

УДК 599.4:591.9:58.056(575)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ  
*BARBASTELLA WALTERI* (BARBASTELLA: CHIROPTERA, VESPERTILIONIDAE)  
В СРЕДНЕАЗИАТСКОМ РЕГИОНЕ НА ОСНОВЕ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

© 2021 г. Д.Г. Смирнов\*, Т.К. Хабилов\*\*, Д.Э. Таджибаева\*\*

\*Пензенский государственный университет  
Россия, 440026, г. Пенза, ул. Красная, д. 40. E-mail: eptesicus@mail.ru

\*\*Худжантский государственный университет  
Таджикистан, 735700, г. Худжанд, проезд Мавлонбекова, д. 1

Поступила в редакцию 16.10.2020. После доработки 14.01.2021. Принята к публикации 07.04.2021.

*Barbastella walteri* – одни из самых редких и плохо изученных видов рукокрылых Средней Азии. В публикации приводятся результаты гисмоделирования потенциально распространения *B. walteri* в среднеазиатском регионе с помощью программы MaxEnt. В анализе использованы географические координаты 57 точек находок вида и биоклиматические данные из базы WorldClim2. Полученная модель хорошо согласуется с известными местами находок. Область распространения не демонстрирует сплошной континуум, а состоит из отдельных участков, привязанных к наиболее оптимальным по климатическим параметрам территориям. Эти участки приурочены к предгорьям и долинам, по которым вид проникает в горы до высоты 2500 м н.у.м. БС. Кроме уже известных территорий, где зарегистрирован вид, моделью предсказано его распространение на западе Ирана и востоке Турции. Наиболее важными при построении модели оказались 6 биоклиматических параметров (изотермальность, температурная сезонность, минимальная температура самого холодного месяца, средняя температура самой сухой четверти года, средняя температура самой холодной четверти года, осадки самой теплой четверти года), которые внесли в нее максимальный вклад (95%). Интерпретация этих параметров согласуется с реально наблюдаемыми условиями обитания вида. *B. walteri* демонстрирует наибольшую вероятность нахождения на территориях, где достаточно жаркий климат, с крайне небольшим количеством осадков в летний период, и в районах, где температура в самые холодные месяцы редко опускается ниже нулевой отметки.

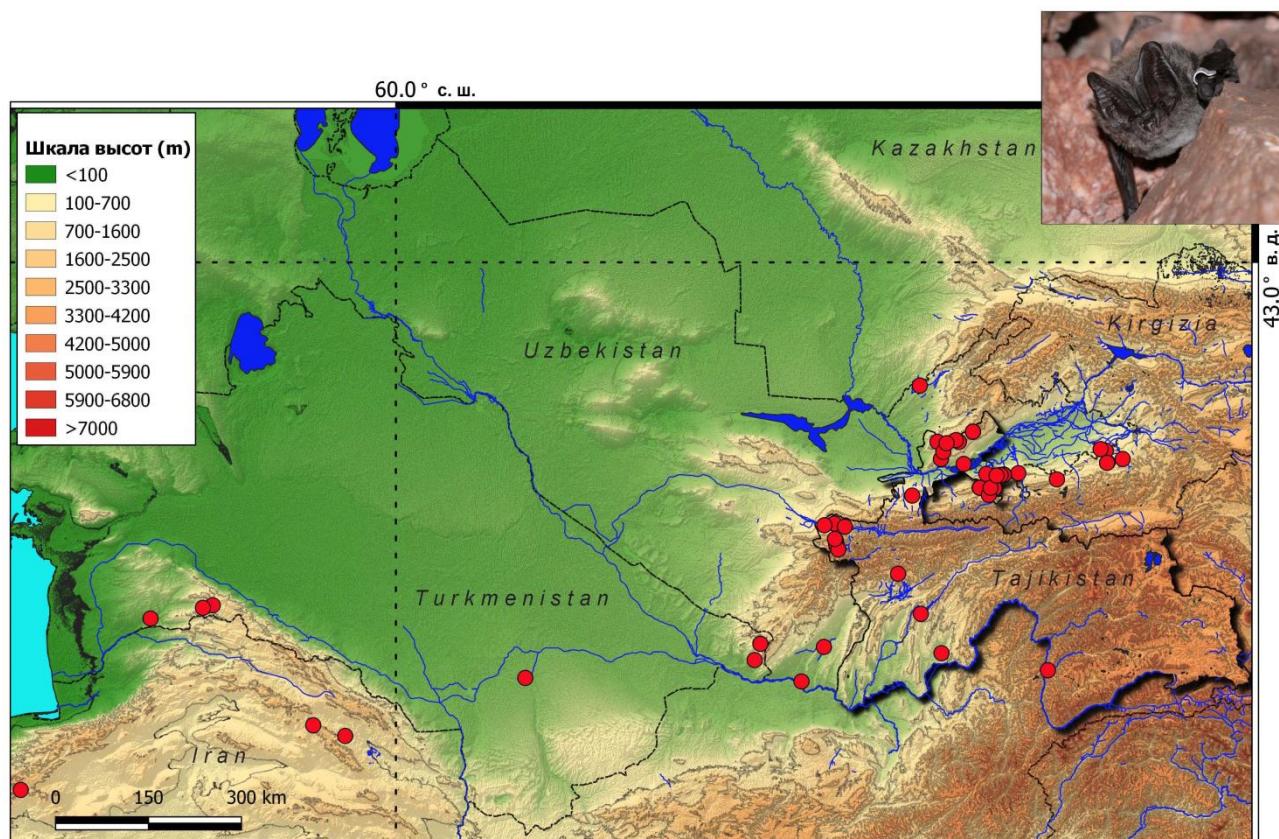
**Ключевые слова:** *Barbastella walteri*, Средняя Азия, потенциальное распространение, моделирование, MaxEnt.

