентре Вюрцбургского университета. Она поддерживает связи BEEgroup с общественностью.

BEEgroup

Биоцентр Вюрцбургского университета

Am Hubland

97074 Wurzburg

Germany

Переводчик для английского издания

Дэвид К. Сандеман сделал долгую и успешную карьеру специалиста в области сравнительной нейробиологии, интересовался анатомией и физиологией нервных контролирующих систем, лежащих в основе рефлексного и компенсаторного поведения у насекомых и ракообразных. Он получил свои первые ученые степени в Натальском университете, Южная Африка, и поступил в докторантуру в Сент-

Эндрюсском университете, Шотландия; за этим последовал период постдокторантуры в Калифорнийском университете, Лос-Анджелес. Вернувшись в Шотландию, Дэвид К. Сандеман читал лекции по зоологии в Сент-Эндрюсском университете.

Через четыре года он уехал в Австралию, чтобы вступить в Товарищество исследовательской школы биологических наук в Австралийском национальном университете в Канберре и в 1982 году был назначен на кафедру зоологии в Университете Нового Южного Уэльса в Сиднее.

Результатом его сотрудничества с Юргеном Тауцем в этот период стали некоторые первоначальные данные о вибрации пчелиных сотов, описанные в этой книге. Уволившись из Сиднея и переехав в Германию в 2002 году, Дэвид К. Сандеман продолжил свои научные исследования и в настоящее время является научным сотрудником в колледже Уэллсли, США, где входит в команду, изучающую образование новых нейронов в мозге взрослых ракообразных. Он проживает в Германии, у него две дочери, одна в Австралии и одна в США, и шестеро внуков.

Neuroscience Program
Колледж Уэллсли
106 Central Street
Wellesley MA 02481
USA

e-mail: dsandema@wellesley.edu



Предисловие к английскому изданию

Эта книга, уже переведенная на десять языков, на первый взгляд может показаться посвященной исключительно ме-
доносным пчелам и их биологии. Однако в ней содержится множество более глубоких посылов, связанных с некоторыми основополагающими и важными принципами современной биологии. Пчелы – это всего лишь актеры, которые уведут нас в царство физиологии, генетики, воспроизводства, биофизики и обучения, и это откроет нам принципы естественного отбора, лежащего в основе эволюции от простых форм жизни к сложным. Книга разрушает умильное представление о пчелах как об антропоморфизованном образе трудолюбивых, самоотверженных индивидуумов и представляет нам реальную действительность колонии как единого и независимого существа – суперорганизма – со своим собственным, слегка жутковатым эмерджентным¹ групповым интеллектом. Мы с удивлением выяснили, что ни одна отдельно взятая пчела – ни матка, ни трутень, ни бесплодная рабочая особь – не осуществляет надзора или контроля над колонией. Вместо этого, при помощи сети интегрированных контролирующих систем и обратных связей, а также

¹ Эмерджентность (системный эффект) – наличие у системы особых свойств, не присущих отдельным ее компонентам, а также простой сумме этих компонентов без учета связей между ними. – *Здесь и далее, если не указано иное, примеч. перев.*

путем взаимодействия между особями, колония приходит к компромиссным решениям снизу вверх посредством своего рода «коллективного разума». И действительно, существуют замечательные параллели между функциональной организацией роящейся колонии медоносных пчел и мозгом позвоночных.

Книга «Феномен медоносной пчелы» адресована многим. Натуралисты получают удовольствие от прекрасных фотографий. Студентам, планирующим изучать биологию, следует читать эту книгу как начальный курс, позволяющий разобраться в принципах, на которых основаны биологические науки, и получить некоторое представление о привлекательности и сложности биологических систем. Пчеловоды найдут здесь научные основы многих особенностей поведения пчел, уже известных им, и некоторые исходные данные, которые могут стать поводом для пересмотра части традиционных приемов пчеловодства. Преподаватели найдут практические наглядные иллюстрации основных биологических принципов и пример интеграции научных дисциплин для понимания биологических систем. Профессиональные биологи получают удовольствие от новых формулировок эволюционных законов, представления пчелиной колонии в виде суперорганизма и последствий отбора родичей и естественного отбора для таких систем. Те, кого пока еще убеждают аргументы креационистов и теория разумного замысла, могут остановиться, чтобы подумать об эмерджентных свой-

ствах самоорганизующихся и адаптивных комплексных систем.

