

Антс-Йоханнес МАРТИН

## ВЕСЕННЯЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ В ГНЕЗДАХ СЕВЕРНОГО ЛЕСНОГО МУРАВЬЯ *ORMICA AQUILONIA* YARROW)

### 2. Активное разогревание гнезда

В гнездах северного лесного муравья, расположенных на вырубках или на южных опушках леса, весенний активный разогрев начинается 15—20 марта, а иногда и позже, в тенистом лесу — в апреле и продолжается в зависимости от жизнеспособности семьи, а также излучения солнца и температуры воздуха от нескольких до 14 дней. По М. Цану (Zahn, 1958) и М. Хейману (Heimann, 1963), массовое прогревание муравьев *F. rufa* и *F. polyctena* продолжается в зависимости от количества солнечного излучения и плотности заселения гнезда от нескольких дней до месяца, а иногда и дольше.

Массовое прогревание муравьев и в связи с этим активное разогревание гнезда начинаются при температурах воздуха и поверхности гнезда, превышающих минимальную температуру, необходимую для прогревания муравьев (8—10°C). М. Цан заметил муравьев на куполе муравейника уже при температуре 8°, причем они не покидали купола даже при 7,5°, несмотря на то, что в муравейнике в это время было 16° (Zahn, 1958). Важно отметить, что во время рассеянного излучения солнца температура на поверхности гнезда была выше температуры воздуха (табл. 1). Можно предполагать, что во время наблюдений М. Цана на муравейник падало рассеянное солнечное излучение и температура на куполе была выше температуры воздуха. Во время наших наблюдений выяснилось, что муравьи собираются на поверхности гнезда, которое находится на вырубке или на опушке леса, при солнечном излучении и слабом ветре даже при температуре воздуха 4—6°. На поверхности гнезда температура достигала в это время 20—25°. Под пологом леса, однако, температура была 2—3°, и на муравейниках, как правило, муравьи отсутствовали или были только единичные малоподвижные рабочие. Поэтому в гнездах, находящихся под пологом леса, массовое прогревание муравьев и активный разогрев гнезда начинаются позже, чем на вырубках или на южной опушке леса. В лесу температура воздуха низкая, кроны елей рассеивают излучение солнца, и поэтому поверхность гнезда нагревается плохо. Муравьи занимают на гнезде самые освещенные и нагретые солнцем места. При температуре поверхности гнезда ниже 10° на куполе пассивно передвигаются только одиночные рабочие. В некоторых случаях, например, весной 1976 г. в гнездах № 1401 и 1409, где условия были неблагоприятными (сильное повреждение поверхности и сырость во внутреннем конусе), муравьи уплотнились 1—2-сантиметровым слоем на вершине купола площадью 9—10 дм<sup>2</sup> уже при температуре 3,5—5,0° (табл. 1). Они не скрывались даже на ночь, хотя температура воздуха падала ниже нуля. Температура в гнезде во время активного разогревания его повышалась медленно.

Таблица 1

## Массовое прогревание муравьев на поверхности гнезда в 1976 г.

Номер гнезда*	Дата измерения	Температура воздуха, °С	Солнечное излучение	Скопление муравьев		Поверхность гнезда вне скопления		
				Т, °С	Численность на д.м <sup>2</sup>	Т, °С	Численность муравьев на д.м <sup>2</sup>	
20	14/IV	15,0	+	17,43±0,14	180—200	14,85±0,15	5—10	
129	14/IV	17,5	+	23,90±0,24	500	19,16±0,13	30—40	
899	16/IV	19,2	+	29,26±0,06	300—500	25,17±0,29	30—40	
879	16/IV	15,9	+45 мин	21,44±0,10	500	16,10±0,22	15—20	
				22,72±0,04	500			
				19,82±0,04	500			
				22,75±0,05	500			
				22,64±0,05	500			
858	22/IV	7,3	+—30 мин	8,54±0,06	300—500	7,87±0,17	1—2	
841	22/IV	7,6	+—45 мин	8,31±0,03	300—500	7,72±0,08	1—2	
1401	9/IV	4,6	+-	2,25±0,17	300—500	—	—	
1409	9/IV	4,6	+-	1,94±0,09	300—500	—	—	
1401	14/IV	13,2	+	23,49±0,26	500	18,17±0,12	15—20	
1409	14/IV	13,7	-	13,75±0,25	150—200	13,25±0,15	—	
103	14/IV	18,2	++	+	27,70±0,33	250—300	31,56±0,47	10—15
							30,65±0,47	60—70
							24,04±0,13	60—70
							19,98±0,25	20—30
							—	—

Примечание. Прямое излучение (++); рассеянное излучение (+); сильно рассеянное излучение (+—); небо в облаках (-); 30 и 45 мин — время прямого излучения в солнечный день.

