

Е.К. Еськов

Микроклимат пчелиного улья и его регулирование

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 631
ББК 4
Е11

Е11 **Е.К. Еськов**
Микроклимат пчелиного улья и его регулирование / Е.К. Еськов – М.: Книга
по Требованию, 2021. – 80 с.

ISBN 978-5-458-25123-5

ISBN 978-5-458-25123-5

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

отходящий от «холодного спая». При таком способе исключается возникновение термо-э.д.с. в местах подключения термоэлектродных проводов к переключателю и измерительному прибору. Важно то, что всего одна термопара является общим для всех других термопар «холодным спаем».

Достоинство термопар — небольшие размеры, благодаря чему они обладают низкой тепловой инерционностью и быстро приходят в состояние теплового равновесия с окружающей средой. Это позволяет использовать их для узлолокального измерения температуры. Однако термопарам свойственны и недостатки, которые в значительной мере сдерживают их применение. В частности, для точных измерений термо-э.д.с., развиваемой термопарами, требуются высокочувствительные потенциометры, а иногда усилители постоянного тока. Значительную трудность представляет термостатирование «холодного спая».

Термометры сопротивления. Различают два типа термосопротивлений — проволочные и полупроводниковые (термисторы, терморезисторы). Использование проволочных термосопротивлений основано на свойстве проводников менять свое сопротивление в зависимости от температуры. У большинства металлов нагрев увеличивает электрическое сопротивление, у полупроводников его уменьшает.

Выпускаемые промышленностью проволочные термосопротивления имеют большие габариты (10 см и более), поэтому их не следует применять для контроля температуры в пчелином гнезде. При установке их в улье за пределами гнезда необходимо стремиться к тому, чтобы середина датчика находилась в центре зоны, где требуется измерить температуру.

Достоинством термометра сопротивления является то, что, однажды проградуированный, он позволяет надежно и точно измерять абсолютную величину температуры в отличие от термопар, регистрирующих разность температур. Температурный коэффициент большинства металлов, используемых для изготовления термосопротивлений, равен 0,4—0,6% на 1°C. С помощью такого термометра достигается точность измерений до 0,01 Ом, что позволяет контролировать изменение температуры на 0,025°C.

Наибольшую точность измерений (при использовании измерительных приборов одного и того же класса

точности) обеспечивают полупроводниковые терморезисторы. Температурный коэффициент сопротивления у них 3—6% на 1°C. Широкое применение при измерениях терморезистора пчелиного жилища получили терморезисторы типа ТОС, КМТ и ММТ. Особый интерес представляет терморезистор типа МКМТ-16, МТ-54, выполненный в виде стеклянного баллона диаметром около 1 мм. Номинальное сопротивление этого датчика при 20°C составляет $3900 \text{ Ом} \pm 30\%$. Он обладает низкой тепловой инерционностью и рекомендуется для регистрации быстроменяющихся температурных процессов.

Для измерения температуры с помощью термосопротивлений применяют уравновешенные и неуравновешенные измерительные мосты. Контроль температуры с помощью уравновешенного измерительного моста сводится практически к определению положения движка переменного сопротивления, при котором мост находится в равновесии. Шкала реохорда градуируется в омах или при работе с известным типом термосопротивления непосредственно в градусах. Измерение температуры с помощью неуравновешенного моста производится по величине отклонения стрелки милливольтметра.

Полупроводниковые триоды. Применение в качестве термодатчиков полупроводниковых триодов основано на их свойстве изменять некоторые свои параметры в зависимости от температуры. Например, разработана схема термометра ТЭТ-2, принцип действия которого основан на изменении напряжения перехода «эмиттер-база» триода МГТ-108Г с изменением температуры среды. Прибор имеет автономное питание (элемент 373) и рассчитан на определение температуры от -10 до $+50^\circ\text{C}$ с точностью $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Измерительное устройство и датчики прибора сохраняют работоспособность при температуре от -40 до $+65^\circ\text{C}$, относительной влажности до $95 \pm 3\%$.

