

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАЦИИ В ИССЛЕДОВАНИИ ТЕРМОБИОЛОГИИ РЕПТИЛИЙ

Н.А. Четанов¹, Н.А. Литвинов², А.Г. Бакиев¹

¹ *Институт экологии Волжского бассейна РАН
Россия, 445003, Самарская обл., Тольятти, Комзина, 10
E-mail: herpetology@list.ru*

² *Пермский государственный педагогический университет
Россия, 614990, Пермь, Сибирская, 24
E-mail: ganshchuk@mail.ru*

Поступила в редакцию 01.12.08 г.

Возможности применения показателей вариации в исследовании термобиологии рептилий. – Четанов Н.А., Литвинов Н.А., Бакиев А.Г. – Рассматривается возможность применения показателей вариации при математической обработке материалов по термобиологии рептилий. На примере данных для трёх видов пресмыкающихся проводятся статистические сравнения среднего квадратического отклонения. Предлагаются индексы, в основу которых положены показатели вариации.

Ключевые слова: термобиология рептилий, показатели вариации.

Possibilities of applying variation parameters in reptile thermobiology studies. – Chetanov N.A., Litvinov N.A., and Bakiev A.G. – Possible application of the coefficient of variation in reptile thermobiology studies is considered. With data for 3 reptile species as an example, statistical comparisons of the mean-square deviation are carried out. Indices on the basis of variation parameters are offered.

Key words: reptile thermobiology, variation parameters.

Изучением изменчивости температуры тела рептилий и температурных условий их обитания занимаются многие исследователи. Для обработки полученных данных используются различные математические подходы. Например, С.В. Ганцук (2005) вычисляла показатели силы влияния температуры субстрата и воздуха на температуру тела, корреляционные отношения между температурами.

Вариационный анализ в доступной нам литературе по термобиологии рептилий, как правило, ограничивается приведением лимитов изменчивости и размаха вариации. При этом указываются максимальная и минимальная варианты для того или иного температурного признака (температура тела, температура субстрата, температура приземного воздуха и т.д.) и их разность.

Цель нашего сообщения заключается в том, чтобы с помощью среднего квадратического отклонения раскрыть некоторые возможности использования показателей вариации применительно к термобиологии рептилий.

У обыкновенного ужа *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) из юго-восточной части Пермского края статистическому анализу были подвергнуты 3 температурных признака: температура тела, температура субстрата и температура приземного воздуха. Температуру тела измеряли в пищеводе животного непосредственно после поимки, температуру субстрата и температуру приземного воздуха – в месте

обнаружения животного. Для измерения температур использовался термисторный датчик, подключенный к цифровому микроультиметру, с предварительной градуировкой его показаний по портативному электронному термометру «Checktemp» с цифровой индикацией и разрешением 0.1°C.

