



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.3>

UDC 57.045

LBC 28.673

THERMOBIOLOGY OF THE EREMIAS ARGUTA (PALLAS, 1773) IN THE CONDITIONS OF THE VOLGOGRAD REGION AND THE INFLUENCE OF THE TEMPERATURE FACTOR ON THE FORMATION OF THE RANGE OF THE SPECIES

Konstantin A. Kovalenko

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Dmitry A. Gordeev

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The article presents data on the thermobiology of multi-colored foot-and-mouth disease living on Sarpinsky Island (Kirov district, Volgograd city). There is relatively little information on the thermobiology of the multicolored foot-and-mouth disease in the Volgograd region. In this regard, the purpose of the study was to analyze the temperature conditions of the environment and the body of the multi-colored foot-and-mouth disease in the populations of the Volgograd region. In caught foot-and-mouth disease, the temperature of the esophagus, dorsal and ventral sides of the body was measured. The temperature of the soil surface and air was also measured at the place where the foot-and-mouth disease was found. Temperature measurements were carried out using AKIP-9303 and CEM DT-8820 Environment Meter instruments. To determine the dependence of the body temperature of *E. arguta* on environmental conditions, a correlation analysis was performed using the Past program. With the help of the Maxent program, a distribution model of the multi-colored foot-and-mouth disease was compiled. As a result of the research, it was found that in most foot-and-mouth disease the temperature of the esophagus varies from +29.9 to +35.9 °C. The temperature of the dorsal and lower sides of the body varies from +28.9 to +34.7 °C and from +27.2 to +32.5 °C, respectively. Most often, foot-and-mouth disease was on the soil, the temperature of which reached +33.2...+56.8 °C. The temperature of squat air at a height of 3 cm and 20 cm does not differ much and in most cases varies from +31.4 to +49.7 °C. A positive correlation is observed between all indicators, except for the temperature of the dorsal side of the body and the temperature of the soil at the place of capture at a depth of 5 cm. For *E. arguta*, suitable habitats are found in some areas of Tibet, the Gobi Desert, Kazakhstan, as well as the Volga region of Russia, the Northern Black Sea region. The area occupied by foot-and-mouth disease is most influenced by isothermality (39.3%) and precipitation of the wettest month (18.8%).

Key words: foot-and-mouth disease, thermobiology, Volgograd region, soil temperature, air temperature, body temperature.

Citation. Kovalenko K.A., Gordeev D.A. Thermobiology of the *Eremias Arguta* (Pallas, 1773) in the Conditions of the Volgograd Region and the Influence of the Temperature Factor on the Formation of the Range of the Species. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 23-31. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.3>

**ТЕРМОБИОЛОГИЯ РАЗНОЦВЕТНОЙ ЯЩУРКИ
(*EREMIAS ARGUTA* (PALLAS, 1773))
В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И ВЛИЯНИЕ
ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА ФОРМИРОВАНИЕ АРЕАЛА ВИДА**

Константин Андреевич Коваленко

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Дмитрий Анатольевич Гордеев

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье приводятся данные о термобиологии разноцветных ящурок, обитающих на острове Сарпинском (Кировский район, город Волгоград). Информации о термобиологии разноцветной ящурки на территории Волгоградской области сравнительно мало. В связи с этим целью исследования стал анализ температурных условий среды и тела разноцветной ящурки в популяциях Волгоградской области. У пойманных ящурок измерялась температура пищевода, спинной и брюшной сторон тела. Также на месте обнаружения ящурок измерялась температура поверхности почвы и воздуха. Измерения температур проводились при помощи приборов АКПП-9303 и СЕМ DT-8820 Environment Meter. Для определения зависимости температуры тела *E. arguta* от условий среды проводили корреляционный анализ в программе Past. При помощи программы Maxent была составлена модель распространения разноцветной ящурки. В результате исследований установлено, что у большинства ящурок температура пищевода варьирует от +29,9 до +35,9 °С. Температура спинной и нижней сторон тела варьирует от +28,9 до +34,7 °С и от +27,2 до +32,5 °С соответственно. Чаще всего ящурки находились на почве, температура которой достигала +33,2...+56,8 °С. Температура приземистого воздуха на высоте 3 и 20 см отличается не сильно и в большинстве случаев варьирует от +31,4 до +49,7 °С. Положительная корреляция наблюдается между всеми показателями, кроме температуры спинной стороны тела и температуры почвы в месте поймки на глубине 5 см. Для *E. arguta* подходящие места обитания находятся в некоторых областях Тибета, пустыни Гоби, Казахстана, а также Поволжье России, Северном Причерноморье. На занимаемый ящуркой ареал оказывают наибольшее влияние изотермальность (39,3 %) и осадки самого влажного месяца (18,8 %).