**DOI: 10.24411/1993-3916-2021-10163**

Широкоушек, обитающих в среднеазиатском регионе (Туркменистан, Таджикистан, Узбекистан, Кыргызстан, Казахстан), долгое время (Стрелков и др., 1978; Стрелков, Шаймарданов, 1983; Хабилов, 2003; Rybin et al., 1989; Monadjem et al., 2017) относили к *Barbastella leucomelas* (Cretzschmar, 1830). Их до недавнего времени (Benda et al., 2008, 2011) включали в состав *B. darjelingensis* (Hodgson, 1855). В последней ревизии рода *Barbastella* (Kruskop, 2015) на основании морфологического сходства с экземплярами «азиатских широкоушек» из кавказского региона было предложено рассматривать среднеазиатских представителей уже в составе *B. caspica* (Satunin, 1908). Однако наши молекулярно-генетические исследования (Смирнов и др., 2020), проведенные на основании митохондриальной ДНК, показали, что кавказские *B. caspica* не идентичны широкоушкам из Средней Азии, а близки синайским *B. leucomelas*. В связи с этим, пока не будет установлена генетическая типизация экземпляров из Южной Туркмении и не будет до конца выяснено их морфологическое положение в ряду «азиатских» форм, мы предлагаем всех среднеазиатских широкоушек рассматривать как отдельный вид с названием – *B. cf. walteri* (Bianchi, 1916), валидность которого была ранее убедительно обоснована (Benda, Milikovskiy, 2008).

Известный ареал *B. walteri* (рис. 1) ограничен небольшой территорией на юге Средней Азии, где он узкой полосой тянется как минимум от северных и северо-восточных провинций (остан) Ирана

(Benda et al., 2012) на восток через юг Туркмении (Радде, Вальтер, 1890; Огнев, 1928; Стрелков и др., 1978) и юг Узбекистана (Багданов, 1953; Хабилов, 1992), запад и северо-запад Таджикистана (Хабилов, 1986, 1992, 2003; Таджибаева, 2018), запад Киргизии (Морозов, 1974; Rybin et al., 1989; Дудашвили, 2019) и до восточных склонов Зайлийского Алатау на юго-востоке Казахстана (Стрелков, Шаймарданов, 1983; рис. 1).



**Рис. 1.** Известные места находок *Barbastella walteri* (красные точки) в среднеазиатском регионе. На фото *B. walteri*, снятая в Таджикистане в долине р. Шинк (приток р. Зеравшан) в 2019 году (автор фото А. Кадетова).

В настоящее время *B. walteri* остается одним из слабо изученных видов рукокрылых Средней Азии, что сопряжено с его малочисленностью, спорадичностью распределения предпочитаемых биотопов и порой с труднодоступностью мест обитания. В литературе имеются лишь отрывочные и разрозненные сведения об экологии вида, полученные с юга и запада Узбекистана (Багданов, 1953), из западного Кыргызстана (Морозов, 1974) и из северо-западного и северного Таджикистана (Хабилов, 1992, 2003; Таджибаева, 2018). Несмотря на длительную историю изучения *B. walteri*, четкого представления о возможных масштабах распространении этого вида до сих пор так и нет, а факторы, определяющие места его обитания, изучены недостаточно. На наш взгляд, эта проблема может быть успешно разрешена с помощью моделирования при применении современных геоинформационных технологий.

Целью данной работы было создание вероятностной модели распространения *B. walteri* в среднеазиатском регионе, дать характеристику расположения потенциально пригодных для него территорий и обозначить возможные ключевые факторы, их определяющие.

