

ЧЕТАНОВ НИКОЛАЙ АНАТОЛЬЕВИЧ

**СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ
АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
НА ТЕМПЕРАТУРУ ТЕЛА ПРЕСМЫКАЮЩИХСЯ
ПЕРМСКОГО КРАЯ**

Специальность: 03.02.08 – экология (биология) (биологические науки)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Работа выполнена в лаборатории герпетологии и токсикологии
Института экологии Волжского бассейна РАН

Научный руководитель: кандидат биологических наук, доцент
Андрей Геннадьевич Бакиев

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Игорь Анатольевич Евланов;

кандидат биологических наук, доцент
Василий Григорьевич Табачишин

Ведущая организация: **Казанский (Приволжский)
Федеральный университет**

Защита диссертации состоится **16 ноября 2010 г. в 15⁰⁰ часов** на заседании диссертационного совета Д 002.251.01 при Институте экологии Волжского бассейна РАН по адресу: 445003, г. Тольятти, ул. Комзина, 10.

Тел. 8(8482) 489-977; факс 8(8482) 489-504; E-mail: ievbras2005@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института экологии Волжского бассейна РАН, с авторефератом – в сети Интернет на сайте ИЭВБ РАН по адресу: <http://www.ievbras.ru>

Автореферат разослан «____» октября 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



А.Л. Маленев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Ящерицы и змеи в Камском Предуралье играют заметную роль в регуляции численности ряда беспозвоночных и позвоночных животных, которые составляют основу их пищи; сами же эти чешуйчатые рептилии служат пищей многим позвоночным, в том числе промысловым птицам и млекопитающим. Пресмыкающиеся являются промежуточными и резервуарными хозяевами гельминтов животных. Живородящая ящерица – прокормитель иксодовых клещей, переносящих энцефалит. Ежегодно фиксируются случаи укусов обыкновенными гадюками людей, а также домашних и сельскохозяйственных животных. В тоже время яд обыкновенной гадюки является ценным сырьем для фармацевтической промышленности. В Красную книгу Пермского края (2008) внесен один вид рептилий – обыкновенная медянка.

Составление эколого-физиологических матриц вида, необходимых для охраны и воспроизводства рептилий, невозможно без изучения их температурных особенностей (Cherlin, 1991). Актуальность темы исследований определяется еще и тем, что влияние внешних микроклиматических факторов на температуру тела рептилий, обитающих в северных районах Камского Предуралья, оставалось почти не изученными.

Цель и задачи исследования. Цель настоящей работы – анализ влияния абиотических факторов на температурные особенности пресмыкающихся, населяющих Пермский край. Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) провести сравнительный анализ температур различных участков тела у рептилий Пермского края;
- 2) определить значения температурных факторов среды обитания ящериц и змей в крае, индекс термоадаптации и точку абсолютного температурного оптимума этих животных;
- 3) оценить силу корреляционной связи микроклиматических показателей местообитаний и температуры тела пресмыкающихся, а также силу их влияния на температуру тела;

4) ранжировать изученные виды рептилий по отношению к температурам поверхности субстрата и приземного воздуха, его относительной влажности и удельной мощности суммарной солнечной радиации;

5) раскрыть возможности использования показателей вариации применительно к термобиологии рептилий.

Научная новизна. Данная работа является первым специальным исследованием по влиянию микроклиматических факторов на температуру тела пресмыкающихся Камского Предуралья. Впервые проведены термобиологические исследования северных популяций веретеницы ломкой, живородящей ящерицы и обыкновенной гадюки. Для пяти видов герпетофауны Пермского края уточнены крайние, средние и оптимальные температуры субстрата, приземного воздуха, а также тела животных. Дополнены сведения о силе связи компонентов солнечной радиации, внешних температур и относительной влажности воздуха с температурой тела рептилий и их силе влияния на последнюю. Расширены возможности применения показателей вариации при математической обработке материалов по термобиологии пресмыкающихся.

Теоретическое значение. Материалы, изложенные в диссертации, дополняют эколого-физиологические матрицы отдельных видов. Крайние, средние и оптимальные температуры среды обитания рептилий и их тела необходимы для разнопланового сравнительного анализа (географического, межвидового, межпопуляционного и т.д.) температурных особенностей. Основные положения и выводы диссертации вносят вклад в факториальную экологию и термобиологию рептилий.

Практическая значимость результатов. Материалы диссертационного исследования могут быть использованы при разработке мер охраны, акклиматизации и реакклиматизации ящериц и змей, прогнозировании их распространения и распределения в природе, при содержании и разведении рептилий в неволе.