Ключевые слова: разноцветная ящурка, термобиология, Волгоградская область, экологические факторы среды, ареал вида.

Цитирование. Коваленко К. А., Гордеев Д. А. Термобиология разноцветной ящурки (*Eremias arguta* (Pallas, 1773)) в условиях Волгоградской области и влияние температурного фактора на формирование ареала вида // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 23–31. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.3>

Введение

Разноцветная ящурка (*Eremias arguta* (Pallas, 1773)) – вид настоящих ящериц (Lacertidae) с ареалом, простирающимся от северо-восточной Румынии на западе до юго-западной Монголии (Джунгарская Гобби) и северо-западного Китая (Синьцзян-Уйгурский автономный округ и Внутренняя Монголия) на востоке, Турции и Ирана на юге. Северная граница ареала проходит по степной зоне Европейской части России [1; 3]. Это преимущественно аридный вид, встречающийся на равнине и горах на мягких сыпучих почвах или

более плотных грунтах с травянистой и кустарниковой растительностью. В Волгоградской области разноцветная ящурка распространена на всей территории на песчаных, закрепленных или слабо закрепленных песках с разреженным растительным покровом [2]. Широкое распространение в пределах аридных зон и проникновение на север до Волжско-Камского края – Самарская Лука и Бузулукский бор [1], вероятно, обеспечивается термобиологическими адаптациями. Однако сведения о термобиологии *E. arguta* на территории Волгоградской области до сих пор отсутствуют. В связи с этим целью нашего ис-

следования стал анализ температурных условий среды и тела разноцветной ящурки в популяциях Волгоградской области, а также оценка влияния температурного фактора среды на формирование ареала вида.

Материал и методы исследований

Материалом для настоящей статьи послужили полевые исследования на острове Сарпинский (Кировский район города Волгограда), проведенные с 28.05 по 01.06 и с 16.09 по 19.09.2021 г. в течение всего дня. Сборы проводились на остепненных и песчаных участках вблизи хуторов Кожзавод, Рыбовод, Павловский. Отлов ящурок осуществлялся механическим захватом особей без использования приспособлений. У пойманных ящурок измерялась температура пищевода, спинной и брюшной сторон тела. Также на месте обнаружения ящурок измерялась температура поверхности почвы, температура почвы на глубине 5 см, температура приземистого воздуха на высоте 3 и 20 см. Затем пойманные особи были отпущены. Измерение температур проводилось при помощи приборов пирометра АК ИП-9303 и многофункционального измерительного прибора СЕМ DT-8820 Environment Meter. За период исследований было отловлено 53 особи разноцветной ящурки, проведено 371 измерение температуры. Для определения зависимости температуры тела *E. arguta* от условий среды про-

водили корреляционный анализ в программе Past 3.22 [5].

Одним из механизмов выявления абиотических характеристик среды, наиболее значимых для распространения видов растений и животных, в том числе термальных характеристик, к которым они адаптированы, является построение модели распространения в среде Maxent 3.3.3k. Основываясь на данных 246 точек находок разноцветной ящурки из базы данных GBIF [4] и 19 биоклиматических показателей [6] в среде Maxent, нами была составлена модель распространения (рис. 1) с цветовой идентификацией пригодности территорий для обитания. Затем статистический анализ точности модели распространения разноцветной ящурки был представлен в виде графиков.

Результаты и обсуждение

Согласно полученным данным у большинства ящурок температура пищевода варьирует от +29,9 до +35,9 °С, средняя температура составляет $+32,47 \pm 0,1873$ °С (см. табл. 1). Температуры спинной и нижней сторон тела у большинства особей варьируют от +28,9 до +34,7 °С и от +27,2 до +32,5 °С соответственно. Средние же температуры спины и живота составляют $+31,72 \pm 0,1747$ °С и $+30,12 \pm 0,1625$ °С соответственно.