### Материалы и методы

Моделирование проводили в программной среде MaxEnt на основе метода максимальной энтропии (Phillips et al., 2006; Phillips, Dudik, 2008; Elith et al., 2011). В ходе алгоритма машинного обучения осуществлялся поиск всех территорий с подходящими для вида условиями и предсказание

его присутствия в географическом пространстве. В качестве материала для моделирования в работе использована информация о 57 точках находок (ТР – точки регистрации) *B. walteri*, из которых 35 были оригинальными и 22 взяты из литературных источников.

Для создания модели заимствованы климатические данные из базы WorldClim2 (Fick, Hijmans, 2017) с пространственным разрешением 2.5 м (территориальный охват ~21 км<sup>2</sup>), которые представлены 19 параметрами, имеющими важное значение как абиотические факторы в распространении живых организмов (Hijmans et al., 2005): 01 – среднегодовая температура, 02 – средняя дневная разница температур, 03 – изотермальность, 04 – температурная сезонность, 05 – максимальная температура самого теплого месяца, 06 – минимальная температура самого холодного месяца, 07 – годовой размах температур, 08 – средняя температура самой влажной четверти года, 09 – средняя температура самой сухой четверти года, 10 – средняя температура самой теплой четверти года, 11 – средняя температура самой холодной четверти года, 12 – среднегодовые осадки, 13 – осадки самого влажного месяца, 14 – осадки самого сухого месяца, 15 – сезонность выпадения осадков, 16 – осадки самой влажной четверти года, 17 – осадки самой сухой четверти года, 18 – осадки самой теплой четверти года, 19 – осадки самой холодной четверти года. Также из базы WorldClim2 использована цифровая модель рельефа в виде растровой карты высот – 20, созданная на основе Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Обработка растровых данных и визуализация карт проведены с помощью программы QGIS 3.4.5.

Поскольку вначале анализа происходит случайный отбор определенного числа ячеек раstra (фоновых точек, ФТ), значения факторов среды, которые используются в дальнейшем анализе, то некоторые ТР могут попасть в ФТ. Поэтому при процедуре моделирования пригодных территорий обитания вида, для того чтобы избежать выбор ФТ преимущественно из скоплений ТР, которые присутствуют в хорошо исследованных районах (например, север Таджикистана) и которых почти нет в слабо исследованных районах, на основе исходного файла было сделано пять разреженных файлов с удалением части ТР. Шаг разреживания составлял: 0.5, 5, 10, 50 и 100 км. В итоге в файле 0.5 км получилась 51 точка, 5 км – 47 точек, 10 км – 43 точки, 50 км – 29 точек и 100 км – 23 точки.

В настройках программы MaxEnt были выбраны следующие параметры: максимальное количество итераций (maximum iterations) во всех запусках – 10000; количество прогонов программы (replicates) с использованием одного файла с координатами – 10; тип повторений (replicate type) с возможностью выбора процента тестовых точек вручную – subsample. В ходе моделирования исходную выборку случайным образом разбивали (random test points) на обучающую (75%) и тестовую (25%). При обработке данных из серий репликаций по файлам 0.5, 5, 10, 50 и 100 км была выбрана наиболее прогнозная модель, по которой для предотвращения чрезмерной параметризации видового распределения проведено дополнительное моделирование с изменением параметра сложности (regularization multiplier). Для этого использовали следующие значения сложности: 0.5, 1, 1.5, 2.5, 5. После процедуры репликации была отобрана модель, обладающая наибольшей предсказательной вероятностью присутствия вида в исследованном географическом пространстве.

Для оценки качества полученной модели использовали непараметрический иерархический индекс AUC (area under receiver operating characteristic (ROC) curve; Fielding, Bell, 1997). Значение индекса AUC выше 0.75 и близкое к единице означает высокую степень достоверности построенной модели и ее хорошую способность отличать ТР от ФТ (Elith, 2002). Для оценки переобучения модели использовали показатель  $AUC_{diff}$ , рассчитанный как  $AUC_{training} - AUC_{test}$  (Warren, Seifert, 2011; Vorgia et al., 2014). Для оценки вклада каждого параметра среды в предсказания пригодности территории обитания использовали эвристический метод расчета (в процентах) и критерий складного ножа (jackknife test; Phillips, Dudik, 2008; Phillips, 2010). Для потенциально пригодных мест обитания вида использовали приемлемые значения (индекс пригодности) от 0.45 до 1, для оптимальных местообитаний – 0.6-1 (вид может быть обнаружен с вероятностью 60% и выше).

### Результаты и обсуждение

Все рассматриваемые модели имеют значения индекса  $AUC_{test}$  выше 0.75. При этом процедура разреживания практически не сказалась на значении индекса  $AUC_{test}$  (табл. 1) и степени переобучения, поэтому в качестве критерия для выбора модели было использовано пороговое значение для перцентилей обучающей выборки. По этому показателю наименьшее значение

получила модель 2 с разреживанием 5 км.

