

УДК 628.141.6

## РАЗОГРЕВ РАЗНЫХ ЧАСТЕЙ ТЕЛА ЗИМУЮЩИХ ПЧЕЛ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЛОКАЛИЗАЦИИ В ГНЕЗДЕ

© 2008 В.А. Тобоев

Чувашский государственный университет

Тепловизионным методом определена температура головного, грудного и брюшного отделов тела пчел, локализующихся в разных местах межсотовых пространств. В результате установлена их роль в терморегуляции и защите пчелиной семьи от переохлаждения.

Охлаждение стимулирует пчел агрегироваться в межсотовых пространствах [1], чем обеспечивается снижение энергозатрат на поддержание температуры на уровне, обеспечивающим защиту от переохлаждения. Оно стимулирует у пчел холодное оцепенение, позволяющее им при минимальных затратах энергии пережить кратковременное понижение температуры. Но в состоянии холодного оцепенения зимующие пчелы погибают при охлаждении до  $-7...-16^{\circ}\text{C}$ . Поэтому у пчел получили развитие этолого-физиологические приспособления регуляции внутригнездовой температуры [2].

Теплофизические процессы в скоплениях агрегировавшихся пчел обусловлены взаимодействием теплогенерации, теплонакопления и теплоотдачи [3]. Определение их роли в комплексе сложных терморегуляторных реакций необходимо для понимания стратегии адаптации пчел к длительной зимовке в условиях холодного климата и разработки средств оптимизации их содержания. Настоящее исследование посвящено изучению температуры тела агрегировавшихся пчел для выяснения их реагирования на охлаждение и участия в терморегуляции.

### Методика исследований

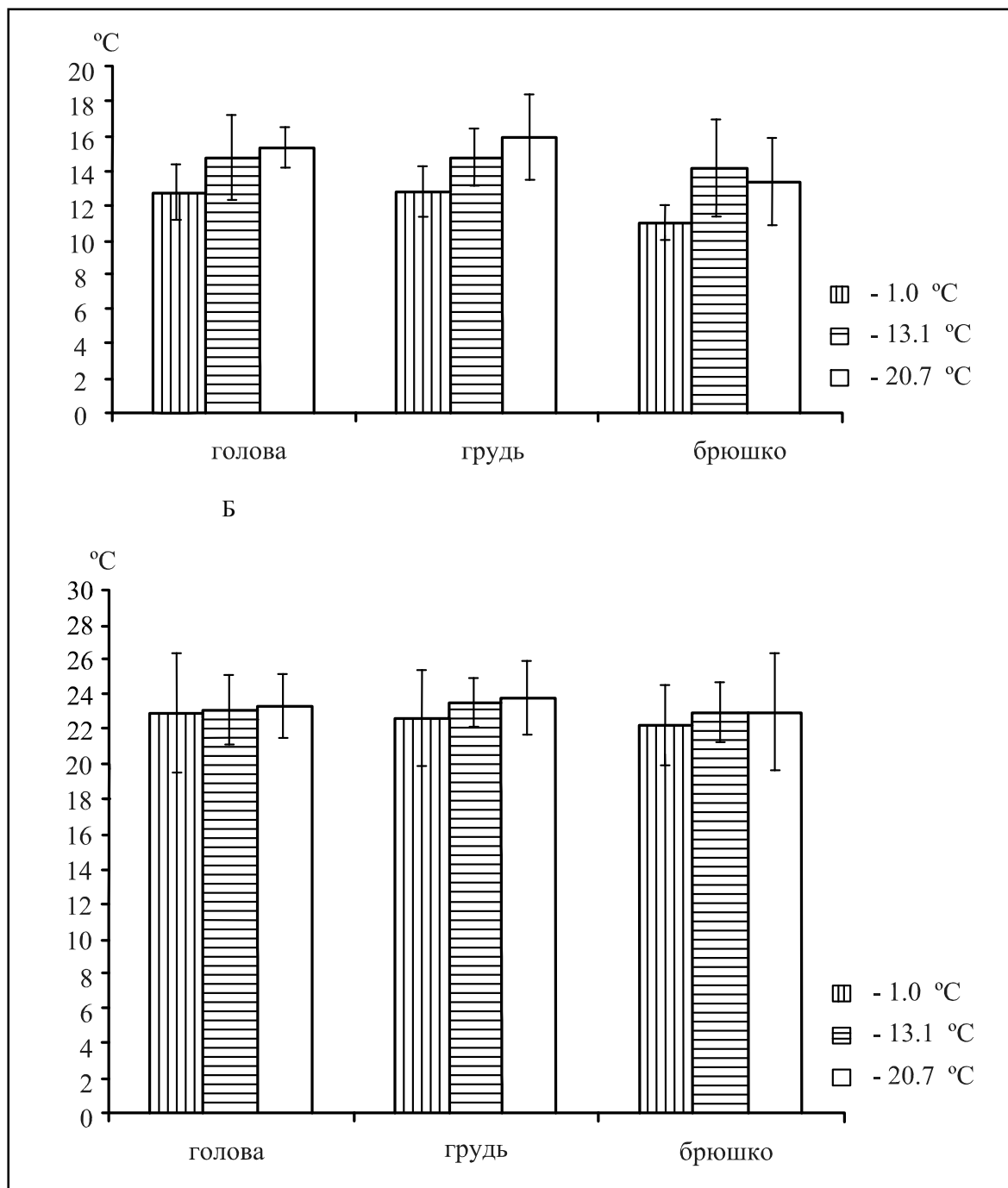
Температуру в гнезде зимующих пчел, содержащихся в ульях книжного типа под открытым небом, изучали посредством регистрации их инфракрасного излучения с помощью тепловизоров ИРТИС-2000 и ThermaCam SC3000. Первый из них имеет