Реализация результатов исследования. Результаты исследований используются в учебном процессе на факультете биологии и химии Пермского государственного педагогического университета (ПГПУ) и в системе дополнительного образования Пермского края.

Связь темы диссертации с плановыми исследованиями. Работа выполнена в рамках темы исследований лаборатории герпетологии и токсикологии ИЭВБ

РАН «Пространственно-структурная организация, функционирование и прогноз изменения наземных экосистем Поволжского региона в различных условиях трансформации среды» (№ гос. регистрации 01.2.007. 03458).

Апробация работы. Результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Экология: проблемы и пути решения» (Пермь, 2002), Региональной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Пермь, 2006), Молодежной научной конференции «Актуальные проблемы экологии Волжского бассейна» (Тольятти, 2009), Чтениях памяти В.А. Попова (Казань, 2009), IV Съезде герпетологического общества им. А.М. Никольского (Казань, 2009), Четвертой российско-польской школе молодых экологов (Тольятти, 2010).

Публикация результатов исследования. Всего автором опубликовано 15 работ, из них 10 по теме диссертации (в рецензируемом издании, рекомендуемом ВАК, – одна статья).

Декларация личного участия автора. Автор лично провел большую часть полевых исследований и всю статистическую обработку результатов. Текст диссертации написан автором по плану, согласованному с научным руководителем. Доля участия автора в совместных публикациях пропорциональна числу соавторов.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Из всех средних температур тела максимальной является температура пищевода. Особи из южных популяций имеют более высокую среднюю температуру тела по сравнению с северными.

2. Температура тела рептилий в среднем выше, чем внешние температуры, однако в значительной мере зависит от них, а также от таких микроклиматических факторов как солнечная радиация и относительная влажность воздуха. По сравнению с другими видами пресмыкающихся, обитающими в Пермском крае, наименьшая термофильность характерна для обыкновенной гадюки.

3. Показатели вариации при изучении термобиологии рептилий увеличивают информативность полученных данных, но в тоже время имеют ряд ограничений.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 6-ти глав, выводов и списка использованной литературы. Общий объем диссертации составляет 145 страниц. Работа содержит 33 таблицы и 5 рисунков. Список литературы включает 286 источников, в том числе 61 на иностранных языках.

Благодарности. Автор благодарит за помощь в сборе и обработке материала: н.с. ИЭВБ РАН, к.б.н. Г.В. Епланову; ст. преподавателя кафедры зоологии ПГПУ, к.б.н. С.В. Ганцук; соискателя кафедры зоологии ПГПУ А.С. Воробьеву. Особая признательность выражается автором научному руководителю с.н.с. ИЭВБ РАН, к.б.н., доценту А.Г. Бакиеву и заведующему кафедрой зоологии ПГПУ, к.б.н., профессору Н.А. Литвинову за внимание и помощь на всех этапах исследования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Обзор литературы

Пермский край – это субъект Российской Федерации, входящий в Приволжский федеральный округ. Он граничит с двумя областями и тремя республиками Российской Федерации: на севере с республикой Коми, на западе – с Кировской областью и Удмуртией, на юге с Башкирией, на востоке – со Свердловской областью. Общая площадь края составляет более 160 тыс. км².

В крае достоверно обитают 6 видов пресмыкающихся: веретеница ломкая *Anguis fragilis* Linnaeus, 1758; живородящая ящерица *Zootoca vivipara* (Lichtenstein, 1823); прыткая ящерица *Lacerta agilis* Linnaeus, 1758; обыкновенная медянка *Coronella austriaca* Laurenti, 1768; обыкновенный уж *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758); обыкновенная гадюка *Vipera berus* (Linnaeus, 1758). Единичные встречи болотной черепахи *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) и некоторых других видов рептилий, по-видимому, обусловлены завозом животных из других регионов.

1.1. История изучения герпетофауны Пермского края

В разделе представлены сведения, касающиеся истории изучения рептилий Камского Предуралья.

1.2. Теоретические основы термобиологии рептилий

Рассмотрены общие вопросы термобиологии пресмыкающихся, особое внимание уделено термопреферендуму, температурному гистерезису и способам адаптаций к температурным воздействиям.

1.3. Исследованность термобиологии рептилий Камского Предуралья

На основе литературных данных составлено 6 видовых очерков. Каждый очерк включает данные о биотопической приуроченности, сезонной и суточной активности, микроклиматических условиях обитания и температуре тела.

Глава 2. Материал и методы

2.1. Терминология и условные обозначения

Определены основные термины (добровольные минимум и максимум, термопреферендум, абсолютный температурный оптимум, индекс термоадаптации) и расшифрованы условные обозначения, используемые в диссертации.