Калибровка термодатчиков. Технология изготовления материалов, применяемых для монтажа термодатчиков, в том числе термопар из неблагородных металлов, не обеспечивает необходимой стабильности их физических свойств. В связи с этим необходимо проводить калибровку термодатчиков.

Термодатчики калибруют обычно по ртутному термометру. Для получения чувствительности в $0,01^\circ\text{C}$ вся шкала измерительного прибора должна соответствовать 1°C . Если же требуется измерить значения температуры

в 20—30°C и для начала отсчета используется температура тающего льда, то показания прибора не могут дать точность, превышающую 0,02—0,03°C. По мере расширения диапазона измеряемых температур чувствительность прибора будет снижаться.

Важно помнить, что у отдельных экземпляров одного и того же типа полупроводниковых терморезисторов и триодов, как правило, имеют место несовпадения характеристик. Поэтому при замене вышедшего из строя термодатчика необходимо регулировать измерительный мост или подбирать подходящий экземпляр, характеристика которого не отличается от заменяемого.

Измерение влажности

К настоящему времени разработаны различные способы и приборы для измерения влажности воздуха. Выбор того или другого способа определяется задачами исследования. При этом особое внимание следует обращать на то, чтобы датчики влажности не оказывали влияния на микроклимат пчелиного жилища.

Широкое распространение получило измерение относительной влажности воздуха с помощью смачиваемого термодатчика (терморезистора, термопары и т. п.), охлаждаемого за счет испарения воды. Для этого на него надевают фитиль, опущенный в сосуд с дистиллированной водой. Приближение пчел к смачиваемому датчику и фитилю ограничивается металлической сеткой. Сухой термодатчик располагают рядом со смачиваемым. Обдув термодатчиков при измерении влажности внутри улья обеспечивается пчелами, занятыми аэрированием своего жилища.

Измерение сопротивления терморезисторов (сухого и смачиваемого) производят с помощью соответствующих приборов. Относительную влажность определяют по психрометрическим таблицам.

В качестве чувствительных элементов датчиков часто для измерения влажности используют материалы, изменяющие свои свойства (размеры, электропроводность и др.) в зависимости от количества поглощенной воды. Например, длина обезжиренного волоса увеличивается с повышением влажности от 0 до 100 % на 2—2,5%. При монтаже таких датчиков необходимо помнить, что во избежание остаточной деформации нагрузка на во-

лос (нередко чувствительный элемент имеет их несколько) не должна превышать 1—2 г.

В датчике прибора ИТВ-1, позволяющего дистантно контролировать влажность воздуха, чувствительным элементом служит животная пленка. Изменение длины пленки регистрируется по величине переменного резистора, ползунок которого перемещается при ее сжатии и расширении.

Существенным недостатком волосяных и пленочных датчиков является то, что их свойства со временем меняются. Это обуславливает необходимость частых калибровок датчиков. К недостаткам датчика измерителя влажности (ИТВ-1) следует отнести также его большие габаритные размеры.

В некоторых случаях для измерения влажности воздуха в улье применяют датчики, принцип действия которых основан на регистрации температуры конденсации водяных паров. Они включают охлаждаемое зеркало и прибор, контролирующий его температуру; индикатор появления и исчезновения росы; датчик окружающей температуры. На таком же принципе работает гигрометр ГГО, используемый для измерения влажности при отрицательных температурах (Б. П. Смирнов, 1966), а также конденсационный термогигрометр ДКТГ.

Анализ углекислого газа и кислорода

Отбор проб воздуха для измерения содержания кислорода и углекислого газа производят через трубки с диаметром отверстия 0,5—5,0 мм, которые в зависимости от задачи исследований монтируют в различных частях улья. Минимальный объем отбираемой пробы газа зависит от системы газоанализатора.

К наиболее простым способам газового анализа относят те, принцип которых основан на избирательном поглощении кислорода и углекислого газа специальными химическими веществами. Вычисление процентного содержания компонентов анализируемого газа осуществляется путем измерения сокращения объема анализируемой пробы газа при последовательно проводимых операциях поглощения. Изменение объема анализируемой смеси определяется по разности отсчетов с помощью измерительной бюретки. К серийным приборам

этого типа относится переносный химический газоанализатор ГХП-3М.