Чаще всего разноцветные ящурки находились на почве, температура которой дости-

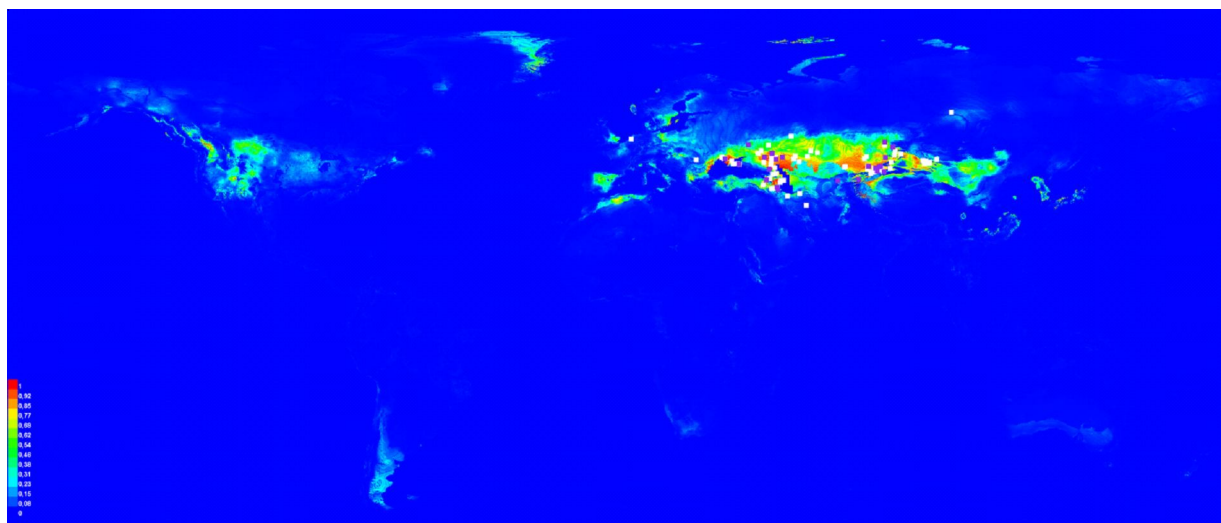


Рис. 1. Модель распространения *E. arguta*. Цвет показывает расчетную вероятность нахождения данного вида на определенной территории. Красный цвет – высокая вероятность; зеленый – условия, похожие на те, в которых находится вид; оттенки синего – маловероятные условия

гала +33,2...+56,8 °С, среднее значение температур +38,94 ± 0,8007 °С. Температура почвы на глубине 5 см ниже температуры поверхности в среднем на 11,55 °С. Температура приземистого воздуха на высоте 3 и 20 см отличается не сильно и в большинстве случаев варьирует от +31,4 до +49,7 °С, средние же показатели составляют +36,23 ± 0,4660 °С (высота 3 см) и +38,38 ± 0,6195 °С (высота 20 см).

Анализ зависимости температуры тела разноцветной ящурки от условий среды позволил выявить положительную корреляцию между всеми показателями, за исключением температуры спинной стороны тела и температу-

ры почвы в месте поймки на глубине 5 см. То есть при увеличении температуры окружающей среды температура покровов и внутренней среды разноцветной ящурки увеличивается, что объясняется пойкилотермностью рассматриваемого вида. Отрицательная корреляция между показателями: температура спинной стороны и температура почвы в месте поймки может быть объяснена выбором участка почвы для охлаждения (терморегуляторное поведение).

В ходе проведения анализа выявлены различные степени зависимости факторов друг от друга (табл. 2). Сильная корреля-

Таблица 1

Значения температур места поймки, поверхности тела и внутренней среды *E. arguta* в Волгоградской области

Температура	Размах температур (°С), min / max	Среднее значение температур (°С), M ± m
На поверхности почвы	+33,2 / +56,8	+38,94 ± 0,8007
Почвы на глубине 5 см	+23,1 / +37,8	+27,39 ± 0,4650
Воздуха на высоте 3 см	+31,4 / +44,2	+36,23 ± 0,4660
Воздуха на высоте 20 см	+32,7 / +49,7	+38,38 ± 0,6195
В оральной полости	+29,9 / +35,9	+32,47 ± 0,1873
Брюшной стороны тела	+27,2 / +32,5	+30,12 ± 0,1625
Спинной стороны тела	+28,9 / +34,7	+31,72 ± 0,1747

