

НЕПРЕРЫВНАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА ОБЫКНОВЕННОЙ ГАДЮКИ ЛЕТОМ

© 2014 Н.А. Литвинов, Н.А. Четанов

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь

Поступила 21.06.2014

Постоянная регистрация температуры тела логгерами iBDL у светлой и чёрной беременных гадюк летом показала отсутствие у них ночной активности. В холодное утро чёрная гадюка разогревается значительно быстрее светлоокрашенной, что даёт ей преимущество в достижении оптимальной температуры тела. Скорость утреннего разогрева у змей выше скорости вечернего остывания. Максимальная температура тела беременных гадюк находится в интервале 37,1–38,2°C. Высокий уровень температуры у чёрной гадюки достигается при относительно низкой внешней температуре, а у светлой – при относительно высокой. Чем выше температура воздуха, тем ниже её связь с температурой тела змей и ниже её сила влияния на эту температуру. С понижением внешней температуры связь и сила влияния усиливаются.

Ключевые слова: обыкновенная гадюка, температура тела, постоянная регистрация

Как известно, рептилии – эктотермные животные с низкой эндогенной термпродукцией, практически полностью зависимые от внешних источников тепла. Обыкновенная гадюка, такой популярный у европейских герпетологов вид, не является исключением. Температуре тела, её сезонная динамика, способы регуляции и многое другое является предметом пристального внимания специалистов и предметом дискуссий. В частности вопрос об адаптивности тёмной окраски гадюк в качестве своеобразного способа терморегуляции в условиях пониженной температуры, например в горах, или в условиях с повышенной влажностью постоянно присутствует в литературе [3, 5, 6, 7, 8].

МЕТОДИКА

Скорее всего, метод постоянной регистрации температуры тела может считаться наиболее объективным показателем всех форм термостабилизирующего поведения рептилий. Разовые измерения температуры тела, пусть даже выполненные на большом количественном материале и в разное время суток могут считаться близкими к действительности, но, все же, только косвенными доказательствами наличия той или иной формы такого поведения.

Для непрерывной регистрации температуры тела пяти крупным беременным самкам обыкновенной гадюки под кожу спины были вшиты регистраторы iBDL типа «таблетка». В каждой змее находился один регистратор, примерно посередине спины рабочей поверхностью к телу. Змеи

обездвиживались парами хлороформа в течение трёх-четырёх минут (наблюдалось слабое шевеление), после чего в разрез кожи вводился регистратор с нанесённым на него тонким слоем 10%-ного линимента синтомицина и разрез зашивался кетгуттом. Шов дезинфицировался медицинским клеем. Змеи были выпущены на следующий день в места поимки и уже через день мы наблюдали их в состоянии утреннего нагревания. Поскольку у обыкновенной гадюки хорошо выражена территориальность, то эти змеи неоднократно встречались при последующих посещениях их мест обитания. Поведение змей внешне не отличалось от поведения других гадюк. Их суточная активность начиналась и заканчивалась примерно в то же время, что и у других змей. Как правило, утром они встречались в состоянии обогрева, свернувшись на кочках со светлой сухой травой. Таким образом, повторный отлов двух из пяти змей с целью извлечения из них логгеров не составил особого труда. Для сравнения температур два логгера регистрировали температуры приземного воздуха (в дальнейшем просто «воздуха»), почти касаясь грунта, в местах повторных встреч выпущенных змей. Как правило, змеи были замечены на расстоянии не более 10-15 м от установленных логгеров.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В первой гадюке светлой окраски (L. 630; L. cd. 80; m=143,2 г) с хорошо выраженной зигзагообразной полосой логгер находился в течение 16 суток в мае-начале июня и во второй гадюке (L. 600; L.cd. 70; m=121,2 г) 22 суток в июне. Поскольку термограммы обеих гадюк внешне очень похожи, приведем в качестве иллюстрации термограмму первой гадюки.