\* Гнездо № 103 находится на опушке леса, все остальные в лесу; гнезда № 1401 и 1409 поврежденные.

При температуре выше 15° количество муравьев на куполе резко увеличивается. Максимальное количество греющихся рабочих муравьев наблюдается при максимальной температуре поверхности гнезда, которая не превышает 30° (табл. 1). Температура выше 30° вызывает неkoordinированные торопливые движения у муравьев, и число их на муравейнике резко уменьшается. При температуре 35° и выше муравьи покидают перегретую часть гнезда и переселяются в другое место с более подходящей температурой. Температура прогретых муравьев в то время, когда гнездо освещено солнцем, незначительно отличается от температуры поверхности гнезда, но существенно выше температуры воздуха (табл. 1). Данные о прогревании муравьев *F. polyctena*, полученные К. Гессвальдом и Г. Кнейцом (Gösswald, Kneitz, 1964), совпадают с нашими.

Для разогревания гнезда необходимо, чтобы на поверхность его выходили муравьи с сильно развитыми жировыми телами. Прогревание муравьев на куполе сопровождается превращением запасных веществ в их организме (Kneitz, 1970). Наши анализы, проведенные совместно с Т. Хансен и М. Вийк, показали, что основным субстратом для мышеч-

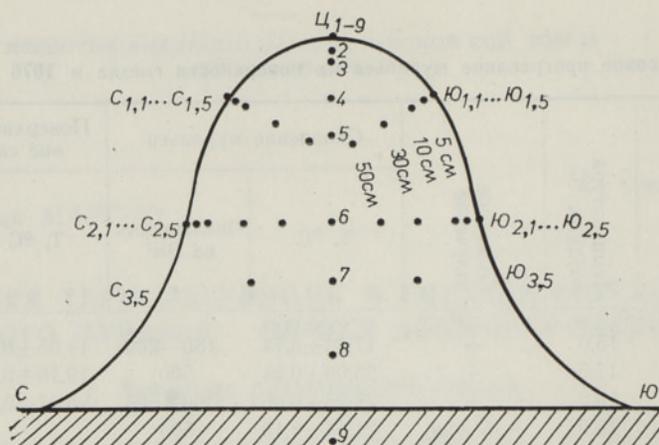


Рис. 1. Расположение термометров в гнездах северного лесного муравья. Разрез по оси С—Ю, разрез В—З аналогичен (термометры расположены в следующих точках: В<sub>1,1</sub>—В<sub>1,5</sub>, В<sub>2,1</sub>—В<sub>2,5</sub>; З<sub>1,1</sub>—З<sub>1,5</sub>, З<sub>2,1</sub>—З<sub>2,5</sub>). Термометры Ц<sub>6</sub>, Ц<sub>7</sub>, Ц<sub>8</sub>, Ц<sub>9</sub> расположены в центре гнезда.

ной активности, а также для разогревания гнезда, являются жиры, поскольку углеводы в значительной мере расходуются в холодные периоды (Хансен, Вийк, 1979). В результате мышечной активности освобождается тепловая энергия, которая позволяет повысить температуру в гнезде до нужного для нормального развития молоди уровня (26—30°) (Мартин, 1977). Известно, что во время полета или работы других мышц насекомых 80% энергии превращается в тепловую (Weis-Fogh, 1952, 1972; Heinrich, 1973).