Таблица 2

Зависимость температуры разноцветной ящурки от условий среды

Показатели	t° почвы в месте поймки на поверхности	t° почвы в месте поймки на глубине 5 см	t° воздуха в месте поймки выс. 3 см	t° воздуха в месте поймки выс. 20 см	t° оральная	t° брюшной стороны	t° спинной стороны
t° почвы в месте поймки на поверхности		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	> 0,05
t° почвы в месте поймки на глубине 5 см	0,67		< 0,05	< 0,05	< 0,05	> 0,05	> 0,05
t° воздуха в месте поймки выс. 3 см	0,82	0,64		< 0,05	< 0,05	> 0,05	> 0,05
t° воздуха в месте поймки выс. 20 см	0,65	0,45	0,69		< 0,05	> 0,05	> 0,05
t° оральная	0,70	0,41	0,38	0,29		< 0,05	< 0,05
t° брюшной стороны	0,30	0,06	0,15	0,08	0,64		< 0,05
t° спинной стороны	0,16	-0,13	0,06	0,05	0,28	0,45	

Примечание. В нижней левой области таблицы указаны коэффициенты корреляции, в верхней правой – уровень значимости.

ция (0,7) выявлена между показателями: оральная температура и температура почвы в месте поимки на поверхности ($> 0,7$). Средняя зависимость (коэффициент корреляции находится в интервале от 0,3 до 0,7) установлена для показателей: температура брюшной стороны и оральная температура (0,64); температура спинной стороны и температура брюшной стороны (0,45); оральная температура и температура почвы в месте поимки на глубине 5 см (0,41); оральная температура и температура воздуха в месте поимки на высоте 3 см (0,38); температура брюшной стороны и температура почвы в месте поимки на поверхности (0,30). Остальные показатели характеризуются слабой зависимостью.

Фактором, в большей степени влияющим на температуру тела ящериц, является температура почвы в местах их поимки на поверхности (0,70). Фактором, наименее сильно влияющим на температуру тела ящериц, является температура почвы в местах их поимки на глубине 5 см.

Основываясь на данных находок разноцветной ящурки из базы данных GBIF, в среде Maxent нами была составлена модель распро-

странения (см. рис. 1) с цветовой идентификацией пригодности территорий для обитания.

Для *E. arguta* подходящие места обитания находятся в некоторых областях Маньчжурии, Тибета, пустыни Гоби. Предполагаемый ареал тянется дальше на запад и охватывает значительные области Казахстана, Киргизии, Узбекистана, а также Поволжье России, Кавказские горы, Северное Причерноморье, Юг Балканского полуострова, Турцию.

Статистический анализ точности модели распространения разноцветной ящурки представлен в виде графика (рис. 2). Условия считаются пригодными, если предсказание выше порога, и непригодными, если ниже. На графике показано, как меняется оmissия и предсказанная территория по тестовым и тренировочным точкам в зависимости от кумулятивного порога. По данному графику можно сказать, что оmissия по тестовым точкам довольно хорошо совпадает с предсказанной динамикой оmissии, рассчитанной для тестовых данных, полученных из самого распределения Maxent. Предсказанная оmissия является прямой линией по определению кумулятивного формата. По этому графику можно