В таком виде термограмма даёт только самое общее представление о ходе температур. На рис. 1 хорошо заметно, что температура тела змей но-

Литвинов Николай Антонович, кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой зоологии, ganshchuk@mail.ru; *Четанов Николай Анатольевич*, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры зоологии, chetanov@yandex.ru

чью никогда не опускается до минимальных значений температуры воздуха. Вторая закономерность заключается в том, что за редким исключе-

нием в тёплый период дня температура тела змей заметно превышала температуру воздуха.

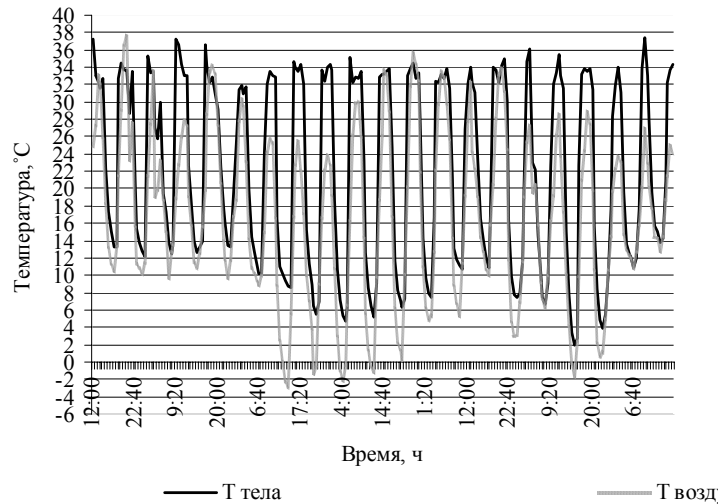


Рис.1. Термограмма приземного воздуха и температуры тела гадюки светлой морфы в течение 16 суток в мае-начале июня

Для удобства разделим массивы на четыре поведенческих периода в течение суток: «утреннее нагревание», «дневная активность», «вечернее остывание после ухода в ночное укрытие» и «ночь». Поскольку приземная температура была очень изменчива, выделим «тёплый день» с температурой порядка 25,0-38,0°C, «прохладный день» (10,0-24,0°C), «тёплая ночь» (10,0-20,0°C) и «холодная ночь» (-2,0-9,0°C).

Утреннее нагревание

Начало разогрева, то есть утренний выход из ночных убежищ у светлой гадюки в мае в тёплый день и, соответственно, теплое утро приходится на 7.30-8.30 ч. при температуре приземного воздуха 17,0-21,0°C. В холодное утро, переходящее в пасмурный и прохладный день утренний выход происходит позже – в 10-11 часов при температуре 15,0-16,5°C. Черная гадюка в июне (июнь 2014 г. в Прикамье оказался холоднее мая) в теплое утро появляется на поверхности примерно в это же время, но при внешней температуре несколько ниже: 10,0-15,0°C. В холодное утро – примерно с такой же задержкой, что и светлая змея при температуре 8,0-13,0°C.

В целом, чёрная гадюка при похожих утренних температурах разогревалась в 1,6 раз быстрее, чем светлая, но только в прохладное утро. В теплое утро обе змеи нагреваются примерно с одинаковой скоростью (табл. 1).

Таблица 1. Скорость утреннего разогрева светлой и черной гадюк (град./мин.)

Температура воздуха	Светлая	Черная	Достоверность различия
Теплое утро (16-21°C)	0,16	0,16	-
Прохладное утро (8-15°C)	0,17	0,28	$t=15,2$; $P<0,001$

Дневная активность

В жаркий день наблюдались два варианта температуры тела, обусловленных разными способами терморегулирующего поведения обеих гадюк. В первом случае температура тела змей в течение всего дня была выше максимальных значений температуры приземного воздуха (рис. 2). Во втором случае, но гораздо реже змеи не допускали критического подъёма температуры тела, уползая в тень, и тогда их температура оказывалась ниже внешней (рис. 3). Обычно змеи находили тень в основании заросшей осокой кочки под довольно густым травяным пологом.