В первые дни активного разогревания муравейник в целом остается прохладным. Температура в разных частях гнезда почти одинаковая; прохладнее на теневой стороне и в приземных камерах (рис. 1, 2А и 3). Суточные колебания температуры небольшие. В 1973 г. 20—29 марта максимальная температура в гнездах № 815 и 1211 повысилась до 9,5°, что было обусловлено повышением температуры воздуха (пассивное прогревание) до 13°. На куполе появились первые муравьи. Теплее было днем в поверхностных слоях купола, особенно в гнездах, находящихся на южной опушке леса. До 15 апреля температура в этих гнездах существенно не изменялась. С 15 по 18 апреля в центре верхушки гнезда температура повысилась до 28,8°, в гнездах № 1783 и 1624 (с 18 по 20 апреля) — соответственно с 12,8 до 29° и с 11,3 до 29,3°. Температура поверхностных слоев купола существенно не повышалась и оставалась ниже температуры внутреннего конуса. В то же время максимальная температура воздуха вблизи указанных муравейников была 11,4°.

Более подробно разогревание было изучено в гнездах № 1413 и 879 (в 1976 г.). В первом гнезде резкое повышение температуры началось 15 апреля в 18.25 ч (1976) и продолжалось до утра (рис. 2А, Б). Самое интенсивное разогревание наблюдалось вечером, когда ветер ослабел. Количество муравьев на куполе уменьшилось, а в верхней части гнезда, где они уплотнились, в то же время увеличилось (это выяснилось при вскрытии поверхности гнезда). Температура гнезда стала подниматься там же, но только в центре, в одной точке внутреннего конуса. Термо-

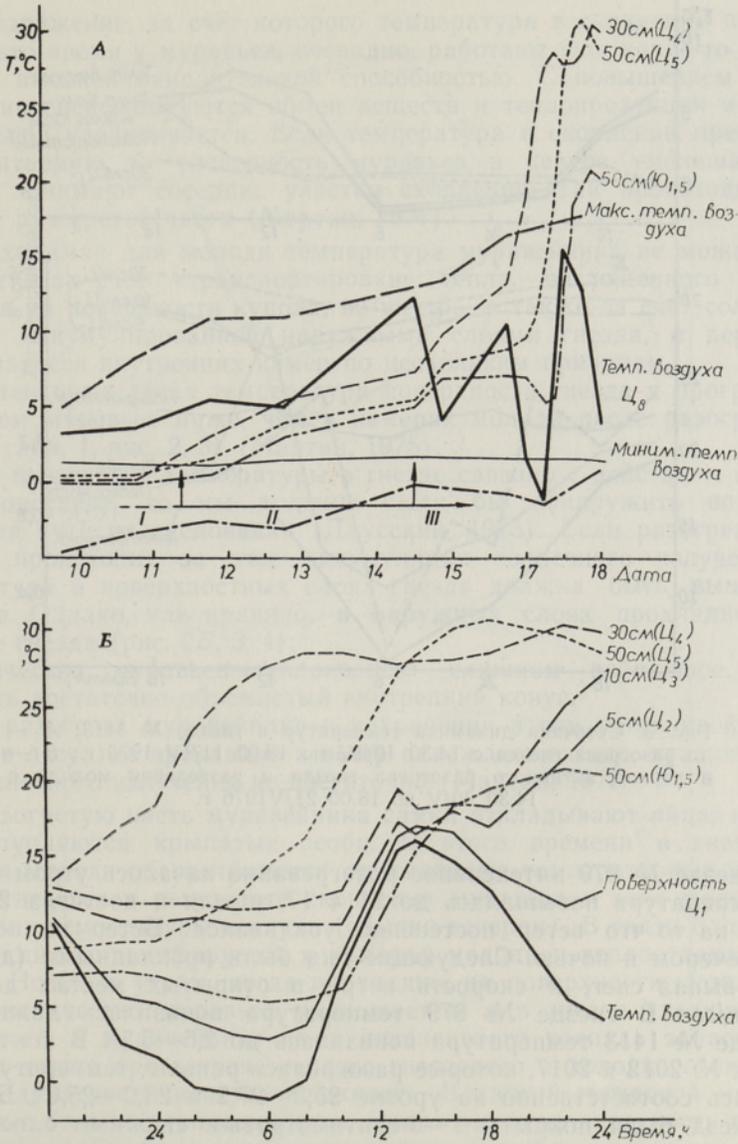


Рис. 2. Весенний разогрев гнезда № 1413 (высота купола 150 см, диаметр 325 см). А — 9/IV—17/IV 1976 г.; Б — с 8.25 15/IV по 23.45 16/IV 1976 г.