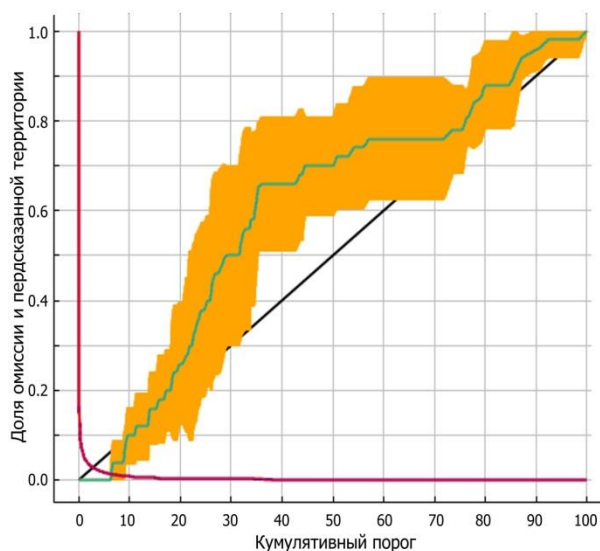
Применение разных параметров сложности показало, что наилучшей предсказательной способностью при разреживании 5 км обладает модель 6 (табл. 2), которая использована для дальнейшего моделирования.

**Таблица 1.** Статистические параметры пяти моделей, построенных с разным шагом разреживания точек регистрации вида.

Показатели	Номер модели (шаг разреживания TP)				
	1 (до 0.5 км)	2 (5 км)	3 (10 км)	4 (50 км)	5 (100 км)
Площадь под ROC-кривой, построенной по точкам тестовой выборки ( $AUC_{test}$ )	0.995	0.996	0.996	0.994	0.995
$AUC_{diff}$	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003
Пороговое значение для 10 перцентилей обучающей выборки	0.407±0.04	0.396±0.03	0.405±0.04	0.463±0.06	0.535±0.02

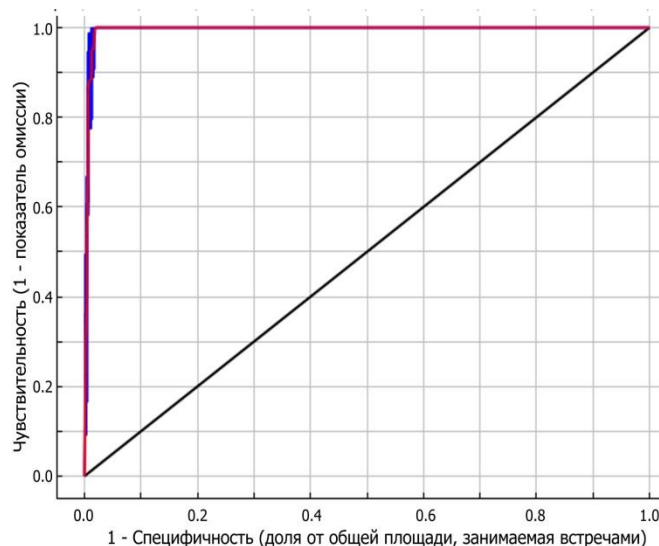
**Таблица 2.** Статистические параметры пяти моделей, построенных с разными значениями сложности – regularization multiplier (RM).

Показатели	Номер модели (RM)				
	6 (0.5)	2 (1)	7 (1.5)	8 (2.5)	9 (5)
Площадь под ROC-кривой, построенной по точкам тестовой выборки ( $AUC_{test}$ )	0.996	0.995	0.985	0.994	0.992
$AUC_{diff}$	0.002	0.002	0.012	0.002	0.002



Среднее по территории ■ Средняя оmissия ± SD ■  
 Среднее по территории ± SD ■ Предсказанная оmissия ■  
 Средняя оmissия по тестовым данным ■

1)