В жаркий день разница между температурой тела светлоокрашенной гадюки и температурой воздуха в период от полного нагрева до ухода в ночное убежище составляла примерно 6,0°C. У черной эта разница оказалась равной 8,3°C. В прохладный день различие было выражено ещё сильнее: у светлой 11,8°C, у черной 16,7°C.

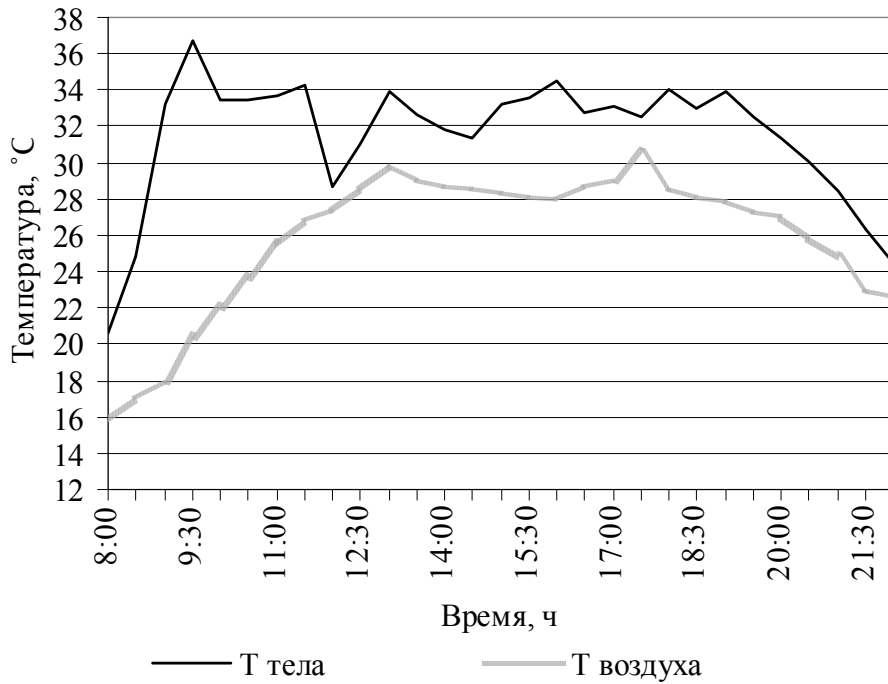


Рис. 2. Внешняя температура ниже температуры тела чёрной гадюки

И у светлой, и у черной гадюк за весь период регистрации три раза отмечено не более чем тридцатиминутное превышение температуры в 37,0°C. Интересно, что у светлой змеи этим превышениям (37,2°; 37,3° и 37,5°C) соответствовали довольно высокие значения температуры приземного воздуха: 24,8°C; 18,8°C и 26,9°C. У черной змеи уровню 37,1°C соответствовала температура всего 11,2°C; уровню 37,4°C соответствовала 14,8°C и рекордному уровню в 38,2°C – 19,9°C. Такая разница в 18,3°C отмечена в 16.30 ч. довольно прохладного дня с дневными температурами порядка 15-17°C. До 24,3°C воздух в этот день разогрелся только к 18 часам (рис. 4). Зубцы на термограмме тела змеи говорят о её терморегулирующем поведении – то нагреве, то уходе в тень. Для Карелии А.В. Коросов [1] указывает, что «при любых обстоятельствах температура тела гадюки не превышает значения 35°C».

Уровень температуры тела, при достижении которого возникает тенденция к недопущению дальнейшего её роста, рассчитанный методом линейной регрессии соответствует у светлой гадюки 31,6°C в тёплый, даже жаркий день и 30,5°C – в прохладный. У черной гадюки эти уровни, соответственно 32,9°C и 28,8°C. Это близко к уровню в 30,0°C, который мы ранее указывали для этого вида [2].