высокое температурное разрешение ( $0.05^{\circ}\text{C}$ ), а второй – пространственное (1.1 мрад), что позволяет измерить температуру поверхности тела пчел, находящихся в разных местах скопления. Сканирование продолжалось в течение 5-6 с. При этом измерялась, так называемая, яркостная температура, которая несколько отличается от истинной. Для ее пересчета в истинные значения использовался коэффициент излучения пчел. Среднее значение этого коэффициента в исследованиях было выбрано равным 0.96. Статистический анализ полученных данных проведен с использованием пакета Systat 10.2. Результаты значимы на уровне  $P \leq 0.05$  (t – статистика).

### Результаты исследований

По результатам тепловизионной съемки установлено, что картина распределения тепловых полей внутри пчелиного гнезда варьирует в широких пределах. Периоды относительного покоя и активной теплогенерации пчел существенно дестабилизируют температурный режим в различных зонах их локализации. Этому способствуют миграции пчел. Температура их тела на поверхности и периферии скопления существенно различается.

На разогрев тела пчел влияет внешняя температура. При ее минусовых значениях относительно высокую температуру имеют пчелы, локализующиеся в области теплового центра, а самую низкую – в нижней части гнезда (Таблица). Колебания внешней температуры имеют сходную направленность влияния на изменение разогрева пчел, находя-



**Рис. 1.** Разогрев разных частей тела пчел на нижней (А) и верхней (Б) поверхностях скопления при разных значениях внешней температуры

щихся в разных зонах гнезда. В частности, при понижении внешней температуры от -1 до -21°C температура тела пчел, находящихся в центре скопления возрастала в среднем от  $28.5 \pm 2.8$ °C до  $30.2 \pm 2.5$ , над ним – от  $22.4 \pm 3.1$  до  $23.9 \pm 2.8$  и в нижней части гнезда –  $12.8 \pm 2.4$  до  $15.8 \pm 3.0$ °C.