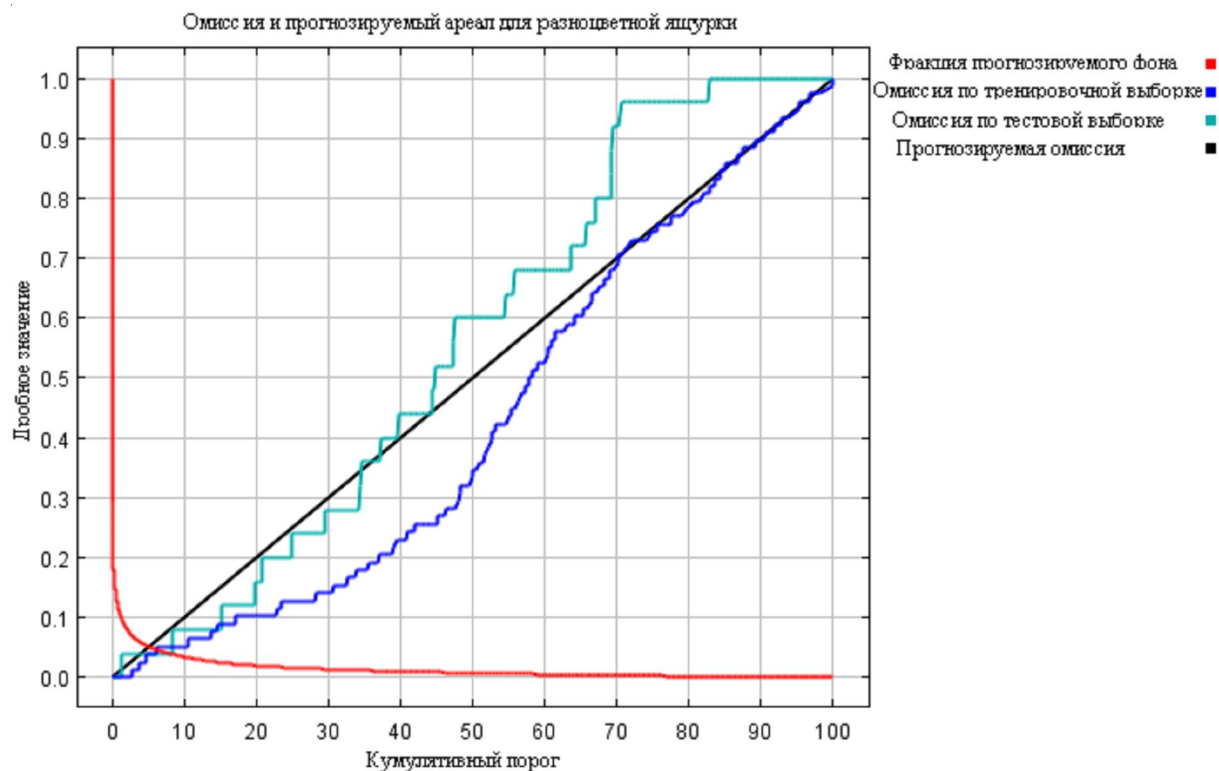


Рис. 2. Оmissия и прогнозируемый ареал для *E. arguta*

сказать, что линия оmissии по тестовым точкам лежит ниже предсказанной линии. Скорее всего, это объясняется тем, что тестовые и тренировочные данные независимы, так как получены из общего автокоррелированного набора данных о находках.

Положение операционной кривой для тренировочных и тестовых данных показано на следующем графике (рис. 3). Красная и синяя линии на графике совпадают, так как для тренировки и тестирования используются одни и те же данные. Черная линия показывает ситуацию, которую можно было бы ожидать, если бы надежность предсказаний модели была на случайном уровне. Чем ближе к верхнему левому углу находится синяя линия, тем лучше модель предсказывает находки, содержащиеся в тестовой выборке. Поскольку при построении модели мы используем только данные о находках (нет данных об отсутствии), вместо ошибки оmissии (доля отсутствующих, предсказанная как встречи) используется доля от площади территории исследования, занимаемая встречами.

Согласно полученным данным на занимаемый ареал оказывают влияние следующие

биоклиматические параметры: изотермальность (39,3 %), осадки самого влажного месяца (18,8 %), среднегодовая температура (12,6 %), средняя температура самого теплого квартала (12,6 %). Все остальные параметры не оказывают существенного влияния на создание прогноза (см. табл. 3).

Альтернативной оценкой важности переменной может быть «jackknife»-тест, при котором создается набор моделей (рис. 4А). Каждая переменная исключается по очереди, а очередь и модель создаются с остальными переменными.

Если Maxent использует только среднюю температуру самого холодного квартала (bio 11), сезонность температуры (bio 4), среднюю температуру самого влажного квартала (bio 8), то прироста почти нет, так что по отдельности эти переменные бесполезны для моделирования ареала ящурки. В свою очередь изотермальность (bio 3), среднегодовая температура (bio 1), осадки самого влажного месяца (bio 13), сезонность осадков (bio 15) достаточно хорошо описывают данные.