Все мы все сильнее и сильнее ощущаем климатические изменения, которые происходят в нашем мире. Климатические изменения заставляют нас быть в курсе того, какие организмы находятся на грани жизни. Они обладают высокой специализацией к своим нишам, к которым приспособлялись, и даже очень небольшие изменения окружающей среды за сравнительно короткий промежуток времени означают конец для этих форм жизни. Оказавшись не в состоянии произвести достаточно поколений, чтобы воспользоваться преимуществами небольших генетических изменений, которые позволят им вырваться из своей ниши, они вымирают и пополняют длинный список существ, навсегда записанных в «капсуле времени» мира окаменелостей, или в записях, наводящих на горькие раздумья, которые ведет человечество в последнее время. Можно подумать, что организмы, подобные человечеству и медоносным пчелам, способные в определенной степени управлять своим непосредственным окружением, получили бы от этого преимущество. Обладая большими способностями к передвижению, мы можем перемещаться туда, где условия для жизни комфортны, а там, где они не такие, мы строим помещения, где поселяемся и где условия для жизни лучше. Эта мысль обнадеживает, но она, к сожалению, слишком упрощенна и потому может ввести в заблуждение, ведь хитросплетения живой ткани, которая

включает нас и от которой мы зависим, представляют собой нечто гораздо большее. Мы все являемся ее частью, и самая большая угроза – это наше собственное поразительное невежество и бесцеремонное обращение с миром природы, к которому мы принадлежим.

Эксплуатация людьми природных систем без детального понимания их самих и их уязвимости нарушила тонкое равновесие, которое складывалось на протяжении тысячелетий. Если оставить природу в покое, со временем устанавливается новое естественное равновесие, но чаще всего оно оказывается уже не в нашу пользу. Медоносные пчелы важны для нас. Без пчел не будет опыления многих культурных растений. Отсутствие опыления означает, что не будет ни плодов, ни семян, – это просто. Если с медоносными пчелами случится беда, то это будет и наша беда. И уже есть немало поводов утверждать, что медоносные пчелы оказались в беде. Для нас было бы неплохо понимать пчел, а через них получить более широкое представление о величайшей сложности мира природы. Данная книга – хорошая отправная точка для этого.

*Вюрцбург и Лаубах,
январь 2008 г.*

Юрген Тауц, Дэвид К. Сандеман

Предисловие к немецкому изданию

Медоносные пчелы восхищали человечество с начала истории и, вероятно, значительно раньше. Пчел издавна ценили за их мед, а воск был признан природным продуктом особой важности. Упорядоченная общественная жизнь тысяч пчел в колониях и впечатляюще правильная геометрия их сотов возбуждали интерес многих поколений наблюдателей. Для современного человека пчелы – не только важнейшие помощники в сельском хозяйстве, но и индикаторы состояния окружающей среды и свидетельство ненарушенной связи между человечеством и природой.

В течение всего времени и для всех культур, которые их знали, медоносные пчелы – это символы положительных и желательных качеств, таких как гармония, упорный труд и самоотверженность. Современные исследования выявили некоторые особенности природы медоносных пчел, которые могут лишить их этого несколько мифического статуса, но в то же время дают нам глубокое понимание одной из самых удивительных среди известных нам форм жизни.

Цели этой книги – передать обаяние медоносных пчел и в то же время соединить новое понимание с уже существующими знаниями. Нас ждет долгий путь к всеобъемлющему знанию о медоносных пчелах, и немало волнующих открытий еще предстоит сделать. Колонии медоносных пчел об-

ладают множеством общих особенностей с высокоразвитой группой живых организмов (млекопитающими), а с одноклеточными организмами их объединяет понятие бессмертия популяции – вот основная тема книги. Пчелиные колонии объединили стратегии выживания как многоклеточных, так и одноклеточных организмов, и тем самым занимают особое место среди всего живого.

Иллюстрации часто рассказывают больше, чем пространственные словесные описания, особенно в науках о жизни. По этой причине мы решили создать книгу с особым акцентом на чередовании текста и рисунков. Мы преднамеренно, за немногими исключениями, избегали ссылок на научную литературу, авторов и исследователей. Вместо этого мы подготовили для интересующихся читателей сопутствующий веб-сайт <http://www.beegroup.de>, содержащий важные дополнения и общие сведения к каждой главе, будь то ссылки на литературу, адреса в интернете, фотографии, видеоклипы, звуковые файлы и тому подобный материал. Мы регулярно обновляем этот веб-сайт, чтобы поддерживать то передовое состояние знаний, которое отражает эта книга.

Для нас медоносная пчела представляет собой феномен в самом буквальном смысле. Исходное греческое слово φαινόμενο (fenomeno) означает нечто, показывающее себя или появляющееся само, и мы полагаем, что такой термин будет превосходной характеристикой этого так называемого суперорганизма, его природы, демонстрирующей черты

феномена. Шаги, которые мы предпринимаем для раскрытия сути этого суперорганизма, так осторожно открывающего свои тайны, очень малы. Но то, что можно узнать при изучении медоносных пчел, настолько полезно, что стоит каждого из предпринятых усилий.

Чем глубже мы способны проникнуть в скрытую жизнь медоносных пчел, тем сильнее оказываются наше удивление и наше стремление исследовать этот необычайный мир. Карл фон Фриш, великий специалист прошлого в области исследования медоносных пчел, оставил подходящий для этого случая комментарий: «Колония медоносных пчел – словно волшебный колодец: чем больше из него черпаешь, тем полнее он оказывается».