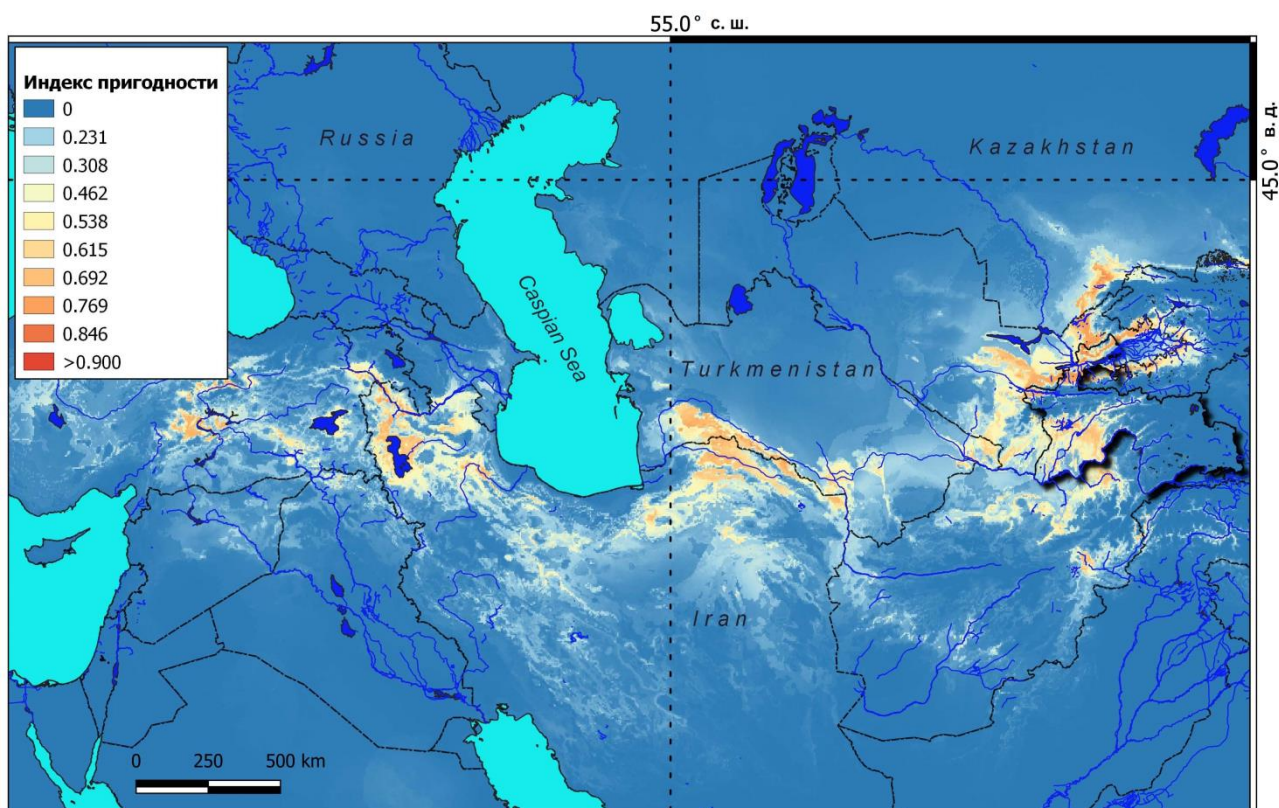
Данные обучения (Среднее  $AUC=0.998$ ) ■ Случайное предсказание ■  
 Тестовые данные (Среднее ± SD) ■

2)

**Рис. 2.** Статистический анализ точности полученной модели вероятностного распространения: 1) изменение оmissии и «идеальной» территории по тестовым и тренировочным точкам, 2) тренд операционной кривой, отображающий ROC и AUC, по усредненным данным.

Статистический анализ результатов продемонстрировал хорошую точность модели. Несмотря на небольшое число мест регистрации вида и их скопления в определенных районах (рис. 1), данные по тестовым точкам близки предсказанной динамике оmissии, рассчитанной для тестовых данных в программе MaxEnt (рис. 2-1). Модель современного распространения продемонстрировала достаточно высокий (0.998) показатель AUC (площадь под кривой), что говорит о ее хорошей пригодности. Для тестовых данных значение AUC также велико – 0.996 (табл. 2). Кривые тестовых и тренировочных данных расположены далеко от диагонали, которая показывает надежность прогноза модели на случайном уровне, что свидетельствует о высокой прогнозной способности полученной модели (рис. 2-2).

Карта (рис. 3), показывающая степень пригодности мест обитания вида, получена с помощью программы. Она хорошо согласуется с известным ареалом *B. walteri* (рис. 1). Прогнозируемое распределение подходящих для обитания вида территорий не образует сплошную область, а, скорее, дискретно и состоит из отдельных участков. Эти участки приурочены главным образом к предгорьям и долинам, по которым вид проникает в горы. Границами разделения участков обитания служат горные системы (хребты) и пространства пустынь. Согласно представленной карте, наиболее благоприятные места для обитания вида находятся вдоль предгорий хребта Копетдаг и его отрогах в пределах юга-востока Туркмении и северо-востока Ирана, откуда, собственно, сделано само описание вида. Оптимальные местообитания также сосредоточены в Узбекистане и Таджикистане по юго-западным предгорьям Гиссарского хребта, по западным предгорьям и низкогорьям Зеравшанского хребта, по западным и северным предгорьям Туркестанского хребта, а также по южным предгорьям Курминского хребта Западного Тянь-Шаня. В Кыргызстане благоприятные местообитания находятся по предгорьям Чаткальского, Ферганского, Туркестанского и Алайского хребтов Ферганской долины.



**Рис. 3.** Модель вероятностного распространения *Barbastella walteri* в пределах среднеазиатского региона, построенная на основе данных WorldClim: модель 6 (0.5).