При рассмотрении столбцов, выделенных синим цветом, можно отметить, что ни

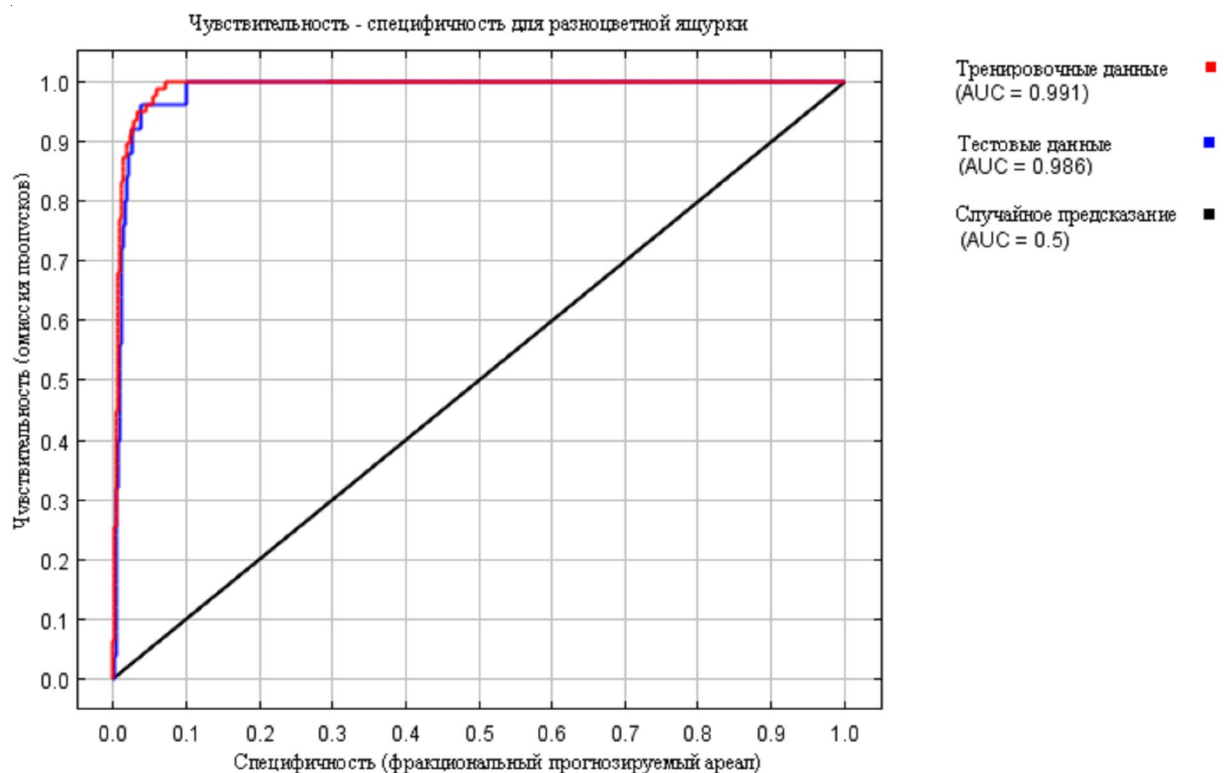


Рис. 3. График операционной кривой для тренировочных и тестовых данных

одна из переменных не содержит значительного количества уникальной информации, которая бы не содержалась в других, поэтому выключение каждой переменной не привело к значительному уменьшению прироста.

Диаграмма AUC (рис. 4Б) показывает, что изотермальность (bio 3) – это перемен-

ная, которая в одиночку наиболее эффективно предсказывает распределение точек находок, которые были выделены в тестовый набор данных. Эта эффективность предсказания измерена с помощью AUC, однако эта переменная практически не используется для построения модели, когда используются все переменные.

Таблица 3

Значимость переменных климатических показателей

№ Bio	Климатический показатель	Процент значимости
1	Изотермальность	39,3
2	Осадки самого влажного месяца	18,8
3	Среднегодовая температура	12,6
4	Средняя температура самого теплого квартала	12,6
5	Максимальная температура самого теплого месяца	5,4
6	Осадки самого теплого квартала	3,5
7	Осадки в самый засушливый месяц	1,5
8	Сезонность осадков	0,8
9	Минимальная температура самого холодного месяца	0,7
10	Средний дневной диапазон	0,6
11	Средняя температура самого холодного квартала	0,6
12	Годовой диапазон температуры	0,6
13	Осадки самого влажного квартала	0,6
14	Осадки в самой холодной четверти	0,5
15	Осадки самого засушливого квартала	0,5
16	Средняя температура самого влажного квартала	0,5
17	Сезонность температуры	0,4
18	Годовое количество осадков	0,3
19	Средняя температура самого засушливого квартала	0,2