Под абсолютным температурным оптимумом понимается температура тела, равная температуре субстрата в период наивысшей дневной активности вида. Такая температура вычисляется путем простых расчетов. Все полученные за время полевых работ температуры субстрата разбиваются на классы вариационного ряда. Каждому значению внешней температуры соответствует своя температура животного, замеченного на этом субстрате. Получаются среднестатистические значения внешних и внутренних температур для каждого из этих классов. Две кривые на графике, построенном на основе расчетов, перекрещиваются в определенной точке, которая и соответствует температуре абсолютного оптимума (Ганцук, 2005; Литвинов, 2008).

Индекс термоадаптации представляет собой отношение температуры тела рептилии к полусумме двух внешних температур – поверхности субстрата и приземного воздуха. Данный индекс вычисляется для каждой особи и показывает, насколько холоднее или теплее окружающей среды особь (Литвинов, 2004; Литвинов и др., 2006).

2.2. Материал

Основным материалом послужили результаты наших полевых исследований в 7-ми районах Пермского края (Чердынский, Кунгурский, Кишертский, Краснокамский, Добрянский, Уинский, Пермский), проведенных в 2008-2010 гг. За этот период проведены температурные измерения для 11 ломких веретениц, 60 прытких ящериц, 50 живородящих ящериц, 41 обыкновенного ужа и 116 обыкновенных гадюк.

2.3. Методика

В качестве «температуры тела» в работе принималась температура, измеренная в пищеводе (или клоаке, у веретеницы ломкой). Для изучения распределения внутренней и наружной температур тела пресмыкающихся измерения проводили: на темени, горле, середине поверхности спины и живота, верхней и нижней поверхностях хвоста, в клоаке и пищеводе.

Для измерения температуры среды и тела использовали термисторные датчики, подключенные к цифровому микроультиметру. Для регистрации относительной влажности воздуха применяли гигрометр «Hygrocheck» с разрешением 0,1% и точностью $\pm 3\%$. Ультрафиолетовую часть спектра и освещенность определяли комбинированным прибором – люксметром-УФ-радиометром модели «ТКА-01/3». Удельный тепловой поток Q ($\text{Вт}/\text{м}^2$), характеризующий инфракрасную часть спектра солнечного излучения, регистрировали измерителем плотности теплового потока «ИПП-2». Под суммарной солнечной радиацией мы понимаем совокупность удельных мощностей ультрафиолетового излучения, видимого света и теплового потока. Для удобства оценки изложения материала все они представлены в единицах удельной мощности ($\text{Вт}/\text{м}^2$).

Статистическую обработку полученных данных проводили согласно общепринятым методам (Лакин, 1980) при помощи пакетов «MS Excel» и «Statistica».

Глава 3. Распределение температур по участкам тела у рептилий Пермского края

3.1. Температуры различных участков тела рептилий

При проведении сравнений средних температур различных участков тела у объединенных выборок четырех видов были отмечены статистически достоверные более высокие температуры внутренних полостей по сравнению с температурами покровов тела. Единственный вид, у которого не было выявлено статистически значимых различий ($P > 0,05$) – веретеница ломкая. Вероятно, это обусловлено двумя причинами: во-первых, малой выборкой, во-вторых, возможно, отлов животных производился в момент нагревания.

Наибольшая средняя температура отмечена в пищеводе, причем у живородящей ящерицы, обыкновенного ужа и обыкновенной гадюки эта температура

достоверно выше, чем средняя температура клоаки. В большинстве случаев коэффициент вариации температуры пищевода минимален по сравнению с другими участками тела, что позволяет сделать предположение о наибольшей стабильности этого температурного показателя. В связи с этим, на наш взгляд, использование температуры пищевода дает более объективные данные по сравнению с использованием температур других участков тела. Температуры различных участков поверхности тела в большинстве случаев слабо различаются между собой.

3.2 Половые различия

Статистически достоверные половые различия были выявлены не во всех случаях. У обыкновенных гадюк, прытких и живородящих ящериц из южных популяций самки имеют достоверно более высокую среднюю температуру некоторых участков тела, чем самцы. У веретеницы ломкой, обыкновенного ужа, северных популяций живородящей ящерицы и обыкновенной гадюки подобных различий выявлено не было.

3.3. Географические различия

У самцов и самок веретеницы ломкой, самок живородящей ящерицы и обыкновенной гадюки из южных популяций температура отдельных участков тела была выше по сравнению с северными (различия статистически значимы). Исключением составляла более низкая ($P < 0,001$) средняя температура темени у самцов обыкновенной гадюки из южных выборок.