В Афганистане вид может населять междуречье Пяндж и Кокча, а также низкогорья между Кабулом и Джелалабадом. В Казахстане обитание возможно по юго-западным предгорьям хребта Каратау и восточным склонам Зайлийского Алатау. Кроме того, области, пригодные для обитания

этого вида, отмечены в Западном и Восточном Азербайджане на северо-западе Ирана, а также на Востоке Турции в окрестностях оз. Ван и в северных предгорьях Армянского (Восточного) Тавра в долине среднего течения р. Ефрат. Примечательно, что на территории республики Азербайджан, Дагестана России и Синайского полуострова, где известно обитание *B. leucomelas*, согласно построенной модели, не прогнозируется обитание *B. walteri*.

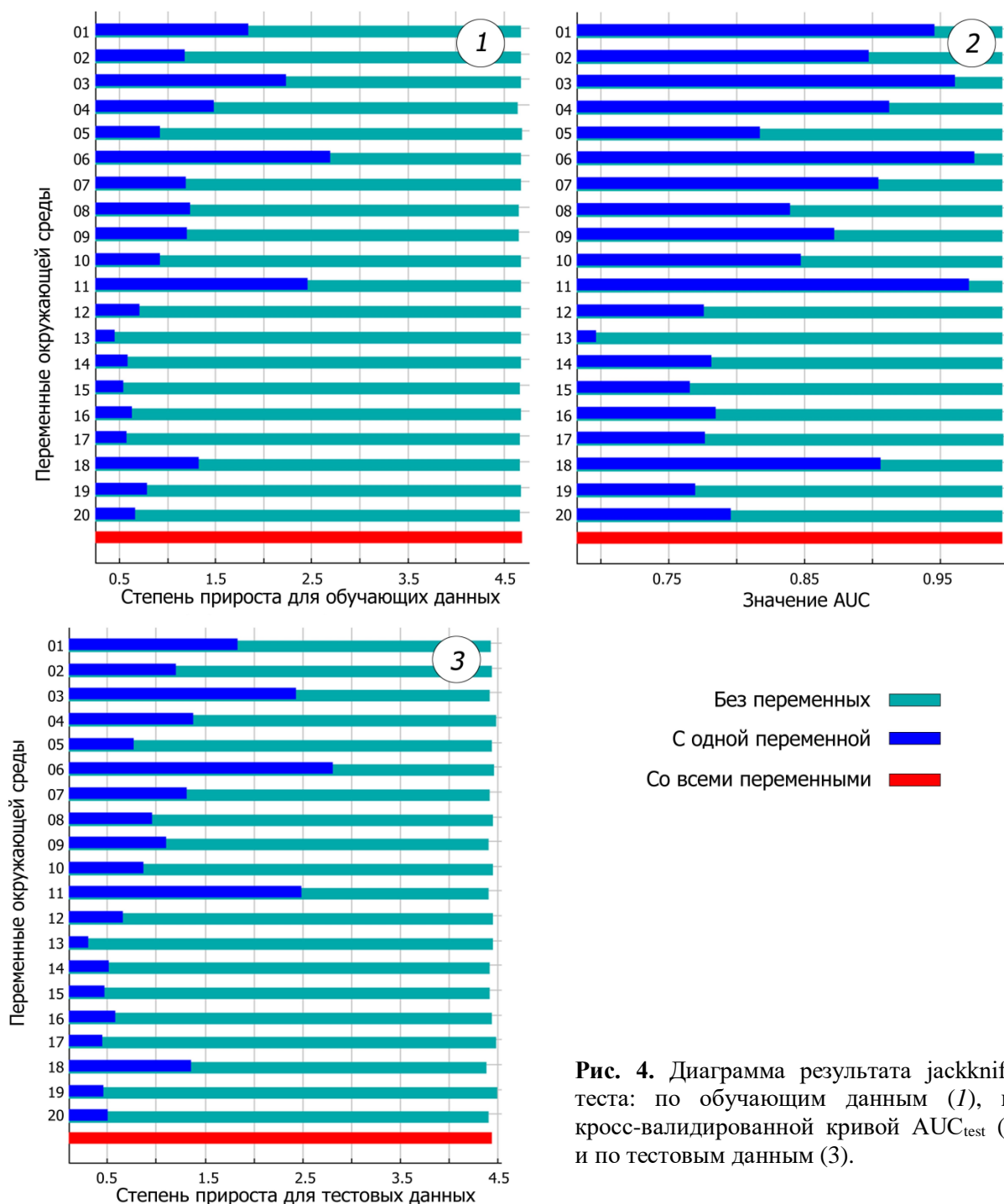
В ходе процедуры моделирования выявлено, что потенциальное влияние на пространственное распределение *B. walteri* оказывает комплекс факторов (табл. 3). При обучении модели наибольший процентный вклад в ее построение вносят четыре переменные: средняя температура самой сухой четверти года, минимальная температура самого холодного месяца, изотермальность и температурная сезонность. Однако при случайном изменении значений переменных у тренировочных точек  $AUC_{\text{training}}$  уменьшается на 75.2% при изменении значений такой переменной, как «средняя температура самой холодной четверти года», и на 7.1% при изменении переменной «осадки самой теплой четверти года». Таким образом, нельзя выделить один фактор, который вносил бы определяющий вклад в итоговую модель.