I — пассивное прогревание гнезда, первые муравьи появились на гнезде (указано стрелкой); II — пассивное прогревание гнезда, муравьи вышли многочисленнее; III — активный разогрев, муравьи вышли массами и массовое прогревание муравьев. Расположение термометров см. на рис. 1.

метры, находящиеся рядом, не зарегистрировали повышения температуры, какое отмечалось в центре. В гнезде № 1413 температура на следующее утро в 9.15 ч достигала 28,7°, и оставалась постоянной, но разогревающаяся часть стала расширяться, т. е. соседние термометры стали регистрировать быстрое повышение температуры (рис. 2).

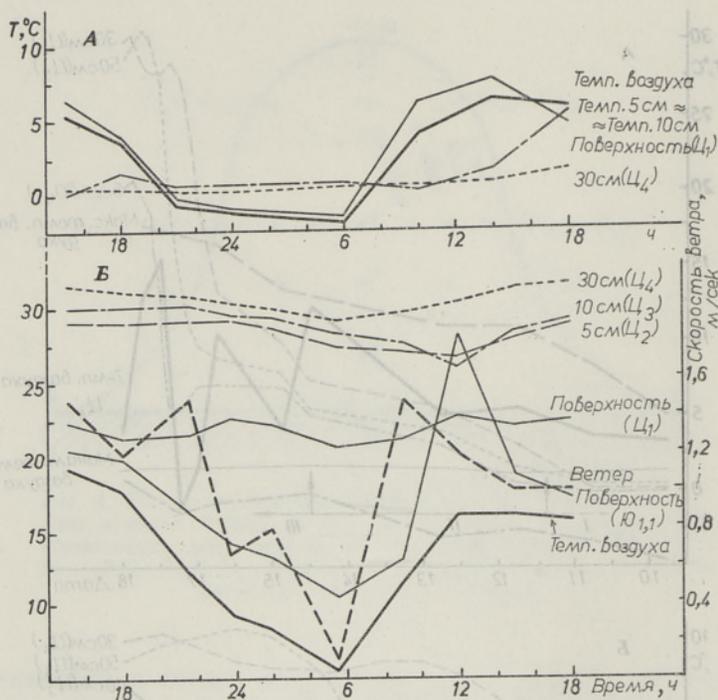


Рис. 3. Суточная динамика температур в гнезде № 1413: А — до разогрева гнезда с 14.30 10/IV по 18.00 11/IV 1976 г.; Б — в период активного разогрева гнезда и разведения молоди с 14.30 20/V по 18.00 21/V 1976 г.

В гнезде № 879 интенсивное разогревание началось утром 16 апреля. Температура повышалась до 21 ч 17 апреля и достигла  $22,8^\circ$ , несмотря на то что ветер постепенно усиливался. Ветер не ослабевал даже вечером и ночью. Следующие дни были прохладными (до 22 апреля), выпал снег, и скорость ветра в открытых местах достигала 5—10 м/сек. В гнезде № 879 температура понизилась даже до  $0^\circ$ . В гнезде № 1413 температура понизилась до  $2,5$ — $5,5^\circ$ . В контрольных гнездах № 2012 и 2017, которые разогрелись раньше, температура удерживалась соответственно на уровне  $25,8$ — $27,2$  и  $23,0$ — $25,0^\circ$ . Большинство гнезд были покрыты 1—3-сантиметровым снежным слоем, разогревшиеся же муравейники с плотным заселением были открыты, и из них шел пар.

Предполагаемый механизм разогрева муравейника следующий: прогретые муравьи спускаются с поверхности купола в гнездо (обычно вечером из-за понижения температуры воздуха), скапливаются внутри муравейника и, непрерывно шевелясь, резко поднимают его температуру (Мартин, 1977). Резкие подъемы температуры в гнезде сменяются резкими уменьшениями плотности муравьев на куполе. В первую очередь разогревается центр «внутреннего конуса» на глубине 30—40 см (Длусский, 1975). Во время прогревания муравьев на куполе запасные вещества (жиры) в их организме превращаются в поставщиков мышечной энергии. Прогретье в скоплении муравьи, вероятно, стремятся к более теплomu центру, где температура ближе к предпочитаемой ими, и вытесняют муравьев из середины на периферию. Вытесненные муравьи, в свою очередь, стремятся опять к центру. Происходит непрерыв-

ное передвижение, за счет которого температура в скоплении повышается. В это время у муравьев, очевидно, работают еще какие-то группы мышц с высокой окислительной способностью. С повышением температуры интенсифицируются обмен веществ и теплопродукция и активность мышц увеличивается. Если температура в скоплении превышает предпочитаемую, то численность муравьев в центре уменьшается, и рабочие занимают соседние участки скопления. Так происходит расширение разогретой части (Мартин, 1977).