3.4. Межвидовые различия

При рассмотрении межвидовых различий использовали выборки, объединяющие самцов, самок и неполовозрелых особей неопределенного пола каждого вида.

Были получены следующие средние температуры тела [среднеарифметическая с ошибкой $M \pm m$ и лимиты (*min-max*), °C]: веретеница ломкая – $22,5 \pm 1,00$ (16,7-27,0), обыкновенная гадюка – $24,2 \pm 0,53$ (13,4-35,9), обыкновенный уж – $28,7 \pm 0,72$ (14,5-35,5), живородящая ящерица – $28,8 \pm 0,38$ (19,2-34,0), прыткая ящерица – $32,4 \pm 0,48$ (22,9-38,1). Скорее всего, эти межвидовые различия объясняются особенностями биологии видов и биотопической приуроченностью.

Результаты попарного межвидового статистического сравнения средних температур тела представлены в табл. 1.

Статистическая значимость межвидовых различий
температур тела рептилий

Виды	t_{ϕ} P				
	Веретеница ломкая	Обыкновен- ная гадюка	Обыкновен- ный уж	Живородящая ящерица	Прыткая яще- рица
Веретеница ломкая	– >0,05	0,96 >0,05	4,22 <0,001	6,84 <0,001	8,41 <0,001
Обыкновенная гадюка	0,96 >0,05	–	4,52 <0,001	5,32 <0,001	9,81 <0,001
Обыкновенный уж	4,22 <0,001	4,52 <0,001	–	0,09 >0,05	4,38 <0,001
Живородящая ящерица	6,84 <0,001	5,32 <0,001	0,09 >0,05	–	5,71 <0,001
Прыткая яще- рица	8,41 <0,001	9,81 <0,001	4,38 <0,001	5,71 <0,001	–

Наиболее термофильной выглядит прыткая ящерица, средняя температура ее пищевода выше, чем у всех остальных видов ($P < 0,001$). Наименьшая средняя температура пищевода – у веретеницы ломкой, однако, различия с обыкновенной гадюкой недостоверны ($P > 0,05$). Живородящая ящерица и обыкновенный уж занимают промежуточное положение: их средние температуры выше, чем у обыкновенной гадюки и веретеницы ломкой ($P < 0,001$), но ниже чем у прыткой ящерицы ($P < 0,001$). Статистически значимой разницы между живородящей ящерицей и обыкновенным ужом не выявлено ($P > 0,05$).

Глава 4. Связь температуры тела с внешними температурами

и влажностью, сила влияния их на нее

4.1. Температура поверхности субстрата

Данные по средним температурам поверхности субстрата и тела рептилий, лимитам обеих температур, а также их корреляционной связи (η) и силе влияния

первой температуры на вторую (η^2) приведены для пяти видов ящериц и змей в табл. 2.

Таблица 2

Температура поверхности субстрата и ее влияние
на температуру тела у рептилий

Вид	<i>n</i>	<i>M±m</i> <i>min-max</i> (°C)		<i>t_φ</i>	<i>P</i>	<i>η</i> <i>P</i>	<i>η²</i> (%) <i>P</i>
		Температура субстрата	Температура тела				
Веретеница ломкая	11	22,6±0,98	22,5±1,00	0,09	>0,05	0,945±0,0324	89,2±4,61
		18,6-27,3	16,7-27,0				
Прыткая ящерица	60	29,8±0,62	32,5±0,48	3,29	<0,01	0,737±0,0616	54,3±6,80
		22,0-39,7	22,9-38,1				
Живородящая ящерица	50	24,6±0,56	28,8±0,38	6,26	<0,001	0,730±0,0682	53,3±8,39
		14,6-32,3	19,2-34,0				
Обыкновенный уж	40	24,3±1,01	28,7±0,72	3,54	<0,001	0,855±0,0429	73,2±5,03
		11,0-35,1	14,5-35,5				
Обыкновенная гадюка	115	18,7±0,55	24,2±0,53	7,19	<0,001	0,782±0,0356	61,2±1,78
		6,4-33,4	13,4-35,9				

У всех видов, за исключением веретеницы ломкой, внутренняя температура тела выше, чем средняя температура поверхности субстрата, различия статистически достоверны на уровнях значимости не выше 5%.

Корреляционное отношение температуры поверхности субстрата и температуры тела, а также сила влияния первой на вторую в высшей степени достоверны для всех видов ($P < 0,001$).

Самый низкий температурный оптимум температуры поверхности субстрата отмечен у обыкновенной гадюки (+10,8...+18,9°C), наиболее высокий – у прыткой ящерицы (+26,6...+33,4°C).