Вечернее остывание

Как правило, змеи ещё остаются вне укрытий, поддерживая высокий уровень температуры тела до того, как начинается вечернее снижение температуры воздуха (рис. 2 и 4). Обычно этот период длится от получаса до полутора часов. Предполагаем, что снижение температуры тела начи-

нается с момента ухода змеи в укрытие, как правило, под кочку, на которой утром она располагается для стартового обогрева. За начальную температуру остывания мы принимали ту, с уровня которой начинается её снижение. Конечная температура остывания та, с уровня которой начинается её ночная стабилизация. Во всех случаях выражен температурный гистерезис - скорость остывания значительно ниже скорости утреннего разогрева. Светлая змея в тёплый вечер остывает в 2 раза медленнее утреннего разогрева, а в прохладный – в 1,7 раз. Черная гадюка в тёплый вечер остывает в 2,3 раза медленнее утреннего нагревания, а в прохладный вечер в 5,6 раз медленнее (табл. 2).

Таблица 2. Скорость вечернего остывания светлой и черной гадюк (град./мин.)

Температура воздуха	Светлая	Черная	Достоверность различия
Теплый вечер (16-21°C)	0,08	0,07	t=6,76; P<0,001
Прохладный вечер (8-15°C)	0,10	0,05	t=11,6; P<0,001

Отметим, что в прохладный вечер черная змея остывала в 2 раза медленнее светлоокрашенной, хотя цвет в этом случае вряд ли что-то решает. Скорее всего, разные скорости остывания зависят от месторасположения ночёвки (глубины, типа почвы и т.д.). Напомним, что размеры змей

были довольно близки, причем светлая гадюка немного длиннее и тяжелее.

Ночь

Ночная температура приземного воздуха в мае иногда опускалась ниже нуля с абсолютным минимумом в $-2,1^{\circ}\text{C}$. В июне абсолютный минимум ночной температуры составил $4,2^{\circ}\text{C}$. Судя по термограммам (рис. 5 и 6), ночная активности змей на поверхно-

сти субстрата отсутствует. Термограмма (рис. 5) демонстрирует падение температуры воздуха до отрицательного значения, но при этом температура тела змеи не опускается ниже $1,9^{\circ}\text{C}$. Хорошо заметно, что утром температура змеи растёт, обгоняя рост внешней температуры. В это время змея, видимо, уже покинула ночное убежище.