Необходимая для молоди температура муравейника не может быть достигнута за счет «транспортировки» тепла, поглощенного телами муравьев на поверхности купола, во внутрь, а также за счет солнечной энергии, аккумулированной наружными слоями гнезда, и передачей ее для нагрева внутренних камер по нескольким причинам.

1. В затененных лесах температура поверхности гнезда и прогретых на нем муравьев ниже, чем в камерах молоди после разогретья гнезда (табл. 1, рис. 2, 3) (Мартин, 1975).

2. Если повышение температуры в гнезде связано с действием муравьев-«теплоносцев», то мы должны были бы обнаружить во время разогрева пути их следования (Длусский, 1975). Если разогрев муравейника происходит за счет аккумуляции солнечного излучения, то температура в поверхностных слоях гнезда должна быть выше, чем в центре. Однако, как правило, в наружных слоях прохладнее, чем в центре гнезда (рис. 2Б, 3, 4).

3. Количество муравьев-«теплоносцев» слишком небольшое, чтобы разогреть достаточно объемистый внутренний конус.

4. Для разогрева муравейника и сохранения в нем устойчивой температуры в лесу, где прохладно и ветер охлаждает гнездо, кратковременного солнечного излучения не достаточно (Мартин, 1975).

В разогретую часть муравейника самки откладывают яйца, из которых вылупляются крылатые особи. С этого времени в гнезде для развития молоди обеспечиваются оптимальные температурные условия. Это достигается в результате скопления муравьев в зоне молоди при понижении температуры воздуха (обычно вечером). В связи с этим теплопродукция концентрируется в камерах молоди и теплоотдача уменьшается. Ночью и утром, когда прохладно, на поверхности купола и на тропях количество муравьев уменьшается, а в гнезде увеличивается. Кроме того, в муравейнике из-за интенсивного распада запасных веществ, а также при встрече теплого гнездового и холодного окружающего воздуха увеличивается влажность. Влажный гнездовой материал и воздух с большой теплоемкостью имеют высокую инертность по отношению к колебанию температуры среды. Влажность гнезда зависит также от заселенности муравейника, его местонахождения, а также от гнездового материала и осадков. Оптимальная температура достигается также за счет перемещения молоди в пределах гнезда в зависимости от микроклимата (Andrews, 1927, 1932; с муравьями *F. exsectoides*). Во время длительной прохлады муравьи с молодой перемещаются в южную часть гнезда. В муравейниках, находящихся на вырубках или на южной опушке леса, самки откладывают весной первые яйца в южной части купола, часто на глубине 10—15 см. Позже в южной части гнезда солнце сильно перегревает камеры с молодой, и поэтому рабочие муравьи переносят расплод в центр гнезда или же в затененную часть муравейника, где колебания температуры воздуха меньше (Мартин, 1975; Martin, 1975). В наветренной части гнезда интенсифицируется обмен более холодного окружающего и более теплого внутреннего воздуха, поэтому температура в этой части муравейника понижается. Молодь