Если после прочтения этой книги читатель понаблюдает за пчелой чуть дольше обычного и, возможно, припомнит тот или иной замечательный аспект ее жизни, это означает, что мы достигли многого.

Мы благодарим членов BEEgroup в Бюрцбурге и команду из издательства Elsevier / Spektrum Akademischer Verlag за их поддержку в подготовке и публикации этой книги.

Бюрцбург,

ноябрь 2006 г.

Юрген Тауц, Хельга Р. Хайльманн





Пролог

Пчелиная колония – млекопитающее во множестве тел

Особенности, которые стали причиной господства млекопитающих, можно обнаружить в сходной комбинации в суперорганизме пчелиной колонии.

В соответствии со всеми обычными критериями медоносные пчелы представляют собой насекомых – в этом нет сомнений. И это было так со времени их появления в своем нынешнем виде примерно 30 млн лет назад. Однако в XIX веке, после замечательного сравнения, сделанного пчеловодом и мебельщиком Йоханнесом Мерингом (1815–1878), им был присвоен «статус» позвоночных. Согласно Мерингу, пчелиная колония – это единое «существо», эквивалентное позвоночному животному. Рабочие пчелы представляют собой органы тела, необходимые для поддержания жизни и пищеварения, тогда как матка и трутни – женские и мужские половые органы.

Концепция приравнивания целой колонии пчел к отдельному животному привела к появлению термина *bien*, означающего «интерпретация индивидуума как органа». Пчелиная колония рассматривалась как неделимое целое, как единый интегрированный живой организм. Основываясь на своей

работе с муравьями, американский биолог Уильям Мортон Уилер (1865–1937) в 1911 году ввел в обращение для этого особого типа живых форм термин «суперорганизм» (происхождение: *лат.* super – над; *греч.* organon – инструмент).

Здесь я хотел бы выжать все возможное из проницательного и фундаментального замечания о концепции пчелиной колонии, сделанного старым пчеловодом, и высказать мысль о том, что колония медоносных пчел эквивалентна не просто позвоночному, но фактически млекопитающему, потому что обладает многими из признаков млекопитающих. Это может показаться довольно надуманным, но лишь в том случае, если уделять основное внимание филогении медоносных пчел, а не контексту тех функциональных эволюционных особенностей, которые сделали господствующей форму, появившуюся позже других в процессе эволюции позвоночных – млекопитающих².

² Это не совсем так. На уровне класса млекопитающие появились уже в позднем триасе, тогда как птицы – лишь в юре, то есть они моложе млекопитающих.



Рис. 1 Каждый год пчелиные колонии выращивают всего лишь нескольких маток. Новые матки развиваются в этих специально построенных ячейках-маточниках в форме на-

Используя четкий набор критериев и оригинальных особенностей, можно отделить млекопитающих от прочих позвоночных и напрямую сравнить с пчелами.

- У млекопитающих очень низкий темп воспроизводства, так же как у медоносных пчел (рис. 1; подробнее см. главы 2, 5).
- Самки млекопитающих производят питание (молоко) для своего потомства в специальных железах; самки медоносных пчел также производят питание (маточное молочко) для потомства в специальных железах (рис. 2; подробнее см. главу 6).
- Матка у млекопитающих предоставляет развивающемуся потомству точно контролируемую и защищающую его среду, независимую от изменчивых факторов внешнего мира; медоносные пчелы обеспечивают развивающийся расплод такой же защитой – «общественной маткой» расплодных сотов в гнезде (рис. 3; подробнее см. главы 7, 8).



Рис. 2 Пчелиные личинки живут в раю. Они плавают на поверхности питательного молочка, выделяемого пчела-

- Млекопитающие обладают температурой тела около 36 °С; медоносные пчелы поддерживают температуру расплодных сотов, в которых находятся куколки, примерно 35 °С (рис. 4; подробнее см. главу 8).
- Млекопитающие с их крупным мозгом обладают самыми высокими способностями к обучению и познанию среди всех позвоночных; медоносные пчелы обладают высокоразвитой способностью к обучению и познавательными способностями, затмевающими таковые у некоторых позвоночных (рис. 5; подробнее см. главы 4, 8).

Значительный интерес для биологов представляет то обстоятельство, что этот список новых и фундаментальных приобретений, характеризующих млекопитающих, включая нас самих, обнаружен также у колонии медоносных пчел.

Представление о колониях медоносных пчел как о «почетных млекопитающих» – или, лучше сказать, что они выработали те же оригинальные стратегии, что и млекопитающие, – предполагает, что в основе этого явления лежит нечто большее, чем простое поверхностное сходство. И это действительно так.



Рис. 3 Микроклимат расплодного гнезда с точностью контролируется взрослыми пчелами

Чтобы получить больше информации об этом явлении, то есть выйти за рамки простого связывания удивительных аналогий, необходимо задаться вопросом, почему эти признаки являются для них общими. В этом отношении, я полагаю, полезно поискать важные «проблемы», для которых животные «нашли» одинаковые решения.