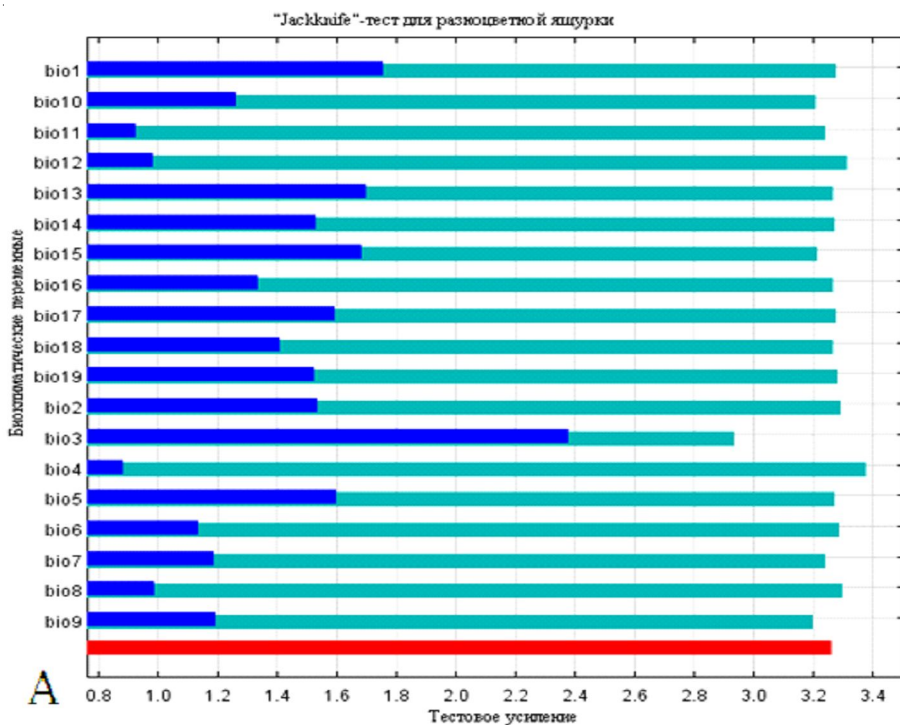


Рис. 4. А – альтернативная оценка важности переменной с помощью «jackknife»-теста

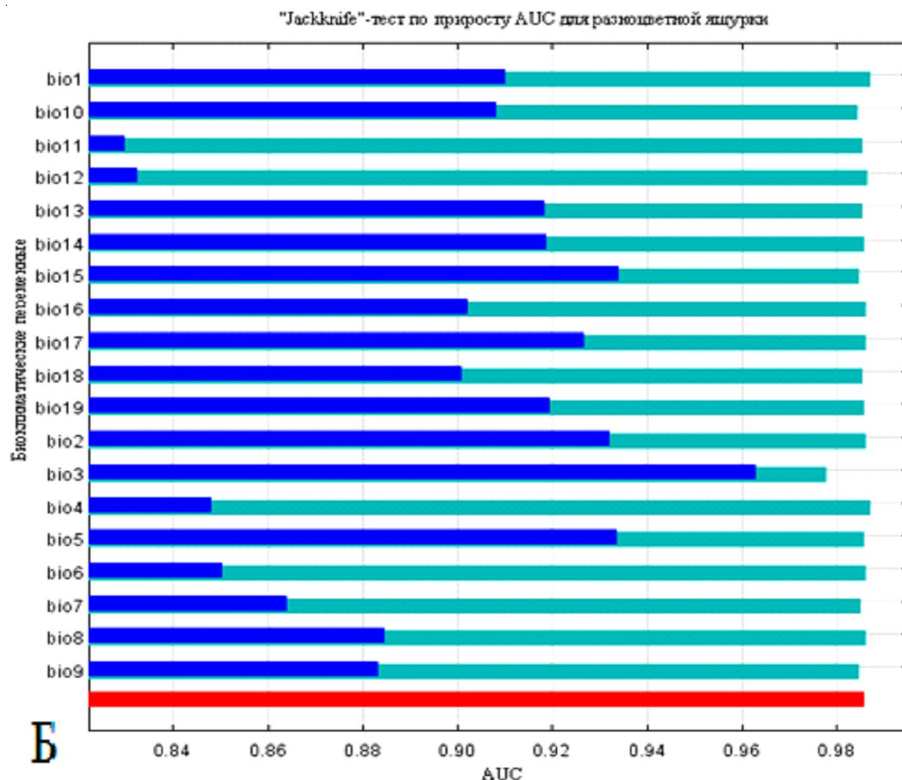


Рис. 4. Окончание

Б – «jackknife»-тест по приросту для AUC. Голубой цвет – без одной переменной; синий цвет – только с одной переменной; красный цвет – со всеми переменными

Согласно полученной модели средний дневной диапазон (bio 2), изотермальность (bio 3), максимальная температура самого теплого месяца (bio 5), сезонность осадков (bio 15) являются наиболее важными биоклиматическими показателями для разноцветной ящурки.