Сбор материала проводился в 2005, 2007 – 2008 гг. на территории Кишертского, Кунгурского и Уинского районов Пермского края. Объем выборки (*n*) составил 199. Более половины обыкновенных ужей отловлены весной, в начале мая, в период спаривания. Первичные данные по температурным признакам (температура тела, субстрата и воздуха, °C) обыкновенного ужа: 1 – 20.6, 21.6, 18.2; 2 – 20.0, 21.6, 18.2; 3 – 20.1, 21.6, 18.2; 4 – 15.2, 21.6, 18.2; 5 – 29.8, 23.1, 22.7; 6 – 29.6, 23.1, 22.7; 7 – 16.8, 15.0, 13.5; 8 – 30.7, 25.1, 18.2; 9 – 29.2, 27.9, 19.8; 10 – 27.4, 27.9, 19.8; 11 – 31.0, 27.9, 19.8; 12 – 2.9, 21.9, 24.5; 13 – 28.1, 22.4, 21.9; 14 – 24.8, 23.5, 22.8; 15 – 29.2, 29.2, 27.9; 16 – 27.4, 29.2, 27.9; 17 – 30.0, 29.2, 27.9; 18 – 28.1, 29.2, 27.9; 19 – 33.2, 29.2, 27.9; 20 – 18.1, 21.9, 19.0; 21 – 24.5, 21.9, 19.0; 22 – 27.3, 21.9, 19.0; 23 – 27.9, 21.9, 19.0; 24 – 26.2, 21.9, 19.0; 25 – 26.7, 21.9, 19.0; 26 – 2.6, 21.9, 19.0; 27 – 27.6, 21.9, 19.0; 28 – 29.6, 21.9, 19.0; 29 – 27.6, 21.9, 19.0; 30 – 26.7, 21.9, 19.0; 31 – 27.6, 21.9, 19.0; 32 – 23.1, 22.0, 18.5; 33 – 26.8, 22.0, 18.5; 34 – 25.2, 22.0, 18.5; 35 – 20.8, 22.5, 22.2; 36 – 19.5, 22.5, 22.2; 37 – 22.4, 22.5, 22.2; 38 – 21.3, 22.5, 22.2; 39 – 21.3, 22.5, 22.2; 40 – 22.4, 22.5, 22.2; 41 – 22.8, 22.5, 22.2; 42 – 21.9, 22.5, 22.2; 43 – 21.4, 22.5, 22.2; 44 – 24.3, 22.5, 22.2; 45 – 21.1, 22.5, 22.2; 46 – 23.4, 22.5, 22.2; 47 – 25.1, 24.7, 18.3; 48 – 23.0, 24.7, 18.3; 49 – 21.3, 21.6, 21.1; 50 – 21.1, 21.6, 21.1; 51 – 24.0, 21.6, 21.1; 52 – 23.2, 21.6, 21.1; 53 – 21.9, 21.6, 21.1; 54 – 21.7, 21.6, 21.1; 55 – 27.1, 21.6, 21.1; 56 – 28.4, 21.6, 21.1; 57 – 28.4, 21.6, 21.1; 58 – 26.4, 21.6, 21.1; 59 – 26.2, 21.6, 21.1; 60 – 27.3, 21.6, 21.1; 61 – 21.1, 21.6, 21.1; 62 – 22.5, 21.6, 21.1; 63 – 26.0, 21.6, 21.1; 64 – 27.3, 21.6, 21.1; 65 – 27.6, 21.6, 21.1; 66 – 26.2, 21.6, 21.1; 67 – 27.8, 25.2, 20.6; 68 – 22.2, 24.8, 28.6; 69 – 29.0, 21.2, 18.3; 70 – 24.7, 21.2, 18.3; 71 – 22.7, 19.6, 18.8; 72 – 67.0, 23.9, 15.1; 73 – 25.1, 22.3, 16.9; 74 – 22.0, 26.0, 26.0; 75 – 29.4, 25.6, 26.5; 76 – 24.7, 17.4, 16.7; 77 – 29.4, 17.5, 18.4; 78 – 27.4, 17.6, 19.2; 79 – 29.2, 21.2, 20.8; 80 – 26.1, 21.2, 20.8; 81 – 25.6, 21.2, 17.5; 82 – 30.5, 22.3, 22.0; 83 – 22.0, 19.7, 19.2; 84 – 29.0, 19.6, 19.6; 85 – 25.4, 20.0, 19.5; 86 – 24.9, 24.8, 21.4; 87 – 31.9, 19.8, 19.6; 88 – 30.5, 20.2, 20.4; 89 – 32.6, 23.2, 23.0; 90 – 31.4, 23.1, 22.9; 91 – 27.2, 23.0, 19.6; 92 – 31.9, 28.0, 28.0; 93 – 29.1, 39.0, 35.3; 94 – 20.1, 18.5, 18.9; 95 – 