Изначально мы можем спросить себя: «Мы можем видеть решение, а что же было проблемой? Мы знаем ответ, но каков был вопрос?»

Группа организмов, которая предпринимает эволюционный шаг вперед, может получить преимущество перед кон-

курентами в зависимости от того, насколько сильное влияние на ее собственное существование оказывает случайная природа окружающей среды. Факторы окружающей среды изменяются непредсказуемым образом. Если они оказывают влияние на широкий спектр признаков в популяции, то эти признаки приобретают «значение», потому что они будут определять репродуктивный успех популяции. Лучше приспособленные организмы процветают, не так хорошо приспособленные – исчезают. Это суть теории Чарльза Дарвина (1809–1882), касающаяся механизма эволюции.

Поэтому, в силу непредсказуемости направления или интенсивности изменений окружающей среды, для организма было бы благоразумным шагом производить как можно больше как можно более разнообразного потомства, чтобы подготовиться к огромному количеству вероятных, но неизвестных сценариев будущего.

Когда с течением эволюционного процесса организмы приспособляются к параметрам окружающей среды и даже могут управлять существенным числом их и, таким образом, более или менее освобождают себя от диктата окружающей среды, они могут позволить себе воспользоваться этим и производить *меньше* потомства. В эту особую категорию живых существ входят обе группы – и млекопитающие, и медоносные пчелы.

Независимость от нестабильных источников энергии и меняющегося качества питания за счет самостоятельного

производства пищи, безопасность посредством постройки защищенного жилого пространства и независимость от влияния погоды способом контроля климата в месте обитания – явные преимущества по сравнению с организмами, которым такие возможности не доступны.

Все эти качества «как у млекопитающих» гарантируют млекопитающим, а также медоносным пчелам значительную независимость от преобладающих условий окружающей среды. Это достигается благодаря существованию сложной социальной и поведенческой организации, обеспечивающей эффективное применение доступных материалов и энергии (см. главу 10). Как следствие этих условий жизни, контролируемых оптимальным образом, можно выбрать сниженный темп воспроизводства. Организмы с низкими темпами воспроизводства, проявляющие высокую степень конкурентоспособности, достигают стабильного размера популяции благодаря тому, что оставляют немногочисленное потомство в пределах возможностей, предлагаемых местообитанием. Однако если бы условия окружающей среды изменились, у них было бы очень мало возможностей приспособиться к этой ситуации из-за ограниченного количества потомства, если только они уже не держат под контролем критически важный параметр окружающей среды путем обустройства части своей экологической ниши под себя, чтобы гарантировать собственное выживание в трудные времена.

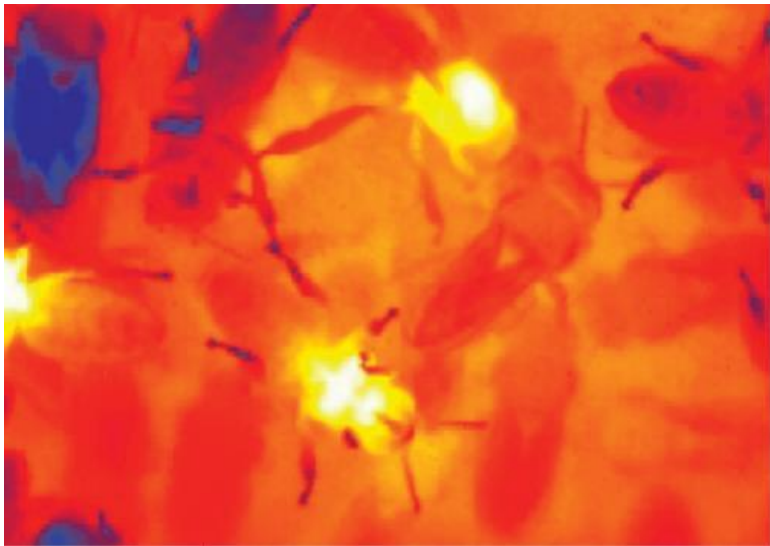


Рис. 4 Пчелы-обогреватели поддерживают у куколок температуру тела, которая в идеальных ситуациях не отличается от таковой у млекопитающих больше чем на 1 °С



Рис. 5 Пчелы быстро узнают, где и в каких цветках есть нектар и как добыть его наиболее эффективно

Словно этого не достаточно, медоносные пчелы идут дальше простого контроля своей окружающей среды: их колонии в оптимальных условиях потенциально бессмертны. Суперорганизм пчелиной колонии нашел способ непрерывно менять свой генофонд, словно «геномный хамелеон» (см. главу 2), чтобы не оказаться в эволюционном тупике.