Значительно быстрее анализ концентрации кислорода и углекислого газа можно провести с помощью переносного интерференционного газоанализатора (ИГА), действие которого основано на смещении интерференционной картины при изменении состава исследуемой пробы воздуха. Прибор измеряет содержание кислорода в диапазоне от 5 до 20,9% и углекислого газа от 0,03 до 6% с точностью не ниже $\pm 0,3\%$.

Высокую точность анализа содержания углекислого газа (в приборе с пределами измерения от 0 до 1% углекислого газа погрешность составляет 0,025%) обеспечивает оптико-акустический газоанализатор ОА-2209. Принцип его действия основан на поглощении углекислым газом тепловой энергии в определенной области инфракрасного диапазона. Поглощая же инфракрасную энергию, газ нагревается, и давление повышается. Изменение давления, определяемое концентрацией углекислого газа, воспринимается микрофоном, а электрические колебания регистрируются измерительным устройством прибора.

Газоанализатор снабжен самопишущим устройством для непрерывной регистрации динамики изменений концентрации углекислого газа в улье. Он работает также в статическом режиме, для чего отключается система автоматической подачи анализируемого воздуха. Его вдувают через фильтр непосредственно в измерительную камеру прибора, используя, например, шприц объемом 150—200 мм³.

Из стационарных приборов для измерения концентрации кислорода применяют газоанализаторы, основанные на использовании парамагнитных свойств кислорода (притяжению магнитным полем) и явлении термомагнитной конвенции, имеющей место при наличии разности температур с двух сторон магнитного поля. К числу таких газоанализаторов относятся приборы МГК-2 и МН-5121.

Первый определяет концентрацию кислорода в диапазоне от 0 до 21% при погрешности, не превышающей 2,6% от верхнего предела измерений. Второй обеспечивает погрешность не более 0,5%, измеряя концентрацию кислорода в диапазоне от 15 до 30%.

II. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ

Температура тела пчел

Температура тела пчел вне улья. Пчелы, как и другие насекомые, перед полетом повышают температуру своего тела. Этот процесс носит преимущественно эндотермический характер, то есть связан главным образом с активизацией обменных процессов, в частности с работой мышц. Скорость разогрева тела пчелы, готовящейся к полету, составляет $2,1 \pm 0,25^\circ\text{C}$ в минуту (Х. Эш, 1960). При этом сильнее всего разогревается грудь насекомого — при 18° до $33\text{—}36^\circ\text{C}$, слабее — брюшко (до $21\text{—}22^\circ\text{C}$).

Температура тела пчел, подлетающих к источнику пищи, выше температуры окружающей среды на $6\text{—}20^\circ\text{C}$, температура груди на $5\text{—}11^\circ\text{C}$. У пчел, впервые прилетевших к кормушке, температура тела примерно на градус ниже, чем у тех, которые длительное время посещают этот источник пищи. Указанное различие сглаживается после 4—5 визитов к кормушке.

У пчел, занятых заполнением медового зобика, температура тела, как правило, не изменяется. Исключение составляют случаи, когда пчелы летают за кормом в холодную дождливую погоду (она может снизиться на $2\text{—}3^\circ\text{C}$). В период паузы засасывания пчелы повышают температуру тела.

Температура тела пчел в улье. Летом температура тела спокойно сидящих пчел часто находится на уровне температуры окружающего их воздуха. Разница между этой температурой и телом пчел, занимающихся обогревом гнезда, достигает 10°C . Эти пчелы часто не отличаются по поведению от инертных особей, не выполняющих никакой работы.

Температура тела пчел, пополняющих пищевые запасы и исполняющих так называемые «танцы», всегда выше температуры тела инертных особей. При посещении источника пищи на расстоянии до 600 м при температуре внешней среды $18\text{—}27^\circ\text{C}$ температура груди танцующих колеблется от 29 до 38°C , температура брюшка танцующих на $6\text{—}10^\circ\text{C}$ ниже, чем груди. У пчел, посещающих кормушку и энергично передвигающихся по сотам, но не исполняющих «танцев», температура тела на несколько градусов ниже, чем у танцующих. Пчелы,

мобилизуемые танцовщицей, разогреваются до 39—40°C (Х. Эш, 1960).