30.4, 25.5, 24.1; 96 – 24.2, 18.2, 20.6; 97 – 26.0, 21.7, 20.6; 98 – 28.8, 26.5, 26.5; 99 – 29.4, 26.5, 26.5; 100 – 29.4, 21.6, 21.2; 101 – 30.0, 21.6, 21.2; 102 – 29.8, 21.6, 21.2; 103 – 27.9, 19.6, 14.3; 104 – 27.6, 19.2, 16.6; 105 – 30.0, 19.2, 16.6; 106 – 25.6, 17.9, 15.4; 107 – 27.1, 17.9, 15.4; 108 – 25.2, 17.9, 15.4; 109 – 25.2, 17.9, 15.4; 110 – 28.4, 23.5, 24.3; 111 – 29.2, 20.2, 19.4; 112 – 24.5, 20.2, 19.4; 113 – 23.5, 32.6, 29.6; 114 – 16.4, 32.6, 29.6; 115 – 27.9, 32.6, 29.6; 116 – 29.8, 32.6, 29.6; 117 – 28.6, 32.6, 29.6; 118 – 26.0, 32.6, 29.6; 119 – 26.2, 32.6, 29.6; 120 – 21.3, 32.6, 29.6; 121 – 24.8, 32.6, 29.6; 122 – 24.9, 32.6, 29.6; 123 – 27.2, 32.6, 29.6; 124 – 24.9, 18.3, 19.6; 125 – 21.8, 18.3, 19.6; 126 – 24.5, 19.0, 17.8; 127 – 27.3, 19.0, 17.8; 128 – 25.2, 19.0, 17.8; 129 – 26.7, 19.0, 17.8; 130 – 22.7, 19.0, 17.8; 131 – 20.9, 19.0, 17.8; 132 – 24.7, 23.5, 19.6; 133 – 28.1, 19.7, 19.4; 134 – 31.2, 15.6, 14.7; 135 – 29.6, 15.6, 14.7; 136 – 28.3, 15.6, 14.7; 137 – 28.1, 15.6, 14.7; 138 – 27.4, 15.6, 14.7; 139 – 25.2, 15.6, 14.7; 140 – 24.7, 15.6, 14.7; 141 – 24.0, 15.6, 14.7; 142 – 23.5, 15.6, 14.7; 143 – 24.0, 15.6, 14.7; 144 – 24.7, 15.6, 14.7; 145 – 26.5, 15.6, 14.7; 146 – 23.0, 15.6, 14.7; 147 – 26.4, 15.6, 14.7; 148 – 21.1, 15.6, 14.7; 149 – 24.8, 15.6, 14.7; 150 – 27.3, 15.6, 14.7; 151 – 24.8, 15.6, 14.7; 152 – 22.7, 15.6, 14.7; 153 – 22.8, 15.6, 14.7; 154 – 24.7, 15.6, 14.7; 155 – 28.6, 34.0, 29.6; 156 – 25.4, 20.0, 22.4; 157 – 25.5, 13.7, 9.9; 158 – 17.1, 13.7, 9.9; 159 – 14.5, 14.9, 12.0; 160 – 23.0, 14.9, 11.7; 161 – 28.6, 17.2, 18.3; 162 – 18.1, 11.1, 9.9; 163 – 27.4, 19.8, 19.9; 164 – 21.3, 17.2, 14.1; 165 – 26.7, 21.8, 19.4; 166 – 23.7, 21.8, 23.0; 167 – 23.6, 20.8, 16.8; 168 – 22.9, 26.0, 26.1; 169 – 27.7, 20.8, 22.7; 170 – 28.6, 21.1, 20.8; 171 – 20.3, 18.9, 18.8; 172 – 32.1, 24.1, 24.5; 173 – 29.4, 21.7, 21.7; 174 – 23.9, 23.7, 22.2; 175 – 35.3, 23.7, 22.2; 176 – 36.6, 23.7, 22.2; 177 – 18.2, 17.4, 17.0; 178 – 29.5, 22.0, 18.8; 179 – 22.1, 22.0, 18.8; 180 – 22.3, 22.0, 18.8; 181 – 27.1, 22.1, 23.6; 182 – 29.0, 22.1, 23.6; 183 – 25.1, 22.1, 23.6; 184 – 27.1, 22.8, 23.3; 185 – 23.3, 22.2, 22.2; 186 – 27.6, 22.2, 21.7; 187 – 26.9, 20.5, 20.1; 188 – 26.3, 27.1, 27.4; 189 – 27.8, 21.9, 21.9; 190 – 24.7, 21.6, 21.3; 191 – 20.4, 21.6, 21.3; 192 – 19.5, 16.9, 17.0; 193 – 24.0, 21.2, 21.2; 194 – 23.7, 20.5, 21.1; 195 – 27.8, 19.6, 18.1; 196 – 30.2, 30.2, 30.2; 197 – 28.1, 25.3, 26.5; 198 – 26.9, 11.0, 10.9; 199 – 29.3, 11.0, 10.9.