По абсолютному температурному оптимуму виды располагаются в следующем возрастающем порядке: веретеница ломкая (21,2°C), живородящая ящерица (31,5°C), обыкновенный уж (31,8°C), обыкновенная гадюка (34,1°C) и прыткая ящерица (35,0°C). Выбивающийся из общего ряда низкий абсолютный темпера-

турный оптимум веретеницы ломкой, на наш взгляд, может объясняться малой выборкой.

При ранжировании видов по средней температуре поверхности субстрата наиболее термофильной выглядит прыткая ящерица (температура субстрата выше, чем у остальных рассмотренных видов на 0,1%-ном уровне значимости), наименее – обыкновенная гадюка (температура субстрата ниже, чем у остальных рассмотренных видов на уровне значимости не выше 5%). Положение остальных видов вызывает сомнения в связи с недостоверностью различий.

4.2. Температура приземного воздуха

Данные по средним температурам приземного воздуха и тела рептилий, лимитам обеих температур, а также их корреляционной связи (η) и силе влияния первой температуры на вторую (η^2) приведены для пяти видов ящериц и змей в табл. 3.

Таблица 3

Температура приземного воздуха и ее влияние на температуру тела у рептилий

Вид	<i>n</i>	<i>M±m</i> <i>min-max</i> (°C)		<i>t_φ</i>	<i>P</i>	η <i>P</i>	η^2 (%) <i>P</i>
		Температура воздуха	Температура тела				
Веретеница ломкая	11	22,3±1,04 18,1-27,1	22,5±1,00 16,7-27,0	0,13	>0,05	0,918±0,0474 <0,001	84,3±10,48 <0,05
Прыткая ящерица	60	29,7±0,67 21,7-41,2	32,5±0,48 22,9-38,1	3,23	<0,01	0,803±0,0478 <0,001	64,5±5,28 <0,001
Живородящая ящерица	50	23,7±0,58 14,6-33,7	28,8±0,38 19,2-34,0	7,27	<0,001	0,802±0,0520 <0,001	64,4±5,35 <0,001
Обыкновенный уж	40	24,2±1,21 9,9-38,5	28,7±0,72 14,5-35,5	3,21	<0,01	0,753±0,0693 <0,001	56,8±8,10 <0,001
Обыкновенная гадюка	115	18,0±0,55 6,0-33,9	24,2±0,53 13,4-35,9	8,04	<0,001	0,770±0,0379 <0,001	59,4±2,26 <0,001

Полученные по температуре приземного воздуха результаты полностью согласуются с данными по температуре субстрата.

4.3. Индекс термоадаптации

Вычислены следующие значения индекса термоадаптации для пяти видов рептилий (среднеарифметическая с ошибкой: $M \pm m$): веретеница ломкая – $1,01 \pm 0,019$, прыткая ящерица – $1,04 \pm 0,035$, живородящая ящерица – $1,21 \pm 0,031$, обыкновенный уж – $1,27 \pm 0,062$, обыкновенная гадюка – $1,38 \pm 0,032$.

Индекс термоадаптации у обыкновенной гадюки достоверно выше, чем у веретеницы ломкой, прыткой ящерицы ($P < 0,001$) и живородящей ящерицы ($P < 0,01$). Различия в значениях индекса термоадаптации между обыкновенной гадюкой и обыкновенным ужом оказались недостоверными ($P > 0,05$). Наименьшее значение индекса термоадаптации у веретеницы ломкой, но в различиях значений индекса термоадаптации с прыткой ящерицей не выявлена статистическая значимость ($P > 0,05$). С остальными видами различия достоверны на уровнях статистической значимости 5% и ниже. За исключением веретеницы ломкой, значения индекса термоадаптации обратнопропорциональны средним температурам пищевода.

4.4. Относительная влажность воздуха

Корреляционное отношение между относительной влажностью воздуха и температурой тела статистически значимо лишь для веретеницы ломкой, обыкновенного ужа и обыкновенной гадюки ($P < 0,001$), при этом максимально оно у веретеницы, а минимально у обыкновенной гадюки. Наличие достоверной силы влияния ($P < 0,01$) влажности на температуру тела выявлено лишь у ужа и гадюки.

При ранжировании видов по средней относительной влажности воздуха наиболее гигрофильной выглядит веретеница ломкая ($P < 0,001$), наименее – что несколько неожиданно – обыкновенный уж, однако его различие с прыткой ящерицей статистически недостоверно ($P > 0,05$). Обыкновенная гадюка более гигрофильна, чем прыткая ящерица и обыкновенный уж ($P < 0,001$), но с живородящей ящерицей достоверных различий не выявлено ($P > 0,05$).