В целом контроль посредством обратных связей весьма характерен для живых организмов. Каждый организм точно управляет собственной «внутренней окружающей средой». Благодаря этому процессу поток энергии и движение вещества и информации внутри организма отрегулированы до соответствующего уровня. Температура тела – это результат сложения и вычитания энергии, тогда как масса тела – это результат баланса между поступлением и оттоком вещества. В 1939 году в своей книге «Мудрость тела» (The Wisdom of the Body) У.-Б. Кеннон ввел для описания такой регуляции состояния тела термин «гомеостаз». Физиология – это область биологии, занятая исследованием такого рода регулируемых процессов в живых организмах. Применительно к анализу контролируемых условий внутри колонии медоносных пчел как суперорганизма, или «млекопитающего из многих частей», социофизиология интересуется тем, какие регулятивные величины в колонии медоносных пчел настраиваются гомеостатически, каким образом пчелы это делают и какие цели все это преследует (главы 6, 8, 10).

Физиология млекопитающих и социофизиология медо-

носных пчел получают весьма сходные интерпретации. Сопоставимые жизненные стратегии, независимо появившиеся в процессе эволюции в различных группах живых организмов, описывают как аналогичные или конвергентные. Крылья птицы и насекомого – это пример такой аналогии. «Движение в воздухе» – общая проблема, решением которой становится изобретение крыльев.

Определив общие особенности, которые разделяют друг с другом млекопитающие и медоносные пчелы, мы в итоге задаемся вопросом: «Какова же та общая проблема, которую нужно было решить при помощи этого набора стратегий, возникших конвергентным путем?» Очевидно, что все эти особенности дают млекопитающим и медоносным пчелам определенную степень независимости от окружающей среды, которой вряд ли добились какие-либо другие группы живых организмов. Эта независимость не обязательно распространяется на все время жизни каждой особи; она скорее ограничена особенно уязвимыми стадиями жизненного цикла организма (см. главу 2).

Колонии медоносных пчел используют стратегии, замечательно сходные с таковыми у млекопитающих, и выращивают относительно немногочисленных, но чрезвычайно хорошо подготовленных к жизни и заботливо защищаемых репродуктивных особей, которых выпускают в окружающий мир. С этой целью у медоносных пчел развились определенные способности и формы поведения, которые принад-

лежат к числу самых удивительных в мире живой природы. Мы лишь начинаем разбираться в этой очень сложной ткани жизни.



Самое маленькое домашнее животное человека: иллюстрированный путеводитель

Медоносные пчелы – не только интереснейшая модель эволюционного успеха; деятельность по опылению растений сделала их объектом значительной экономической важности для человека.

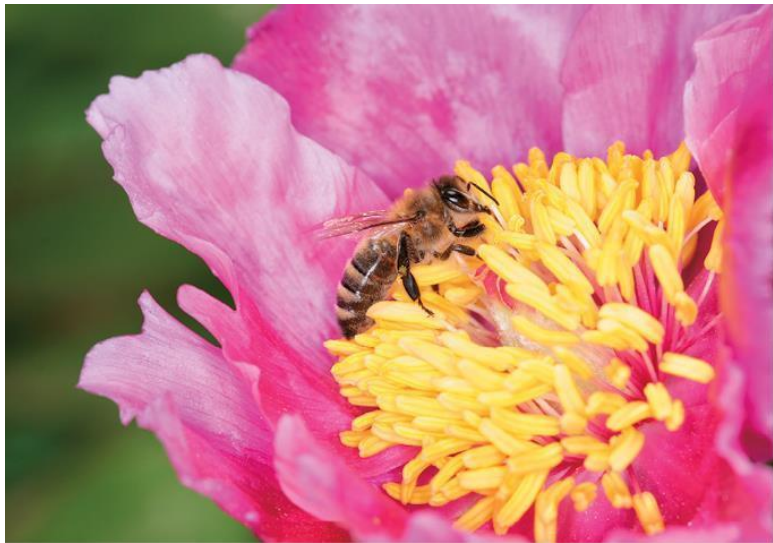
Медоносные пчелы...



...носят научное название *Apis mellifera*, которое как раз и означает «пчела медоносная»



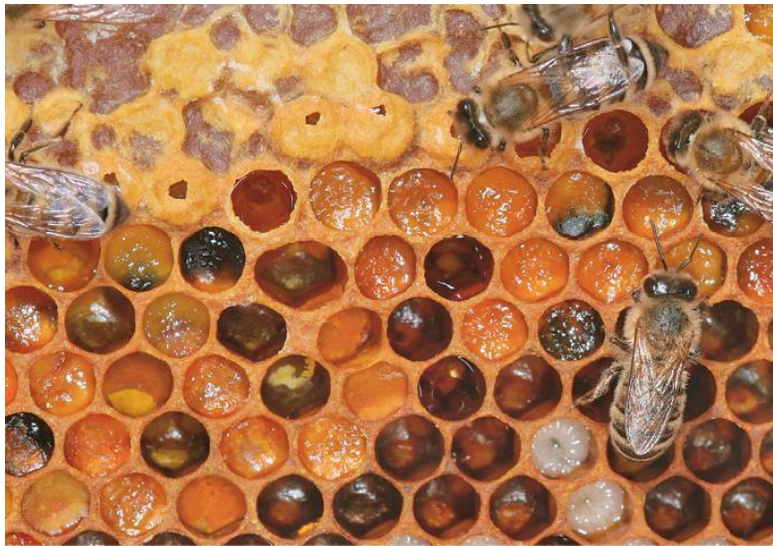
...живут колониями, насчитывающими примерно 50 000 особей летом и около 20 000 зимой