Заключение

Температура тела разноцветной ящурки сильнее всего зависит от температуры поверхности почвы в месте поимки. Средняя зависимость температуры тела ящурки наблюдается от температуры приземного воздуха на высоте до 20 см. Фактором, наименее сильно влияющим на температуру тела ящериц, является температура почвы в месте поимки на глубине 5 см.

Средняя температура тела ящурок в мае составляет $35,4 \pm 0,40$ °С. При превышении средних значений температур тела ящурка уходит в норы или другие убежища для охлаждения. При температурах тела ниже средних

ящурка, наоборот, выходит на хорошо прогреваемые Солнцем места для обогрева.

Наибольшее влияние на распространение разноцветной ящурки оказывают среднегодовая температура (bio 1), изотермальность (bio 3), средняя температура самого теплого квартала (bio 10), осадки самого влажного месяца (bio 13), которые успешно реализуются в лесостепных, степных и полупустынных регионах с преобладанием песчаных почв Тибета, пустыни Гоби, Средней Азии, Поволжья, Северного Причерноморья, юга Балканского полуострова, Турции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас пресмыкающихся Северной Евразии (таксономическое разнообразие, географическое распространение и природоохранный статус) / Н. Б. Ананьева [и др.]. – СПб. : Иван Федоров, 2004. – 232 с.
2. Гордеев, Д. А. Видовой состав и биологические особенности чешуйчатых Волгоград-

ской области : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Гордеев Дмитрий Анатольевич. – Казань, 2012. – 21 с.

3. Дунаев, Е. А. Земноводные и пресмыкающиеся России. Атлас-определитель / Е. А. Дунаев, В. Ф. Орлова. – М. : Фитон+, 2012. – 320 с.

4. Free and open access to biodiversity data // Global Biodiversity Information Facility. – Electronic text data. – Mode of access: <https://www.gbif.org/search?q=eremias%20arguta> (date of access: 10.10.2021). – Title from screen.

5. Hammer Ø. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis / Ø. Hammer, D. A. T. Harper, P. D. Ryan // *Palaeontologia Electronica*. – 2001. – Vol. 4, № 1. – P. 1–9.

6. WorldClim 1.4: Current conditions (~1960–1990) // WorldClim – Global Climate Data: Free climate data for ecological modeling and GIS. – Electronic text data. – Mode of access: <http://www.worldclim.org/current> (date of access: 10.10.2021). – Title from screen.

(*taksonomicheskoye raznoobrazie, geograficheskoye rasprostraneniye i prirodookhrannyy status*) [Atlas of Reptiles of Northern Eurasia (Taxonomic Diversity, Geographical Distribution, and Conservation Status)]. Saint Petersburg, Ivan Fedorov Publ., 2004. 232 p.

2. Gordeyev D.A. *Vidovoy sostav i biologicheskiye osobennosti cheshuychatykh Volgogradskoy oblasti: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Species Composition and Biological Features of the Scaly in the Volgograd Region: Cand. Biol. Sci. Diss.]. Kazan, 2012. 21 p.

3. Dunayev Ye.A., Orlova V.F. *Zemnovodnyye i presmykayushchiyesya Rossii. Atlas-opredelitel'* [Amphibians and Reptiles of Russia. Atlas-Determinant]. Moscow, Fiton+ Publ., 2012. 320 p.

4. Free and Open Access to Biodiversity Data. *Global Biodiversity Information Facility*. URL: <https://www.gbif.org/search?q=eremias%20arguta> (accessed 10 October 2021).

5. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 2001, vol. 4, no. 1, pp. 1-9.

6. WorldClim 1.4: Current Conditions (~1960–1990). *WorldClim – Global Climate Data: Free Climate Data for Ecological Modeling and GIS*. URL: <http://www.worldclim.org/current> (accessed 10 October 2021).

REFERENCES

1. Anan'yeva N.B., Orlov N.L., Khalikov R.G., et al. *Atlas presmykayushchikhsya Severnoy Evrazii*

Information About the Authors

Konstantin A. Kovalenko, Bachelor, Department of Biology and Bioengineering, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, comradcokane@mail.ru

Dmitry A. Gordeev, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Biology and Bioengineering, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, dmitriy8484@bk.ru

Информация об авторах

Константин Андреевич Коваленко, бакалавр кафедры биологии и биоинженерии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, comradcokane@mail.ru

Дмитрий Анатольевич Гордеев, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и биоинженерии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, dmitriy8484@bk.ru