Регуляция температуры тела пчел. У пчел, как и других пойкилотермных животных, температура тела зависит от температуры окружающей среды. Но наличие этой зависимости не означает равенства или некоторого постоянного соотношения между этими температурами. Например, по данным Е. Шульз-Лангер (1958), разность между температурой тела летающих пчел и среды уменьшается с 9 до 1°C при увеличении температуры окружающего воздуха с 9 до 34°C. Это свидетельствует о том, что пчелы регулируют в некоторых пределах температуру своего тела.

Механизмы производства тепла у пчел основаны на мышечной активности. Наибольшее его количество выделяется грудной мускулатурой, так как разогрев пчелы начинается с подъема температуры груди. По окончании периода разогрева температура груди превосходит температуру брюшка.

Разогрев пчел не всегда связан с повышением их двигательной активности. У внешне неподвижных пчел может происходить быстрый подъем температуры груди. Тепло образуется в результате микроколебаний грудных мышц непрямого действия (мышцы летательного аппарата), что подобно явлению дрожи у млекопитающих.

Роль летательных мышц непрямого действия, как генераторов тепла, доказана в электрофизиологических экспериментах Х. Эша (1964). Исследователь регистрировал одновременно температуру в груди пчелы, вибрацию ее экзоскелета (хитинового покрова) под действием мышц непрямого действия и электрические процессы. Обнаружено, что выделение тепла всегда сопровождается генерацией потенциалов действия. С увеличением частоты их следования поднимается температура груди.

Разогрев тела пчел возможен также за счет поглощения солнечной энергии, особенно в жаркую погоду. Например, у пчел, летающих при температуре 32—34°C под открытыми лучами солнца, температура тела приблизительно на 4°C выше, чем у насекомых, летающих при тех же условиях, но в тени (Е. Шульз-Лангер, 1958).

Тело пчелы обладает высокой теплопроводностью и соответственно низкими теплоизоляционными свойствами. Так, наркотизированная пчела, нагретая в инфра-

красных лучах до 40°C, охлаждается при температуре 22 до 30°C за 35 с, а до 25° за 60—70 с (Х. Эш, 1960). Отсюда следует, что отдача тепла нагретой пчелой происходит по экспоненциальному закону с постоянной времени около 70 с.

Механизм охлаждения пчелы связан частично с испарением метаболической воды, выделяемой через дыхальца, когда она расходует за время полета значительное количество корма. Однако такое охлаждение не превышает 10% от общей суммы теплопотерь (Х. Эш, 1960). Кутикулярное испарение в механизме охлаждения пчелы не существенно, так как критическая температура воска, при которой он имеет наибольшую водопроницаемость, находится значительно выше витальной для пчел.

Важную роль в регуляции температуры тела пчел играет их способность изменять в широких пределах интенсивность обмена веществ. Разогрев тела пчел прекращается или значительно ослабевает, когда температура среды достигает 30°C.

Терморцепция

Температура среды влияет на все биохимические и биофизические процессы, протекающие в организме. В связи с этим на изменение температуры среды реагирует и все тело пчелы. Действию температуры подвержена также работа различных узкоспециализированных рецепторов. Установлено, например, что фонорецепторы, ответственные за восприятие пчелами звуков, распространяющихся в воздушной среде, меняют структуру электроответа в зависимости от температуры. На повышение температуры с 20—25°C до 35—38°C количество импульсов в ответе рецептора на один и тот же звуковой стимул возрастает в среднем в 1,2 раза. В противоположность этому активность хеморецепторных сенсилл, расположенных на антеннах, с подъемом температуры уменьшается. Полное прекращение импульсации сенсилл наблюдается, когда температура достигает 45°C.

Специализированные температурные рецепторы животных разделяются на две категории — холодовые и тепловые, реагирующие на колебания температуры изменением количества генерируемых импульсов. Благодаря этому, они являются индикаторами изменения тем-

лёратуры. При этом холодовые рецепторы отвечают временным возрастанием импульсации на понижение температуры. С ее повышением импульсация этого типа рецептора уменьшается или полностью затормаживается. Тепловой рецептор, напротив, реагирует увеличением количества импульсов на нагрев.