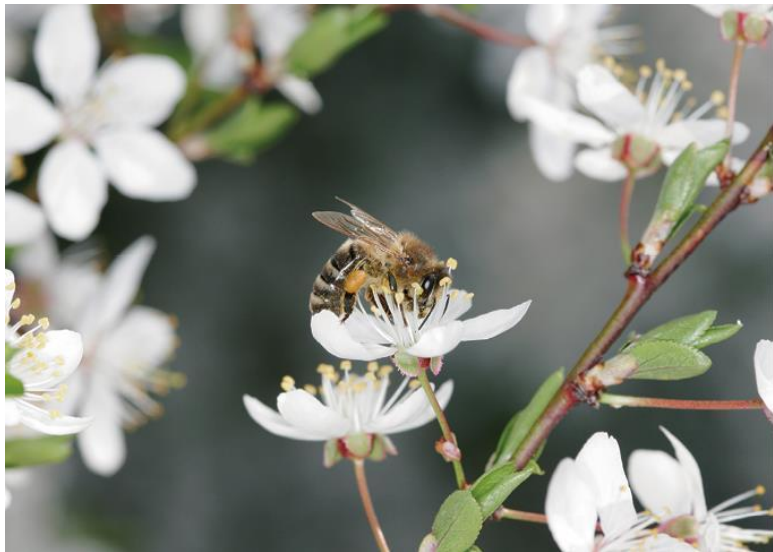
...посещают цветки для сбора нектара и пыльцы. Они делают мед из нектара; пыльца – богатый белком источник питания



...переносят нектар в зобике, особом участке кишечника, а пыльцу – в маленьких «корзинках» на своих задних ногах



...строят соты из воска, который выделяют из особых желез. Они запасают мед и пыльцу в шестигранных ячейках сот, а также используют эти ячейки как колыбели для потомства



...служат людям главным образом в качестве опылителей культурных растений



...содержатся людьми в искусственных ульях, из которых собирают мед, пыльцу, прополис и маточное молочко



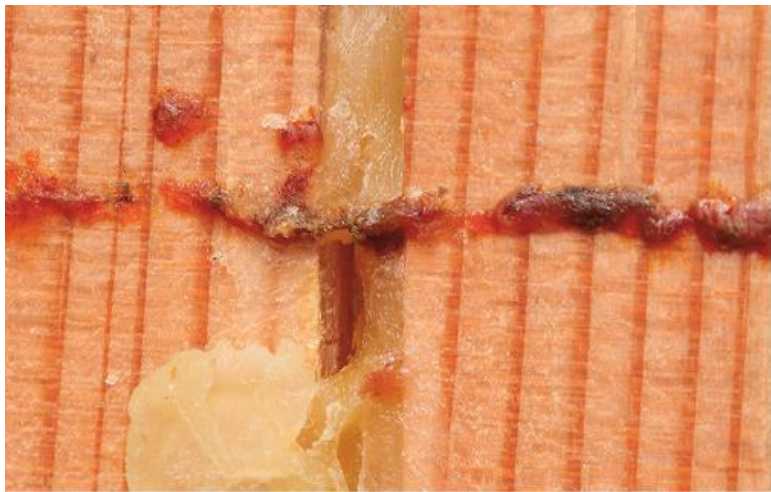
В колонии все рабочие пчелы – это бесплодные самки



Самцы пчел, или трутни, служат только для воспроизводства, то есть для спаривания с самками



В каждой колонии есть только одна матка, легко узнаваемая по более длинному брюшку



Пчелы собирают смолы с почек, плодов, цветков и листьев растений, чтобы делать из них смолу-замазку (прополис), которую они используют в улье. Люди применяют прополис в медицинских целях



Пчелиная матка откладывает в каждую ячейку сотов лишь одно яйцо, но каждое лето их откладывается до 200 000 штук



Пчелиные личинки выводятся из яиц, растут и по достижении достаточно крупного размера окукливаются в ячейках сотов