Средние значения разогрева разных частей тела отличаются на десятые доли градуса. Самую высокую температуру имеет обыч-

но грудной отдел, а относительно низкую – брюшной. Минимальные значения головно-го отдела у пчел, находящихся в нижней части межсотового скопления при -1°C, равнялись 9.7, грудного – 9.6, брюшного 8.9, а при -21°C – 8.5, 8.6 и 7.8°C соответственно (рис. 1). Максимального разогрева они достигают, находясь в тепловом центре. В нем при -1°C температура головных отделов достигает 35.0°C, грудных – 35.9, брюшных – 32.8°C. Пони-

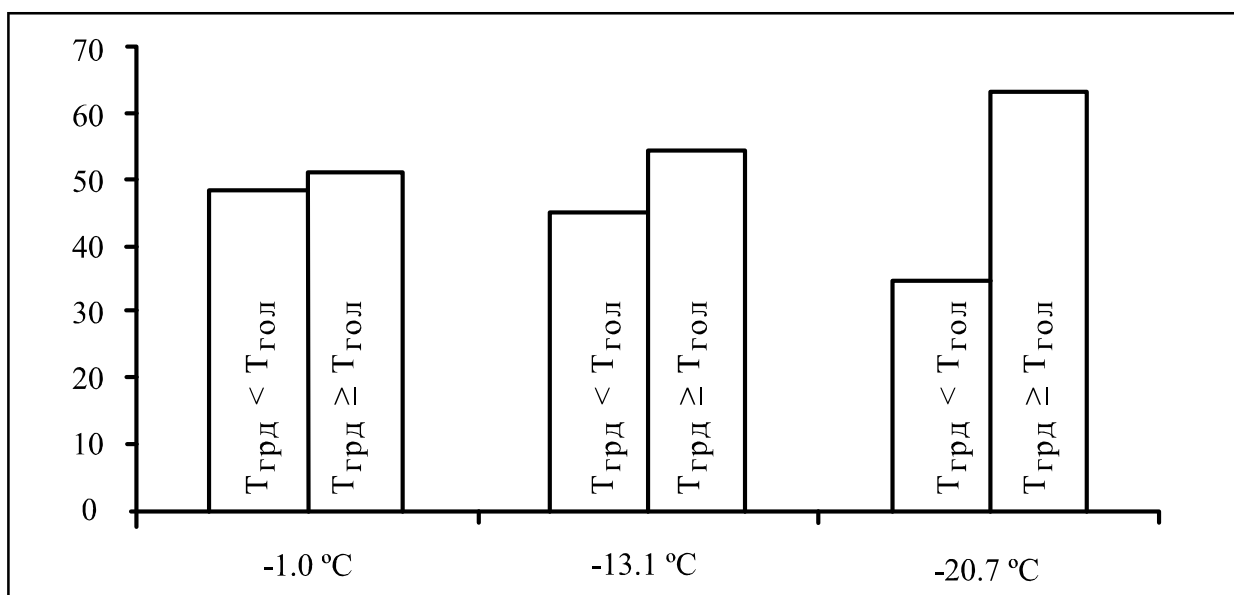
**Таблица.** Разогрев разных частей тела пчел (°C), локализирующихся на периферии и в центре их скоплений в межсотовых пространствах при разной внешней температуре

Место локализации	Отделы тела			Объем выборки	Внешняя температура, °C	
	головной <i>M±m, lim</i>	грудной <i>M±m, lim</i>	брюшной <i>M±m, lim</i>			
низ	12.7±2.2	12.8±2.4	10.9±1.9	176	- 1.0	
	9.7 – 19.5	9.6 – 20.1	8.9 – 17.7			
	28.6±3.0	28.5±2.8	27.2±2.5			
центр	25.4 – 35.0	25.7 – 35.9	24.3 – 32.8	185		
	22.8±3.2	22.4±3.1	20.0±2.9			
	18.7 – 26.5	17.8 – 25.6	17.7 – 23.9			
низ	14.7±3.1	14.7±2.8	14.1±3.3	134		- 13.1
	8.3 – 27.5	9.0 – 27.9	7.5 – 25.4			
	29.3±3.4	30.2±2.2	29.0±2.8			
центр	25.3 – 34.7	25.4 – 35.4	25.1 – 33.3	121		
	23.2±2.2	23.6±2.0	22.9±2.5			
	18.0 – 26.4	17.3 – 26.3	16.8 – 24.7			
низ	15.3±2.6	15.8±3.0	14.3±3.1	112	- 20.7	
	8.5 – 28.8	8.6 – 29.0	7.8 – 27.2			
	29.8±3.0	30.7±2.5	29.3±2.4			
центр	26.8 – 34.3	24.2 – 36.0	24.6 – 33.4	158		
	23.4±2.6	23.9±2.8	22.3±3.2			
	18.7 – 28.2	17.2 – 29.7	17.6 – 27.5			

жение внешней температуры на 20 °C существенно повлияло на максимальный разогрев пчел. Максимальная температура их головных отделов составляла 34.3 °C, грудных – 36.0 и брюшных – до 33.4 °C.