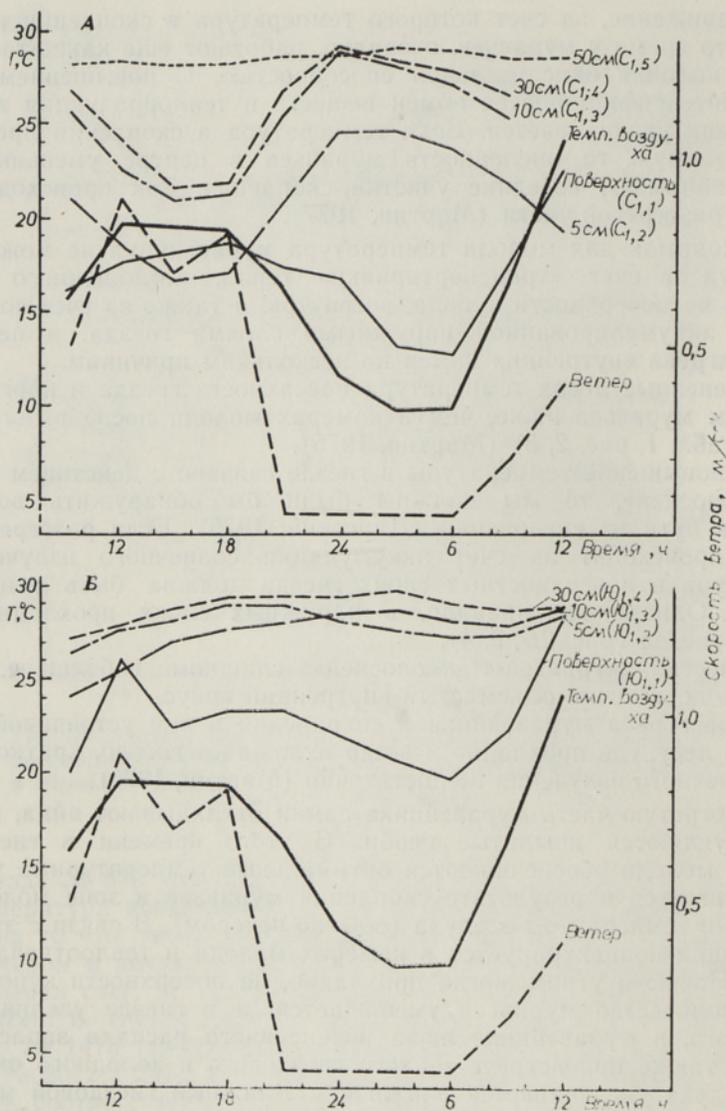


Рис. 4. Суточная динамика температур с 9.00 21/VI по 12.00 22/VI 1973 г. в гнезде № 879 (высота купола 127 см, диаметр 170 см) во время северного ветра с надветренной (А) и подветренной (Б) сторон. Расположение термометров см. на рис. 1.

переносится на противоположную сторону муравейника, где сохраняется более высокая температура. Вечером, когда ветер ослабевает, температура в охлажденной части (днем надветренная) муравейника резко поднимается, хотя температура воздуха в это время снижается (рис. 4). Это происходит не столько за счет естественного теплообмена между различными частями гнезда, сколько за счет продуцирования тепла самими муравьями, переходящими сюда из других частей муравейника при ослаблении ветра (Мартин, 1975). В молодых и небольших гнездах муравьев слишком мало, чтобы разогреть муравейник до нужного уровня. Поэтому во время солнечного излучения муравьи пере-

Таблица 2

Прогревание личинок и куколок на куполе гнезда во время солнечного излучения  
20 мая 1973 г.

Номер гнезда	Температура воздуха, °С	Температура поверхности гнезда, °С	Температура куколок		Температура личинок	
			Вынесенных на гнездо	Отнесенных в гнездо	Вынесенных на гнездо	Отнесенных в гнездо
1	17,5	30,2±1,2	22,5±0,5	27,2±0,3	22,8±0,6	29,1±0,7
2	17,5	29,0±1,5	20,5±0,5	28,5±0,7	24,3±0,2	30,0±0,8

таскивают расплод прогреться на купол, а затем прогретых личинок и куколок относят обратно в гнездо (табл. 2). Если теплая погода удерживается, то температура в большей части гнезда повышается до 31,5—32,0°, и повышается влажность. Г. Шмидт показал, что развитие расплода малого лесного муравья при высокой температуре (выше 28,0°) задерживается в связи с высокой влажностью в камерах молоди (Schmidt, 1968). В таких условиях время от времени личинок и куколок выносят на поверхность гнездового купола, где более низкая температура.