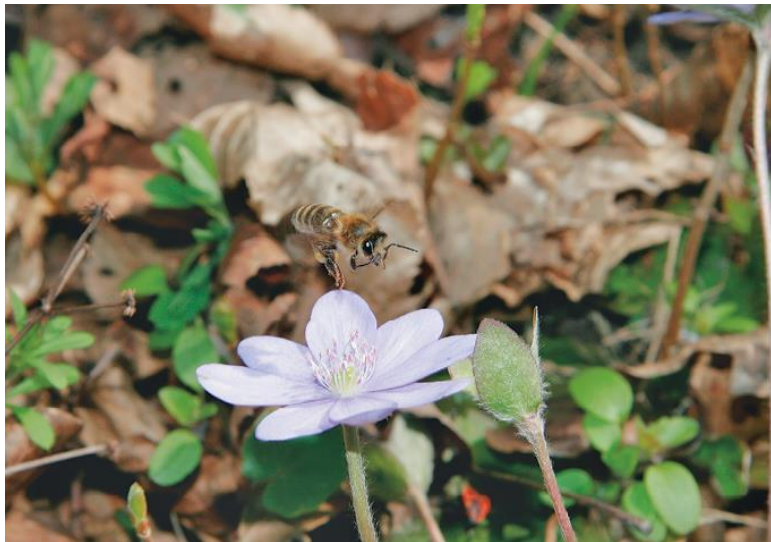
Пчелы-самки развиваются из оплодотворенных яиц, а более крупные трутни – из неоплодотворенных



Рабочие пчелы на протяжении своей жизни сменяют одну за другой многие рабочие специальности, такие как, например, пчелы-чистильщики, пчелы-строители, пчелы-няньки и пчелы-сторожа. В старшем возрасте они покидают гнездо, взяв на себя роль сборщиц корма



Забота о расплоде – задача ульевых пчел



Сбор корма – задача летных пчел



Медоносные пчелы общаются друг с другом посредством различных химических и осязательных сигналов. Язык танца – важная часть их системы общения



Летом пчелы выращивают нескольких молодых маток в специально построенных ячейках и кормят их особым рационом. Молодые матки спариваются лишь один раз в своей жизни во время брачного вылета, но со многими трутнями



Медоносные пчелы кормят свою матку исключительно маточным молочком на протяжении всей ее жизни, и пчелы из ее свиты должны оказывать ей особое внимание и заботу



Медоносные пчелы роятся для размножения колоний. Старая матка вылетает из исходного улья вместе со значительной частью рабочих особей



Медоносные пчелы переживают зиму целой колонией. Пчелы собираются вместе плотным зимним клубом и поддерживают теплоту своих тел, вибрируя мускулатурой крыльев. Они используют запасы меда как источник энергии для этой работы



Медоносные пчелы защищаются при помощи жал



Благодаря опылению культурных растений медоносные пчелы – это третий по ценности вид домашних животных в Европе



Медоносная пчела – самый важный агент по поддержанию разнообразия цветковых растений



1. Неизбежная пчела

Медоносные пчелы должны были эволюционировать в соответствующих условиях.

Развитие и распространение жизни на нашей планете протекало в соответствии с неизменными принципами с самого начала ее существования, около 4,5 млрд лет назад. Подчиняясь целому ряду простых, по сути, правил и легко понятных способов, появился мир живых организмов потрясающего разнообразия и невероятной сложности.

Движущей силой динамики этого взрыва жизни стало «стремление выжить», где «выживание» означает более быстрое, чем у конкурентов, воспроизводство. Воспроизводство с абстрактной точки зрения означает создание копий самого себя. При использовании термина «копия» в действительности подразумевается «клон», поскольку лишь в этом смысле в живом мире наследственный материал может производить истинные копии самого себя. В качестве единственного наследственного материала преобладали нуклеиновые кислоты – макромолекулы, собранные из большого количества звеньев, образующих цепочку. Каждое звено в этой цепочке состоит из четырех различных органических оснований, сахара и фосфорной кислоты. Если какое-то из этих оснований доступно в окружающей среде и находится рядом с уже существующей цепочкой, оно образует связь

определенного вида лишь с одним из других типов оснований, известным как его комплемент. Когда все основания в цепочке связаны – каждое со своим определенным комплементом, – в результате образуется точная «негативная» копия оригинала. Этот «негатив», отделенный от исходного шаблона, произведет точную копию исходной цепочки, когда с ним свяжутся комплементарные основания.

Развитие этих типов молекул на Земле и установление их господства над возможными (но неизвестными нам) альтернативами породило интереснейший непрерывный процесс: более 1000 млн лет копии копий создавали непрерывную линию наследственного материала, тянущуюся к организмам, живущим в наши дни.

Несложно представить себе, что молекулы, которые создавали копии самих себя, уже соревновались друг с другом за основные ресурсы для собственной репликации. Сырья не хватало даже в то время, и нехватка стала еще острее, когда потребность в нем возросла. Молекулы, которые привлекли на помощь ферменты, чтобы сделать возможным более быстрое и успешное создание копий, полностью изменили суть соревнования. Однако для того, чтобы создавались новые молекулы, копирование должно быть точным, но не лишенным ошибок. Допустимое количество ошибок в копиях гарантирует вероятность изменчивости. Без этого не может быть ничего нового.