Глава 5. Связь температуры тела с солнечной радиацией и ее отдельными компонентами, сила влияния их на внутреннюю температуру рептилий

Средние значения суммарной солнечной радиации и ее отдельных компонентов отражены на рисунке.

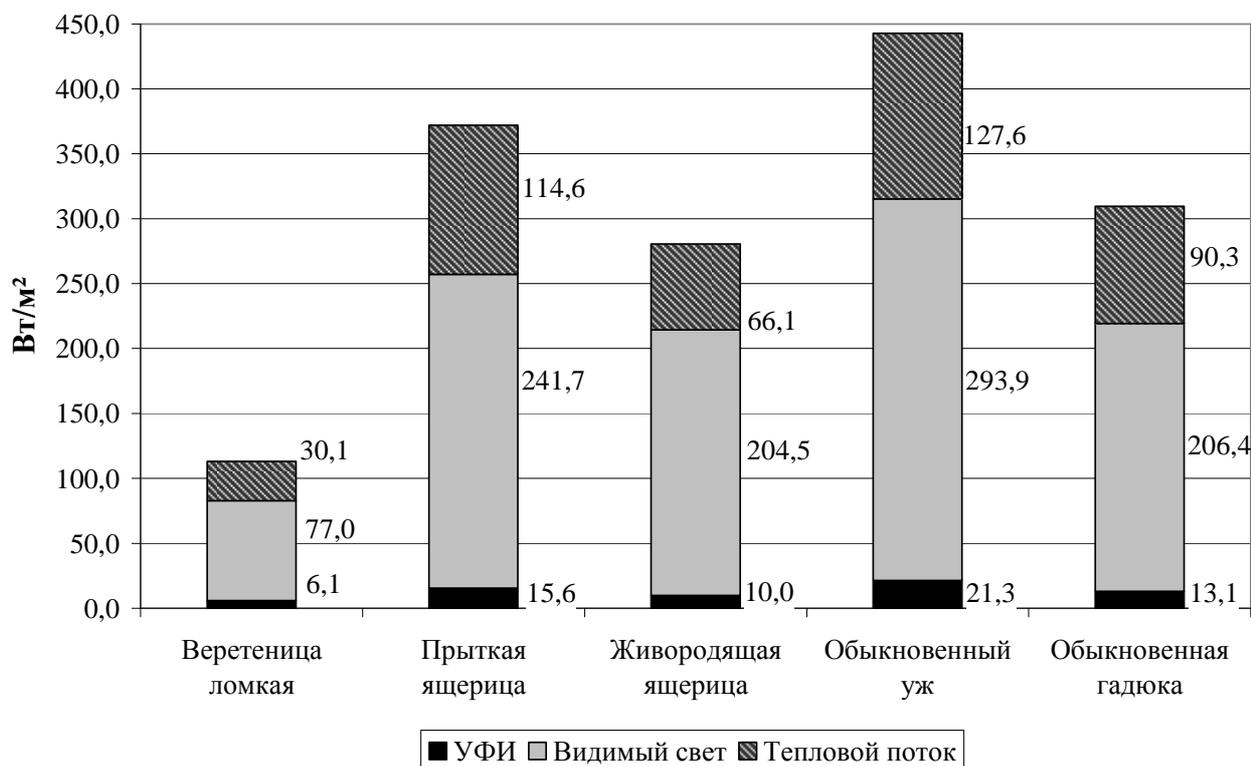


Рис. Среднеарифметическая удельная мощность суммарной солнечной радиации и ее отдельных компонентов для пяти видов рептилий

Наименьшая средняя удельная мощность суммарной солнечной радиации отмечена для веретеницы ломкой, различия с остальными видами имеют статистическую значимость на уровнях от 0,1 до 1,0%. Наибольшая удельная мощность – у обыкновенного ужа, однако различие с пряткой ящерицей недостоверно ($P > 0,05$).

Корреляционное отношение между удельной мощностью суммарной солнечной радиации и температурой тела достоверно для всех видов на различных уровнях статистической значимости (5% и ниже). Сила влияния первой на последнюю статистически значима лишь у обыкновенной гадюки ($P < 0,01$).

Глава 6. Возможности применения показателей вариации в исследовании термобиологии рептилий

6.1. Условия применения показателей вариации

Соответствие распределения вариантов внутри выборки нормальному закону является обязательным условием для оперирования такими величинами как среднее квадратическое отклонение. На примере литературных данных рассмотрена

возможность нормализации распределения за счет избавления от «мнимых повторностей». При сравнении показателей вариации желательно использовать выборки, сочетающие нормальное распределение и высокое число вариантов.