Оптимальный температурный режим обеспечивается также междугнездовой терморегуляцией. В естественных условиях, если температура в гнезде на длительный срок повышается до 31,5—32,0°, а влажность выше 90%, группа муравьев вместе с самками и молодею переселяется в дочернее гнездо; часто заселяются брошенные гнезда или строятся отводки на новых местах. В результате этого численность муравьев в материнском гнезде уменьшается и теплопродукция понижается. При понижении температуры в материнском и дочернем гнездах ниже оптимальной муравьи переселяются обратно. В экспериментальных условиях рабочие муравьи с негативным фототаксисом стали

Таблица 3

Потеря тепла через отверстия ходов в гнезде

Номер гнезда	Время измерения	Температура, °С		Место измерения температуры на поверхности гнезда	Температура, °С		
		Воздуха	В гнезде на глубине 30 см		Поверхности на южной стороне	В отверстии на южной стороне	В отверстии на подветренной стороне
151	22/IV, 9.00	3,6	23,8	Вершина	6,82±0,34	9,34±0,59	
				2/3	4,84±0,41	6,90±0,67	13,23±0,29
				1/2	4,21±0,22	4,10±0,17	
899	22/IV, 9.40	4,6	24,8	Вершина	10,82±0,28	17,58±0,37	
				2/3	9,20±0,47	14,40±0,51	19,73±0,68
				1/2	5,27±0,35	9,05±0,48	
815	22/V, 4.45	6,3	29,0	Вершина	23,47±0,22	24,58±0,24	
				2/3	10,02±0,17	14,94±0,21	25,36±0,08
				1/2	9,20±0,19	12,72±0,23	

выходить из гнезда вместе с куколками при повышении температуры выше  $29,7 \pm 0,3^\circ$ . Массовый выход отмечен при  $32-33^\circ$  (если эксперименты проводились в темноте, то муравьи двигались по арене рассеянно, при включении света они скрывались под кант барьера, где было темнее). Муравьи возвращались в гнездо при понижении температуры ниже  $30,0^\circ$ .

Закрытием отверстий ходов гнезда в прохладную погоду (низкая температура, сильный ветер, дождь) препятствуется вентиляция муравейника (McCook, 1877). Отверстия ходов не закрываются каждый день при понижении температуры воздуха вечером или при кратковременном дожде, даже если через ходы происходит значительная потеря тепла, особенно на вершине и в подветренной части гнезда (табл. 3).

Из сказанного следует, что терморегуляция в гнездах северного лесного муравья происходит за счет продуцирования муравьями тепловой энергии при работе мышц, в концентрировании ее для разогревания камер молодежи и в таких поведениях муравьев, которые обеспечивают оптимальный микроклимат для развития молодежи.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Длусский Г. М. Весенний разогрев гнезд у рыжих лесных муравьев (*Formica rufa* L., *Hymenoptera*, *Formicidae*). — Науч. докл. высш. школы. Биол. н., 1975, 12, 23—28.
- Мартин А. А. Терморегуляция в гнездах *Formica aquilonia* Yarr. Муравьи и защита леса. Мат. симпозиума. М., 1975, 152—156.
- Мартин А. А. Роль физиологической теплоты в терморегуляции гнезд рыжих лесных муравьев. Исследования по проблемам экологии и рационального использования природных ресурсов. Тарту, 1977, 67—69.
- Хансен Т. Э., Вийк М. О. Биохимические аспекты зимовки северного лесного муравья (*Formica aquilonia*). Муравьи и защита леса. Мат. симпозиума. Тарту, 1979, 136—138.
- Andrews, E. A. Ant-mounds as to temperature and sunshine. — J. Morphol. Physiol., 1927, 44, 1—19.
- Andrews, E. A. An ant hill. The Scientific Monthly, 1932, 34, 97—114.
- Gösswald, K., Kneitz, G. Untersuchungen zum Verhalten von Waldameisen unter verschiedenen Strahlenquellen. — Waldhygiene, 1964, 5, 199—214.
- Heimann, M. Zum Wärmehaushalt der Kleinen Roten Waldameise (*Formica polyctena* Foerst.). — Waldhygiene, 1963, 5, 1—32.
- Heinrich, B. Mechanisms of insect thermoregulation. Eif. Temp. Ectothermic Organisms, 1973, 139—150.
- Kneitz, G. Saisonale Veränderungen des Nestwärmehaushaltes bei Waldameisen in Abhängigkeit von der Konstitution und dem Verhalten der Arbeiterinnen als Beispiel vorteilhafter Anpassung eines Insektenstaates an das Jahreszeitenklima. — Verh. Dtsch. zool. Ges., 1970, 64, 318—322.
- Martin, A.-J. Laanekuklane (*Formica aquilonia* Yarrow) pesade kuju ja orienteeritus sõltuvalt asukoha tingimustest. — ENSV TA Toim., Biol., 1975, 24, 109—117.
- McCook, H. C. Mound-making ants of the Alleghanies, their architecture and habits. — Trans. Amer. Ent. Soc., 1877, 6, 253—297.
- Schmidt, G. H. Energiebilanz während der Metamorphose von *Formica polyctena* Foerst. — Z. angew. Entomol., 1968, 61, 61—109.
- Weis-Fogh, T. Fat composition and metabolic rate of flying locusts (*Schistocerca gregaria* Forskal). — Philos. Trans. Roy. Soc. L., 1952, 237, 1—36.
- Weis-Fogh, T. Energetic of hovering flight in humming-birds and in *Drosophila*. — J. Exptl. Biol., 1972, 56, 79—104.
- Zahn, M. Temperatursinn, Wärmehaushalt und Bauweise der Roten Waldameisen (*Formica rufa* L.). — Zool. Beiträge, 1958, 3, 127—194.