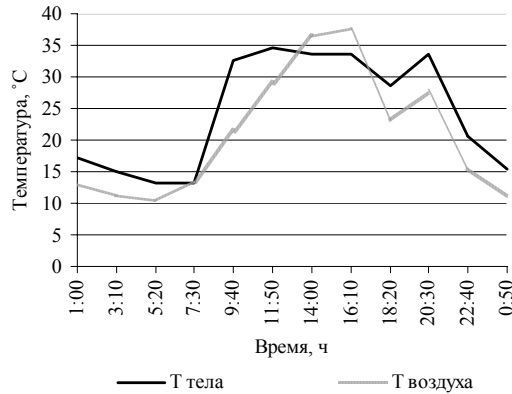


Рис. 3. Внешняя температура выше температуры тела светлой гадюки

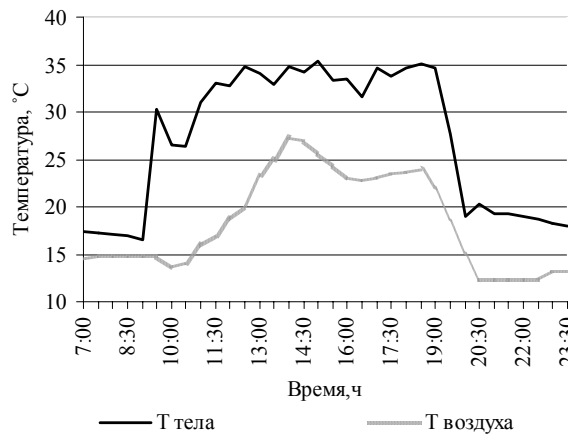


Рис. 4. Рекордно быстрый разогрев чёрной гадюки в прохладный день

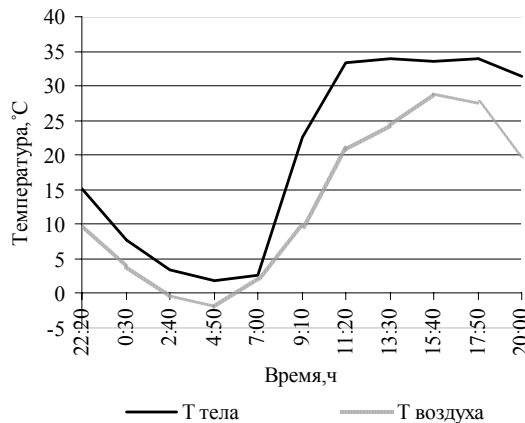


Рис. 5. Холодная ночь и последующий день светлой гадюки

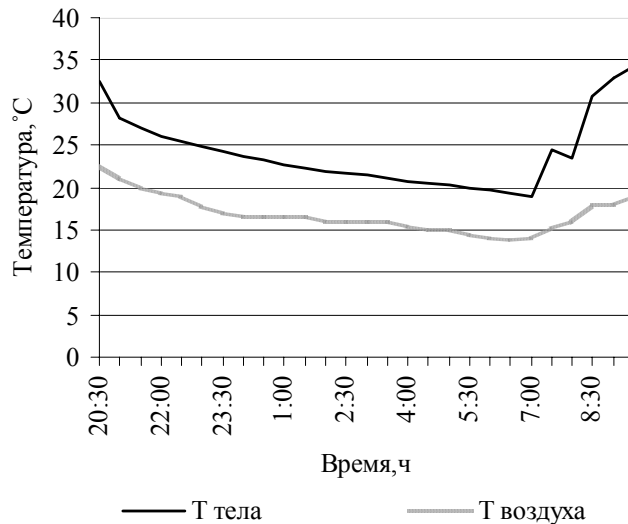


Рис. 6. Тёплая ночёвка черной гадюки

Связь температуры тела с внешней температурой

Сила связи (η) температуры тела змей с внешней температурой в разное время суток различна, так же как и сила влияния температуры воздуха на температуру их тела (табл. 3).

То, что температура тела в тёплый день весьма умеренно связана с температурой приземного воздуха, а у черной гадюки даже слабо, вполне объяснимо активным терморегулирующим поведением змей, направленным на недопущение критического роста своей температуры. В прохладный день змеи вынуждены больше греться, по-

этому увеличение силы связи температур и, соответственно, силы влияния внешней температуры так же вполне понятно. Ночью связь температур усиливается, поскольку змеи в это время пассивны, а активная регуляция температуры тела и невозможна, и ненужна. Не совсем понятна высокая корреляция температуры воздуха и температуры тела у светлой гадюки в теплую ночь и низкая корреляция этих же температур у черной гадюки. Скорее всего, это так же можно объяснить разной глубиной ночных убежищ, иначе говоря, разной степенью изоляции этих змей от ночной температуры приземного воздуха.

Таблица 3. Сила связи (η) внешней температуры с температурой тела гадюк и сила влияния первой на вторую (%)

	Теплый день	Прохладный день	Тёплая ночь	Холодная ночь
Светлая гадюка	0,55±0,09 30,2±10,0%	0,70±0,07 49,5±6,8%	0,92±0,02 84,0±1,8%	0,80±0,06 63,4±5,5%
Черная гадюка	0,40±0,08 16,3±3,0%	0,63±0,06 39,9±3,8%	0,47±0,08 21,8±5,0%	0,78±0,04 60,5±3,0%

Подведём итоги сказанному. Ночные убежища с их, хотя и низкой, но стабильной температурой хорошо защищают змей от возможного переохлаждения, когда температура ночью падает до минусовых значений. В это время температура тела гадюк остаётся всегда выше внешней. По крайней мере, у беременных самок отсутствует ночная активность. В холодное утро чёрная гадюка разогревается значительно быстрее светлоокрашенной, что даёт ей некоторое преимущество в достижении оптимальной температуры тела, а значит и в достижении большей подвижности. Скорость утреннего разогрева у змей выше скорости вечернего остывания. В жаркий день змеи не допускают перегрева, активно регулируя температуру тела периодическими уходами в тень. Высокая температура тела довольно опасна. Экспериментальным путём установлено, что при