6.2. Внутри- и межвидовые сравнения

Используя данные из работы Н.А. Литвинова и соавторов (2006), мы вычислили средние квадратические отклонения для температур воздуха, субстрата и тела у трех видов рептилий Пермского края: живородящей ящерицы, прыткой ящерицы и обыкновенного ужа (табл. 4).

Таблица 4

Среднее квадратическое отклонение температур окружающей среды и тела

Температура	Виды рептилий		
	Живородящая ящерица	Прыткая ящерица	Обыкновенный уж
Воздуха	6,35	8,84	6,86
Субстрата	5,15	7,62	5,45
Тела	4,71	4,08	3,63

Проведены статистические сравнения полученных значений среднего квадратического отклонения температур окружающей среды и тела (табл. 5), а также межвидовые сравнения (табл. 6) с помощью *t*-критерия Стьюдента.

Таблица 5

Внутривидовое сравнение средних квадратических отклонений температур окружающей среды и тела с помощью *t*-критерия Стьюдента

Сравнение	Виды рептилий					
	Живородящая ящерица		Прыткая ящерица		Обыкновенный уж	
	t_{ϕ}	P	t_{ϕ}	P	t_{ϕ}	P
Воздух – тело	3,21	<0,01	9,40	<0,001	11,87	<0,001
Субстрат – тело	0,98	>0,05	7,88	<0,001	7,93	<0,001

Основываясь на среднем квадратическом отклонении температур тела и окружающей среды, мы можем перейти к производным величинам – индексам, представляющим собой отношения вариационных показателей друг к другу. Рас-

смотрены два таких индекса: во-первых, частное от деления среднего квадратичного отклонения температуры тела на среднее квадратичное отклонение температуры воздуха; во-вторых, частное от деления среднего квадратичного отклонения температуры тела на среднее квадратичное отклонение температуры субстрата. Чем меньше значение любого из этих индексов, тем, соответственно, меньше вариабельность температуры тела относительно вариабельности температуры среды. Для каждого индекса существуют два крайних значения: единица и нуль. Можно предположить: у сравниваемых групп рептилий более высока – в конкретном случае – «эктотермность» той группы, у которой соответствующий индекс ближе к единице.

Таблица 6

Межвидовое сравнение средних квадратических отклонений температур воздуха, субстрата и тела с помощью *t*-критерия Стьюдента

Сравниваемые виды	Температура					
	воздуха		субстрата		тела	
	t_{ϕ}	P	t_{ϕ}	P	t_{ϕ}	P
Живородящая ящерица – прыткая ящерица	4,04	<0,001	4,78	<0,001	1,70	>0,05
Живородящая ящерица – обыкновенный уж	1,07	>0,05	0,78	>0,05	3,28	<0,01
Прыткая ящерица – обыкновенный уж	3,81	<0,001	4,93	<0,001	1,82	>0,05

Рассматриваемые виды по возрастанию вариабельности температуры тела относительно как температуры воздуха, так и температуры субстрата, ранжируются в следующем порядке: прыткая ящерица, обыкновенный уж, живородящая ящерица. Следует подчеркнуть, что при сравнении значений подобных индексов можно делать выводы лишь предварительного характера, поскольку для них отсутствуют формулы расчета статистических ошибок и сравнений. Сравнения будут арифметического, а не статистического плана, и их возможно проводить лишь в случае использования однотипного материала (одно географическое место и время года, к примеру).

ВЫВОДЫ

1. У рептилий Пермского края установлены статистически достоверно более высокие средние температуры внутренних полостей по сравнению со средними температурами покровов тела, причем максимальная температура характерна для пищевода. У обыкновенных гадюк, прытких и живородящих ящериц из южных популяций самки имеют достоверно более высокую среднюю температуру некоторых участков тела, чем самцы. При изучении географических различий в большинстве случаев более высокая средняя температура тела отмечалась у особей из южных популяций.

2. У большинства видов средняя температура тела выше, чем средние температуры поверхности субстрата и приземного воздуха. Самые низкие температурные оптимумы по температурам поверхности субстрата и приземного воздуха отмечены у обыкновенной гадюки, наиболее высокие – у прыткой ящерицы. По абсолютному температурному оптимуму виды располагаются в следующем возрастающем порядке: веретеница ломкая (21,2°C), живородящая ящерица (31,5°C), обыкновенный уж (31,8°C), обыкновенная гадюка (34,1°C) и прытка ящерица (35,0°C). Наибольшее значение индекса термоадаптации (1,38) установлено для обыкновенной гадюки, наименьшее – у веретеницы ломкой (1,01).