Институт зоологии и ботаники  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
11/III 1979

Ants-Johannes MARTIN

KEVADINE TERMOREGULATSIOON LAANEKUKLASE (*FORMICA AQUILONIA* YARROW) PESADES

2. Pesa aktiivne kütmine

Sipelgate massilise soojenemisega kaasneb nende fermentatiivse mehhanismi aktiveerimine ja varuainete lagundamine. Osa varuaineid kulutatakse töösipelgate lihasetöök. Sipelgad kogunevad tiheda sülemina haudekambritesse, kus nende vahetpidamata liikumise tõttu tõuseb temperatuur kiiresti (kuni 2° tunnis) haude arenguks vajaliku 26–30°-ni — toimub pesa aktiivne kütmine.

Ants-Johannes MARTIN

VERNAL THERMOREGULATION IN MOUND NESTS OF *FORMICA AQUILONIA* YARROW

2. The active heating of brood chambers

The presumable mechanism of an active heating of the brood chambers is the following: during the basking period, the reserve lipid disintegrates, serving as the main energy substrate for muscular activity. Reserve sugars (glucose and other monosaccharoids) are used during the winter months, when the temperature in hibernating chambers is 0 to 1.5°C. After basking on the nest surface, ants cluster in brood chambers (usually in the evening, when the air temperature falls). At that time the numbers of ants on the mound surface and on routes decrease. It is warmest in the centre of the cluster, which the ants try to reach. Some ants are pushed away from the centre to the surface of the cluster. Workers, in turn, try to return to the centre. Thus the ants are in a continuous movement. Probably at that time, in addition to leg muscles, some other group of muscles with a high oxidative ability begins to work. As a result of the metabolism level rise heat is liberated, and the temperature begins to rise. When the temperature in the centre of the cluster has reached the optimum, the density of ants decreases there. This way the temperature, having stabilized at the optimum level 26 to 30°, causes a rise in the temperature of the neighbouring brood chambers.

The optimum temperature and its regulation in the mound nests of *Formica aquilonia* are ensured (1) by the production of heat energy during muscular activity, (2) by a concentration of temperature for the warming up of brood chambers, (3) by the behavioural reactions of ants, which, being in accordance with changes in environmental conditions, will guarantee a permanent microclimate throughout the brood development, and (4) by the nest structure (surface layer, the relationship between the mass of material and volume of brood chambers).

If the air temperature is low for a longer period, the temperature in the mound nest falls as well. In such case the activity of ants outside the nest decreases. Workers cluster in brood chambers, where they continuously move; thus the heat production increases. When the diurnal average temperature is high for a prolonged period of time, the nest temperature and humidity exceed the optimum level. The ants cannot regulate the temperature and humidity of the brood chambers. A part of ants, workers of negative phototaxes, and queens, resettle in an abandoned daughter-nest or build a new mound nest. With that the density of ants in the dominant nest decreases and so does the heat production. The temperature and humidity normalize.

In their choice of the nesting place and brooding site in a mound, the ants depart from their former environment. They will prefer places with the least harmful effect and with temperature most favourable for brood development. As the losses of heat at entrances of the nest are considerable, the entrances are closed when cold weather, a strong wind and rainfall last for a long time.

The intense metabolism of ants and the contact of cold and warm air increase the humidity content in brood chambers, which makes the nest more resistant to changes in the air temperature.