У пчел терморецепторы холода представляют собой ампулоподобные сенсиллы длиной до 20 мкм и шириной до 10 мкм, расположенные на девяти дистальных члениках антенн (В. Лагер, 1964). Наиболее чувствительны к температуре терморецепторы, расположенные на первых пяти дистальных члениках (Х. Херан).

В электрофизиологических экспериментах В. Лагера (1964) показано, что резкая активизация рецептора с подъемом количества генерируемых им импульсов наблюдается лишь непосредственно после его охлаждения. Так, на понижение температуры с 26 до 23°C рецептор отвечает почти 10-кратным увеличением частоты пульсаций, но через 1с количество генерируемых им импульсов уменьшается примерно вдвое. Результаты электрофизиологических исследований свидетельствуют о способности пчел воспринимать колебания температуры, составляющие десятые доли градуса.

Нагрев рассматриваемых рецепторов стимулирует понижение их активности. Полное затухание пульсаций рецептора наблюдается, когда температура среды достигает 40—45°C. Это подтверждает, что описываемый орган является холодовым рецептором.

Типичных рецепторов тепла у пчел не обнаружено. Их функцию совмещают рецепторы углекислого газа, реагирующие на нагрев увеличением частоты генерируемых импульсов. Эти рецепторы представляют морфологически ампуловидные или целокопические сенсиллы, расположенные, как и холодные рецепторы, на девяти дистальных члениках антенн.

Терморегим, поддерживаемый отделенными от семьи пчелами

Особенности терморегуляции изолированных от семьи групп пчел заслуживают специального рассмотрения. Понятие механизма терморегуляции пчелиной семьей также имеет важное прикладное значение. В частности, знание этого вопроса может быть использовано при определении численности пчел для временного

содержания маток вне пчелиной семьи, в том числе в период их спаривания.

Активное регулирование температуры группой пчел, изолированных от семьи, находится в тесной связи с образованием так называемого «клуба». Он обычно прикрепляется к потолочной части помещения, например садка, и имеет форму грозди или полусферы.

В клуб могут собираться лишь часть пчел из числа находящихся в садке. Формирование клуба и количество входящих в него пчел зависит от ряда причин. Одна из наиболее важных связана с количеством пчел: чем их больше, тем ближе вероятность формирования клуба. Он обычно формируется, когда в садке более 50 пчел. Клуб из меньшего числа совсем не формируется или бывает очень неустойчивым — систематически распадается. Существенное влияние на формирование клуба оказывает температура среды. Понижение температуры побуждает пчел быстрее собираться в клуб. Например, в одном из опытов Дж. Фри и В. Спенсер-Бутч (1959) при 20°C в клуб собиралось 28% пчел, при 15 — 77, а при 10°C — 100%.

Температура в клубе пчел зависит от количества обдувающих его особей и температуры внешней среды. Дж. Фри и В. Спенсер-Бутч, регистрируя температуру внутри гроздей, включающих 10, 25, 50, 100 и 200 пчел, обнаружили способность к терморегуляции уже у 25 особей. С увеличением числа особей диапазон колебаний температуры внутри клуба сокращается.

Своеобразен терморегим роя, представляющего большую группу пчел (до половины от общей численности взрослых особей семьи), покинувших вместе с маткой материнскую семью. Рой, вылетев из материнского жилища, размещается недалеко от него в виде грозди, чаще на ветке дерева. Это является промежуточной станцией между материнским и новым жилищем. Внутри роевой грозди имеется зона с температурой 34—35°C, смещенная вверх грозди. В периферической зоне наивысшая температура в ее верхней части — 31°C (при 26°C внешней), в боковых — 30, а в нижней — 29°C.

Пчелы роевой грозди способны противостоять резким колебаниям внешней температуры. Анализ динамики терморегима роя в связи с колебаниями внешней температуры показывает, что изменения внутрироевой температуры происходят непосредственно после нагре-