В настоящей статье использован также цифровой материал из ранее опубликованной авторами статьи (Литвинов и др., 2006), где приведены данные, которые получены с помощью описанных выше приборов и методических приемов.

Статистический анализ количественных данных обычно начинают с проверки нормальности их распределения. Надо заметить, что среднее квадратическое от-

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАЦИИ

клонение (как и среднюю арифметическую) корректно использовать для характеристики только тех выборок, в которых распределение вариантов существенно не отклоняется от нормального. По нашим материалам, относящимся к различным видам рептилий Волжского бассейна, нормальному закону соответствует распределение температурных признаков тела, субстрата и воздуха в отдельных малочисленных выборках и почти во всех многочисленных ($n > 100$) выборках. Отсюда следует, что приблизиться к нормальному распределению можно за счет увеличения объема выборки. Но в некоторых случаях не помогает и значительный объем выборки. Скорее всего, согласно нашим данным, ненормальное распределение вариантов в репрезентативной выборке обусловлено так называемыми «мнимыми повторностями». Псевдорепликация (или использование мнимых повторностей) определена С.Х. Хелбертом (Hurlbert, 1984, цит. по: Проблемы экологического..., 2008) как проверка статистических гипотез при оценке эффекта влияния фактора по экспериментальным данным, когда группы воздействий не могут быть признаны повторными (хотя выборки были сформированы), или эти повторности не являются статистически независимыми. Поэтому мы полагаем, что при формировании выборки надо избавиться от взаимозависимых и повторяющихся в ней вариант.

На примере наших данных рассмотрим соответствие температурных значений нормальному распределению в весьма многочисленной ($n = 199$) выборке обыкновенного ужа из Пермского края. В настоящее время существуют различные численные методы оценки соответствия изучаемого распределения признака нормальному распределению. Так, в пакете «Statistica» реализован критерий Колмогорова – Смирнова, позволяющий с достаточной строгостью принять или опровергнуть нулевую гипотезу об отсутствии отличий от нормальности. Статистический анализ нормальности распределения температурных значений в трех наших выборках, объем каждой из которых равен 199 (табл. 1), показывает, что по критерию Колмогорова – Смирнова нормально распределена температура тела ($p > 0.20$), значительно отличается от нормального распределения температура субстрата и приземного воздуха ($p < 0.01$).

Таблица 1

Результаты статистического анализа значений температурных признаков
обыкновенного ужа из Пермского края

Признак	n	Средняя арифметическая и ее ошибка $M \pm m$	Среднее квадратическое отклонение	Критерий Колмогорова – Смирнова	
				d	p
Температура тела	199	25.67±0.26	3.67	0.06834	>0.20
	94	25.95±0.39	3.79	0.09879	>0.20
Температура субстрата	199	21.71±0.33	4.65	0.17651	<0.01
	94	21.70±0.44	4.30	0.10672	>0.20
Температура воздуха	199	20.34±0.32	4.54	0.11954	<0.01
	94	20.52±0.46	4.47	0.09217	>0.20

Обратимся к первичным данным. Многократно повторяются в отдельных вариантах значения температуры субстрата и температуры воздуха (одинаковые их значения – 21.6 и 18.2°C соответственно в вариантах 2 – 4, 23.1 и 22.7°C – в вариантах 5 – 6, 27.9 и 19.8°C – в вариантах 9 – 11 и т.д.). Если из повторяющихся в каждом случае вариант оставить первую варианту, то объем выборки снизится со

199 до 94, т.е. из вариант 2 – 4 мы оставляем только варианту 2, из 5 – 6 оставляем варианту 5, из 9 – 11 – варианту 9 и т.д. Эта процедура продельвается не только с первичными данными о температуре субстрата и воздуха, но и с данными о температуре тела. Таким путем мы уменьшаем объем выборки, но избавляемся от проблемы с мнимыми повторностями. Распределение всех трех температурных признаков стало соответствовать нормальному закону, несмотря на то, что объем каждой выборки снизился со 199 до 94 (см. табл. 1).

Поясним причины появления «мнимых повторностей» на этапе сбора первичных данных. Так, сбор нашего материала проводился во время весеннего спаривания змей. При этом обыкновенные ужи встречаются чаще не поодиночке, а парами или по несколько особей в брачных клубках. Температура субстрата и воздуха для каждой из таких групп будет одинаковой, при этом, как правило, незначительно различается и индивидуальная температура тела. Можно рекомендовать проводить температурные измерения только у одной змеи из группы; если изучаются половые различия, то – у одного самца и у одной самки. Точно так же надо поступать в случае одновременного обнаружения в одном убежище нескольких животных и в других подобных случаях.