**Таблица 3.** Процентный вклад переменных в построение модели общего распространения *Barbastella walteri*, показан вклад переменных и их важность при пермутации (%).

Переменная	Процент вклада	Коэффициент пермутации
09	20.0	4.4
06	14.5	0.1
03	13.7	0.3
04	11.1	3.4
07	7.3	0.1
18	5.9	7.1
02	5.6	0.1
08	5.2	5.6
20	4.5	0.7
19	3.4	0.1
12	2.7	0.5
11	2.7	75.2
17	2.3	1.9
15	0.6	0.2
14	0.3	0.1
13	0.1	0.1
16	0.1	0.1
10	0	0
01	0	0
05	0	0

По результатам jackknife-теста наибольший вклад по обучающим точкам (рис. 4-1) при использовании в построении модели только одной переменной обеспечивают: минимальная температура самого холодного месяца (06), средняя температура самой холодной четверти года (11), изотермальность (03) и среднегодовая температура (01). Первые три переменные находятся на втором, двенадцатом и третьем местах соответственно в столбце процента вклада таблицы 2, а их пермутация уменьшает  $AUC_{\text{training}}$  более чем на 75%. Последняя переменная в одиночку относительно эффективно предсказывает распределение точек находок, но не используется программой в построении модели, когда берутся все переменные.

Результаты jackknife-теста по кросс-валидированной кривой  $AUC_{\text{test}}$  и по тестовым данным (рис. 4-2, 3) показывают, что наиболее эффективно предсказывают распределение ТР и влияют на площадь под кривой AUC те же переменные (06, 11 и 03). Вслед за ними достаточно информативными могут быть: температурная сезонность (04), средняя температура самой сухой четверти года (09) и осадки самой теплой четверти года (18).

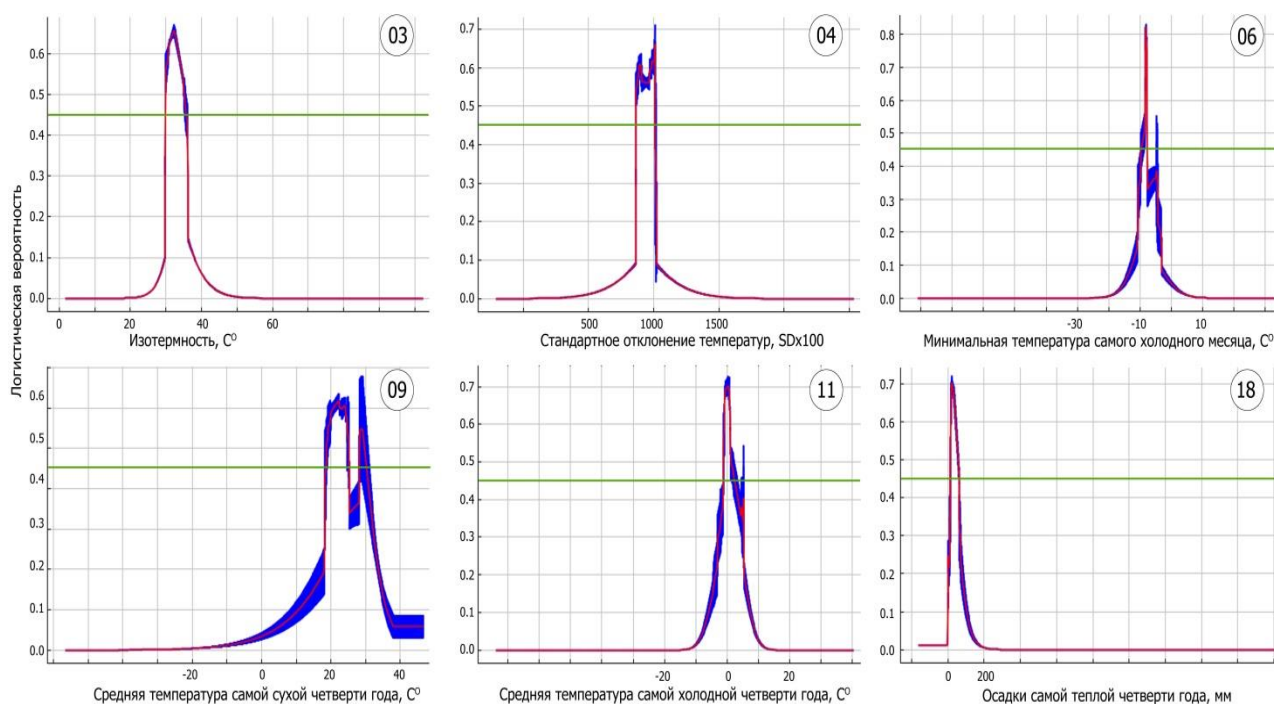


**Рис. 4.** Диаграмма результата jackknife-теста: по обучающим данным (1), по кросс-валидированной кривой  $AUC_{test}$  (2) и по тестовым данным (3).