На протяжении тысячелетий ничего не менялось. Мута-

ции, берущие свое начало в ошибках при копировании, — это важный источник для появления новых форм живых существ. Путем непрерывного образования новых «версий», которые либо не приносят пользы и поэтому быстро исчезают, либо выживают, поскольку являются полезными, в нуклеиновых кислотах сформировался богатый спектр изменений. Эти отличные друг от друга цепочки содержат инструкции, которые составляют генетическую информацию, или геном, отличающихся друг от друга организмов и тем самым приводят к появлению огромного разнообразия форм живых существ.

Нельзя не принимать во внимание того, что по прошествии почти невообразимых более чем 4 млрд лет мир кишит молекулами нуклеиновых кислот, цепочки которых состоят из звеньев, складывающихся в весьма различные комбинации. Однако эти цепочки не находятся в свободном состоянии в окружающей среде, а «приобрели» очень изменчивые по форме «упаковки». В чем же состоит смысл этого замкнутого существования нуклеотидов, скрытых глубоко внутри организмов? Это ни в коем случае не скромное отшельничество. Напротив, эти нуклеиновые кислоты непрерывно и решительно занимаются улучшением собственных характеристик по сравнению с характеристиками подобных им нуклеиновых кислот, являющихся прямыми конкурентами. Как же в этом помогает «упаковка»?

Жизнь становится сложной

Если мы ищем особенности, которые возникли в ходе эволюции на пути от исходного простого самовоспроизводящегося наследственного материала (нуклеиновых кислот) к существующим в наше время формам, то очевидно следующее:

- с течением времени появляются все более сложные структуры;
- структуры достигают большего, будучи единым целым по сравнению с отдельными элементами, из которых они построены;
- структуры могут определять поведение элементов, из которых они сложены.

Сам по себе наследственный материал никоим образом не становится более сложным. Три утверждения, приведенные выше, суммируют очевидную тенденцию в эволюции – развитие «упаковки», или так называемого фенотипа организма, который используется наследственным материалом («геномом») для того, чтобы бросать его в битву с другими организмами и «выживать и воспроизводиться успешнее, чем конкурент».

Первые клетки, представляющие собой раннюю сложную форму организации, сформировались примерно 3500 млн лет назад и включали множество важных функциональных

элементов, хотя геном не был заключен в ядре. Это были свободноживущие независимые клетки, бравшие вещество и энергию, необходимые для воспроизводства их генома, из окружающей среды вокруг себя. Свободноживущие одиночные клетки существуют и в наше время, играя важную роль в организации природы. Это бактерии, и, будучи одноклеточными организмами, они остались на данной первичной стадии эволюции и явно способны конкурировать с многоклеточными организмами. В противном случае их бы просто больше не было. Эволюция многоклеточных организмов впервые началась около 600 млн лет назад, примерно на 3000 млн лет позже одноклеточных форм жизни. Во время этого нового большого скачка изначально независимые одноклеточные организмы объединились в многоклеточных существ. Переходя на новый уровень сложности, клетки вначале не отказывались от своей обособленности, а просто жили рядом друг с другом в колониях. Во время этого «случайного события» были «открыты» преимущества двух критически важных свойств: разделения труда и сотрудничества. Таким образом возник «носитель» с особенностями, которые молекулы генома могли успешнее использовать для воспроизводства своего собственного разнообразия. Благодаря скоплению доступных строительных блоков развились сложные структуры. Это бесспорно. Но почему сложные формы тела должны обладать преимуществами? И если это так, то каковы они?

Одно явное преимущество состоит в возможности передавать различные задачи различным отдельным элементам. В таком случае этот вид специализации позволяет разрешать проблемы одновременно, а не последовательно, что наблюдается в случае одноклеточных существ. Возникли узкие специалисты, такие как различные типы клеток у многоклеточных организмов, а также возможность объединения их деятельности, открывающая кардинально новые направления для взаимодействия с окружающей средой. Это явно было очень успешным шагом, потому что в настоящее время облик живой природы определяют многоклеточные организмы.

Вместе с возникновением многоклеточных форм жизни возникла запланированная смерть. Носители, которых геномы создали в виде многоклеточных организмов, были смертными. Можно подумать, что это было не очень хорошим началом для долгосрочной конкурентной борьбы за выживание. Выход из этой дилеммы состоял в том, чтобы защитить от смерти малую часть клеток тела и использовать их для создания «вечной» линии копий, тем самым выторговав выгоду в эффективности, которую обеспечивает многоклеточная организация, в обмен на ограниченную продолжительность жизни. Поэтому многоклеточные животные делегируют передачу генома специализированным клеткам – мужским и женским половым клеткам. Из них складываются родословные линии, которые связывают поколения во времени, и пе-

задача генома стала независимой от смерти его носителей.

Поэтому формирование сложных подсистем из устойчивых элементов привело к появлению многоклеточных организмов и к решению проблемы смертности генома.

Родословная линия половых клеток

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.