3. Для всех видов выявлены достоверные значения корреляционного отношения между температурой тела и температурами поверхности субстрата, приземного воздуха и удельной мощностью суммарной солнечной радиации, а между температурой тела и относительной влажностью воздуха – лишь для веретеницы ломкой, обыкновенного ужа и обыкновенной гадюки. Статистически значимая сила влияния на температуру тела установлена для температур поверхности субстрата и приземного воздуха (для всех видов), относительной влажности воздуха (для обыкновенного ужа и обыкновенной гадюки), удельной мощностью суммарной солнечной радиации (для обыкновенной гадюки).

4. При ранжировании видов по средним температурам поверхности субстрата и приземного воздуха наиболее термофильной выглядит прытка ящерица, наименее – обыкновенная гадюка. По средней относительной влажности воздуха наиболее гигрофильная рептилия – веретеница ломкая, наименее – обыкновенный

уж. Наименьшая средняя удельная мощность суммарной солнечной радиации отмечена для веретеницы ломкой, наибольшая – у обыкновенного ужа.

5. Показатели вариации корректно использовать для характеристики выборок, распределение вариантов в которых существенно не отличается от нормального. Приблизиться к нормальному распределению при изучении температурных признаков пресмыкающихся помогают увеличение объема выборки и избегание «мнимых повторностей». На примере среднего квадратического отклонения показано, что показатели вариации позволяют делать результаты математической обработки данных по термобиологии рептилий более информативными.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

В рецензируемом издании, рекомендованном ВАК:

1. **Четанов Н.А.**, Литвинов Н.А., Бакиев А.Г. Возможности применения показателей вариации в исследовании термобиологии рептилий // Поволж. экол. журн. – 2009. – № 3. – С. 263-269.

В сборниках научных трудов и докладов на научных конференциях:

2. **Четанов Н.А.** Влагоотдача у рептилий как способ терморегуляции // Экология: проблемы и пути решения: Тез. докл. X Всерос. науч.-практ. конф. – Пермь, 2002. – Ч. 1. – С. 147-149.

3. Литвинов Н.А., Ганщук С.В., Воробьева А.С., Рущкина И.М., Сипатов Н.Н., Чазова Т.Ю., **Четанов Н.А.** Новые материалы по биологии земноводных и пресмыкающихся Пермского края // Региональный компонент в преподавании биологии, валеологии, химии: Межвуз. сб. науч.-метод. работ. – Пермь: ПГПУ, 2006. – С. 32-40.

4. **Четанов Н.А.** Микроклиматические условия обитания рептилий Пермского края // Фундаментальные и прикладные исследования в биологии и экологии: Материалы регион. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых 2006 и 2007 гг. – Пермь, 2007. – С. 180-183.

5. Бакиев А.Г., Маленев А.Л., **Четанов Н.А.**, Зайцева О.В., Песков А.Н. Обыкновенная гадюка *Vipera berus* (Reptilia, Viperidae) в Волжском бассейне: материалы по биологии, экологии и токсинологии // Бюл. «Самарская Лука». – 2008. – Т. 17, № 4 (26). – С. 759-816.

6. Литвинов Н.А., Ганщук, С.В., **Четанов Н.А.** Герпетофауна Перми и города-спутника Краснокамска // Вестн. Морд. ун-та (серия Биологические науки). – 2009. – № 1. – С. 131-132

7. **Четанов Н.А.** К вопросу о роли освещенности и температуры в терморегуляционном поведении ящериц // Бюл. «Самарская Лука». – 2009. – Т. 18, № 1 (26). – С. 5-8.

8. **Четанов Н.А.** Некоторые данные по микроклимату летнего естественного убежища прыткой ящерицы в Пермском крае // Экологический сборник 2: Тр. Молодых ученых Поволжья. – Тольятти: ИЭВБ РАН; «Кассандра», 2009. – С. 194-197.

9. Литвинов Н.А., Ганщук С.В., **Четанов Н.А.**, Кириченко Д.О. Сравнительная микроклиматическая и термобиологическая характеристика прыткой ящерицы (*Lacerta agilis* Linnaeus, 1758) в Камском Предуралье и Среднем Поволжье // Зоологические исследования в регионах России и на сопредельных территориях. – Саранск, 2010. – С. 171-173.

10. **Chetanov N.A.** Life strategies in reptiles of Perm krai // Types of Strategy and Not Only... (Materials of the Fourth Russian-Polish School of Young Ecologists; Togliatti, September, 6-12th, 2010). – Togliatti: Kassandra, 2010. – P. 9-10.