В табл. 2 приведены результаты статистического сравнения значений среднего квадратического отклонения температур тела обыкновенного ужа и окружающей среды с помощью *t*-критерия Стьюдента. Объем каждой из трех выборок равен 94. Различия недостоверны даже на 5%-ном уровне значимости во всех трех случаях сравнений.

Таблица 2

Результаты статистического сравнения значений среднего квадратического отклонения температур тела обыкновенного ужа и окружающей среды ($n = 94$)

Сравниваемые температурные характеристики	t_{ϕ}	P
Субстрат – тело	1.22	>0.05
Воздух – тело	1.59	>0.05
Субстрат – воздух	0.38	>0.05

При статистических сравнениях, результаты которых даны в табл. 2, мы возвращаемся к проблеме недостаточно репрезентативных выборок. После избавления от «мнимых повторностей» выборки стали недостаточно репрезентативными для решения поставленных задач по выявлению различий между средними квадратическими отклонениями. Понятно, что надо оперировать выборками, сочетающими нормальное распределение и высокое число вариантов.

Перейдем к таким выборкам. Чтобы не увеличивать объем настоящей публикации сверх разумного предела очередными громоздкими первичными данными, используем данные из литературы. Как уже говорилось, авторы в своих публикациях по термобиологии рептилий обычно не приводят значений среднего квадратического отклонения. Зато во многих работах приводятся ошибка выборочного среднего арифметического и объем выборки, на основании которых можно вычислить среднее квадратическое отклонение S_x по формуле

$$S_x = S_x^- \cdot \sqrt{n},$$

где S_x^- – статистическая ошибка среднего арифметического, n – объем выборки.

С помощью данной формулы попытаемся провести статистические сравнения на более многочисленных выборках ($n \geq 120$). Обратимся к нашей публикации (Литвинов и др., 2006), взяв в качестве примера средние и их ошибки из выборок

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАЦИИ

значений температуры для трех видов рептилий Пермского края – живородящей ящерицы *Zootoca vivipara* (Lichtenstein, 1823), прыткой ящерицы *Lacerta agilis* Linnaeus, 1758 и обыкновенного ужа *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) (табл. 3).

Таблица 3

Термобиологическая характеристика рептилий Пермского края (Литвинов и др., 2006)

Температура, °С	Виды рептилий		
	Живородящая ящерица (n = 120)	Прыткая ящерица (n = 185)	Обыкновенный уж (n = 407)
Воздуха	22.9±0.58	27.0±0.65	20.2±0.34
Субстрата	23.2±0.47	27.8±0.56	23.6±0.27
Тела	27.6±0.43	30.7±0.30	25.3±0.18

Основываясь на этих данных, мы можем вычислить по указанной формуле значения среднего квадратического отклонения для каждого температурного признака – температур воздуха, субстрата, тела (табл. 4).

Таблица 4

Среднее квадратическое отклонение температур окружающей среды и тела рептилий

Средние квадратические отклонения можно сравнить при помощи *t*-критерия Стьюдента, учитывая следующее замечание. «Применять критерий Стьюдента к оценке разности между показателями вариации следует осторожно, особенно в тех случаях, когда приходится сравнивать показатели, вычисленные на малочисленных выборках. Нулевую гипотезу можно считать опровергнутой при условии, что $t_{\phi} > t_{st}$ для 0.1%-ного уровня значимости и числа степеней свободы $k = n_1 + n_2 - 2$ » (Лакин, 1980, с. 109).

Температура, °С	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

В табл. 5 приведены результаты статистического сравнения значений среднего квадратического отклонения температур окружающей среды и тела с помощью *t*-критерия Стьюдента.

Таблица 5

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

Сравниваемые температурные показатели	Виды рептилий					
	Живородящая ящерица		Прыткая ящерица		Обыкновенный уж	
	t_{ϕ}	<i>P</i>	t_{ϕ}	<i>P</i>	t_{ϕ}	<i>P</i>
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

У прыткой ящерицы и обыкновенного ужа различия достоверны по *t*-критерию Стьюдента на 0.1%-ном уровне значимости, что позволяет опровергнуть нулевую гипотезу. В случае с живородящей ящерицей различия недостоверны на 0.1%-ном уровне значимости, т.е. нулевая гипотеза не может быть опровергнута.

Среднее квадратическое отклонение можно использовать и для проведения межвидовых сравнений. Результаты попарного сравнения трех видов рептилий приведены в табл. 6, исходные данные взяты из табл. 4.