температуре выше 36°C у обыкновенной гадюки может возникнуть аритмия [4]. Предельно высокая температура тела исследованных гадюк находится в интервале 37,1-38,2°C у чёрной и 37,2-37,3°C у светлоокрашенной змеи. При этом такой высокий уровень у чёрной гадюки достигается при относительно низкой внешней температуре, а у светлой – при относительно высокой. Чем выше температура воздуха, тем ниже её связь с температурой тела змей и ниже ей сила влияния на эту температуру. С понижением внешней температуры связь и сила влияния усиливаются. Время дневной активности у обыкновенной гадюки обеих цветовых морф продолжается в тёплый день 12-13 часов (8.00-21.00 ч.), в холодный, но солнечный день короче на 3-4 часа.

Подготовлено при поддержке Проекта Программы стратегического развития ПГГПУ ПСР/НИР-29.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коросов А.В. Экология обыкновенной гадюки (*Vipera berus* L.) на Севере (факты и модели). Петрозаводск.: Изд-во ПетрГУ, 2010. 264 с.
2. Литвинов Н.А., Ганцук С.В. Термобиология обыкновенной гадюки (*Vipera berus*, Reptilia, Serpentes) в Волжском бассейне // Изв. Самар. НЦ РАН. 2009. Т. 11, № 1. С. 89-95.
3. Литвинов Н.А., Ганцук С.В. Термоадаптации рептилий Волжского бассейна // Изв. Самар. НЦ РАН. 2010. Т. 12, № 1. С. 133-137.
4. Руцкина И.М., Литвинов Н.А., Роцевская И.М., Роцевский М.П. Адаптация сердца к температуре у обыкновенного ужа (*Natrix natrix* L.), обыкновенной (*Vipera berus* L.) и степной (*Vipera renardi* Christoph) гадюк (Reptilia: Squamata: Serpentes) // Экология. 2009. № 5. С. 333-338.
5. Forsman A. Heating rates and body temperature variation in melanistic and zigzag *Vipera berus*: does colour make a difference? // Ann. Zool. Fennici (32). 1995. P. 365-374.
6. Litvinov N.A., Ganschuk S.V., Chetanov N.A. On the Laws of Dynamics of the Body Temperature of Volga Basin Reptiles // World Journal of Zoology 2014. 9 (1). P. 19-20.
7. Strugariu A., Zamfirescu S.R. Population characteristics of the adder (*Vipera berus berus*) in the Northern Romanian Carpathians with emphasis on colour polymorphism: is melanism always adaptive in vipers? // Animal Biology. 2011. 61. P. 457-468.
8. Trullas S.C., van Wyk J.H., Spolita J.R. Thermal melanism in ectotherms // Journal of Thermal Biology. 2007. V. 32. P. 235-245.

THE CONTINUOUS RECORDING OF THE BODY TEMPERATURE OF EUROPEAN ADDER IN SUMMER

© 2014 N.A. Litvinov, N.A. Chetanov

Perm state humanitarian-pedagogical university, Perm

A continuous recording of body temperature of a light-coloured and black pregnant vipers in summer with iBDL loggers shows their lack of nocturnal activity. In cold mornings a black viper warms up much faster than a light-coloured one, which gives it an advantage in achieving the optimal body temperature. The speed of the morning warming-up of snakes is higher than the speed of the evening cooling. The maximum body temperature of pregnant European vipers ranges from 37,1 °C to 38,2°C. The high temperature level of a black adder may be achieved at relatively low ambient temperature, and that of a light-coloured one at the relatively high. The higher the temperature, the lower is its correspondence to the snakes' body temperature and the strength of its influence on of this temperature. With the decrease in ambient temperature, the correspondence and the strength of the influence increases.

Key words: European adder, body temperature, permanent registration