С понижением внешней температуры возрастает представительство пчел, у которых грудные отделы нагреты сильнее головных (рис. 2). Максимальное различие между ра-

зогревом головного и грудного отделами возрастает при понижении внешней температуры. При 1°С оно достигает 5.7°С, при 13 – 8.5°С и при 21 – 10.3°С, а доля пчел, у которых температура груди превосходит температуру головы не менее, чем на 2°С, равняется соответственно 25.4, 36.0 и 47.2%. Но понижению внешней температуры сопутствует уменьшение на нижней поверхности скопле-



**Рис. 2.** Представительство пчел (в процентах), находящих на нижней поверхности скопления и отличающихся по разогреву грудных (T<sub>грд</sub>) и головных (T<sub>гол</sub>) отделов в зависимости от внешней температуры

ния количества пчел, охлаждающихся до температуры стимулирующей холодовое оцепенение. В частности, при  $-1^{\circ}\text{C}$  их доля составляет в среднем  $52.4 \pm 4.9\%$ , при  $13^{\circ}\text{C}$  –  $45.7 \pm 4.1$  и при  $21^{\circ}\text{C}$  –  $32.1 \pm 3.3\%$ .

### Заключение

На охлаждение пчелы реагируют уменьшением поверхности скопления за счет уплотнения в зоне соприкосновения с холодным воздухом. При этом потоки тепла в разных направлениях отличаются из-за образующихся неоднородностей структуры скопления пчел. Суммарный поток тепла с поверхности скопления зависит от эффективной внешней поверхности, т.е. от площади, через которую отдается тепло. Она всегда меньше геометрической поверхности, а ее величина существенно зависит от локализации пчел относительно летка.

Агрегировавшиеся пчелы функционируют как простые самостоятельные субъекты с малым числом эффективных степеней свободы,

выживание которых в период зимовки в значительной мере зависит от температуры охлаждения. Не обладая способностью диапаузировать, пчелы в состоянии холодового оцепенения могут прожить всего несколько дней. Поэтому пчелам биологически целесообразно реагировать на усиление охлаждения интенсификацией теплогенерации, хотя это сопряжено с дополнительными энергозатратами, но способствует выживанию.

Регуляция пчелами внутригнездовой температуры не связана с наличием в пчелиной семье какого-то координирующего центра. Но охлаждение стимулирует активизацию термогенерации, что выражается в повышении температуры тела. Относительно высокий разогрев грудных отделов указывает на доминирующую роль грудной мускулатуры в генерации тепла.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 07-04-00305)

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еськов Е.К. Экология медоносной пчелы. Рязань: Русское слово, 1995. – 391 с.
2. Еськов Е.К. Индивидуальные и социальные адаптации пчел к зимовке// Успехи совр. биологии. 2003. Т. 123. № 4. С. 383 –

390.

3. Тобоев В.А., Нигматуллин Р.Р. Новый метод статистической обработки временных рядов: исследование коллективного поведения общественных насекомых по их терморегуляторной активности// Нелинейный мир. 2007. Т.5. №4. С. 183-193.

### WARMING-UP DIFFERENT PARTS OF WINTERING HONEY BEES DEPENDING ON THE LOCATION IN THE NEST

© 2008 V.A. Toboev  
Chuvash State University

By means of the thermo vision method there has been determined the temperature of the head, thorax and abdominal sections of bee bodies, locating in different places of intercellular spaces. As a result role in thermoregulation and protection of the bee family from super-cooling has been established.