Таблица 6

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

Сравниваемые виды	Температурные показатели					
	воздуха		субстрата		тела	
	t_{ϕ}	<i>P</i>	t_{ϕ}	<i>P</i>	t_{ϕ}	<i>P</i>
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

По температуре тела различия средних квадратических отклонений между тремя рассматриваемыми видами не достигают 0.1%-ного уровня значимости. По температурам внешней среды различия на 0.1%-ном уровне отмечаются между двумя видами ящериц, а также между прыткой ящерицей и обыкновенным ужом. При этом самым эвритермным видом является прыткая ящерица, у которой значения среднего квадратического отклонения как для температуры субстрата, так и для температуры воздуха достоверно выше, чем у двух других видов рептилий (см. табл. 4 и 6).

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. Исходя из имеющихся в табл. 4 цифр, можно рассмотреть 2 таких индекса: во-первых, частное от деления среднего квадратического 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

Таблица 7

Отношение средних квадратических отклонений температур окружающей среды и тела

Отношение	Виды рептилий		
	Живородящая ящерица	Прыткая ящерица	Обыкновенный уж
Тело / воздух	0.74	0.46	0.53
Тело / субстрат	0.91	0.54	0.67

вариабельности температуры среды. Значения приведены в табл. 7.

Для живородящей ящерицы, прыткой ящерицы и обыкновенного ужа значения обоих индексов меньше единицы, что подтверждает хорошо из-

вестный факт – более высокую вариабельность температуры окружающей среды по сравнению с температурой тела рептилий. У каждого из трех видов рептилий значение для отношения «тело / воздух» ниже, чем для отношения «тело / субстрат». Это является следствием большей вариабельности температуры субстрата по сравнению с приземным воздухом. 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 только предварительного характера, поскольку для них нет формул расчета статистических ошибок и сравнений. Сравнения эти будут не статистического, а арифметического плана. Сравнивая значения предложенных индексов, необходимо использовать однотипный

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАЦИИ

материал. К примеру, если мы сравниваем разные виды из одного географического места, то необходимо брать данные, полученные в одно время года. Так, при включении в табл. 7 собственных данных о соотношении стандартных отклонений показателей температуры для ужа из табл. 1 мы получим отношение показателей вариации тела и воздуха 0.85, тела и субстрата 0.88. И этим новым данным в ранжированном ряду будет сложно найти адекватное место. Но так поступать нельзя, поскольку материал собирался в разное время: данные для публикации (Литвинов и др., 2006) – это конец мая и июнь, а данные для табл. 1 – это в основном начало мая.

Смысл использования предлагаемых индексов заключается в предварительном определении соотношения изменения температуры тела с изменением температур окружающей среды (субстрата и воздуха). Для каждого индекса теоретически возможно наличие двух крайних значений: единица и нуль. Как показано в диссертационной работе С.В. Ганцук (2005) на примере ящериц Волжско-Камского края, корреляционная связь между температурой тела и температурой окружающей среды не является прямолинейной, значения корреляционного отношения температур тела и субстрата, тела и воздуха в высшей степени достоверны ($p < 0.001$); статистически достоверны и значения показателя силы влияния температуры субстрата и температуры воздуха на температуру тела ($p < 0.01$). Можно предположить: у сравниваемых групп рептилий более высока – в конкретных условиях – «эктотермность» той группы, у которой соответствующий индекс ближе к единице.

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. Статистическое сравнение значений этих показателей позволяет проверять гипотезы о внутри- и межвидовых различиях в температурном варьировании. При использовании t -критерия Стьюдента нулевая гипотеза о равенстве генеральных показателей вариации опровергается при $p < 0.001$. Отношения вариационных показателей друг к другу можно использовать в качестве индексов.

Авторы выражают благодарность Г.С. Розенбергу, Д.Б. Гелашвили, В.К. Шитикову и рецензентам за ценные замечания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ганцук С.В. Микроклиматические условия обитания ящериц Волжско-Камского края и температура их тела: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, 2005. 19 с.

Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1980. 294 с.

Литвинов Н.А., Ганцук С.В., Воробьева А.С., Руцкина 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: Изд-во Перм. гос. пед. ун-та, 2006. С. 32 – 40.

Проблемы экологического эксперимента (планирование и анализ наблюдений). Тольятти: Кассандра, 2008. 274 с.