Таким образом, полученные данные указывают на то, что только шесть параметров вносят реальный вклад (суммарно 95%) в полученную модель (рис. 5). Такой фактор, как рельеф (20), оказался малоинформативным для модельных построений, что связано с широким ландшафтно-широтным распределением вида. Например, в республике Таджикистан широкоушек находили на равнинах и в предгорьях на высоте от 300 до 900 м н.у.м. БС, а также по долинам горных рек на высотах от 800 до 2300 н.у.м. БС (Хабиллов, 2003). На высоты более 2500 н.у.м. БС вид, скорее всего, не поднимается. Последнее обусловлено требовательностью к климатическим параметрам летнего и зимнего периодов. Как мы выяснили, *B. walteri* демонстрирует наибольшую вероятность нахождения на территориях, где достаточно жаркий климат (параметры 03 и 09) с крайне небольшим количеством осадков в летний период (параметр 18) и в районах, где температура в самые холодные месяцы редко

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2021, том 27, № 3 (88)

опускается ниже нулевой отметки (параметры 03 и 11). При этом нахождения вида с вероятностью до 80% может отмечаться в тех районах, где минимальная температура самого холодного месяца лежит в диапазоне от  $-9$  до  $-8^{\circ}\text{C}$  (параметр 06). Это важно для успешной зимовки при условии, например, слабой защищенности зимних убежищ от внешних температур. При более низких значениях внешних температур зимовка животных в таких местах может быть критичной для выживания. В условиях Таджикистана и Кыргызстана зимние находки вида сделаны в основном в естественных пещерах, заброшенных штольнях и шахтах, где температура колеблется от  $2$  до  $14^{\circ}\text{C}$ , при температуре воздуха снаружи от  $-5$  до  $-10^{\circ}\text{C}$  (Богданов, 1956; Морозов, 1974; Хабилов, 1992, 2003; Таджибаева, 2018), что хорошо согласуется с результатами моделирования (рис. 5).



**Рис. 5.** Кривые зависимости модели вероятностного распространения *Barbastella walteri* от биоклиматических параметров: 03, 04, 06, 09, 11, 18. Условные обозначения. По оси ординат – предсказанная вероятность подходящих условий для обитания вида в логистическом формате, по оси абсцисс – значение биоклиматических параметров. Красная линия – среднее значение фактора для повторностей, синяя линия – среднее значение  $\pm$  стандартное отклонение, зеленая линия – минимальное значение вероятности нахождения вида для пригодных местообитаний (0.45).

### Заключение

Результаты моделирования вероятностного распространения *B. walteri* на основе корреляций мест его находок с биоклиматическими переменными продемонстрировали хорошую предсказательную точность модели. Карта, показывающая степень пригодности мест обитания вида, согласуется с его известным ареалом, который включает два условных очага: Копетдагско-Эльбурский в западной части и Заревшанско-Ферганский в восточной части среднеазиатского региона. Кроме того, моделью предсказано распространение вида на западе Ирана и востоке Турции и исключено обитание на территориях республики Азербайджан, Дагестана в России и на Синайском полуострове, где известно присутствие *B. leucomelas*. Важнейшими параметрами при построении модели для этого вида оказались: изотермальность, температурная сезонность, минимальная температура самого холодного месяца, средняя температура самой сухой четверти года, средняя температура самой холодной четверти года и осадки самой теплой четверти года. Судя по оригинальным наблюдениям, эти факторы действительно входят в состав ключевых, которые определяют успешность пребывания вида в регионе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Багданов О.П. 1953. Рукокрылые фауны Узбекской ССР. Т. 3: Млекопитающие. Вып. 2. Ташкент: изд-во АН УзССР. 159 с.
- Дудашивили А. 2019. Геологическое наследие Западного Тянь-Шаня – основа сохранения биоразнообразия и развития экотуризма. Бишкек: типография ST.art LTD. 272 с.
- Морозов П.П. 1974. К биологии азиатской широкоушки (*Barbastella leucomelas* Cretz.) // Материалы первого Всероссийского совещания по рукокрылым (Chiroptera). Ленинград. С. 92-93.
- Огнев С.И. 1928. Звери восточной Европы и северной Азии. Т. 1. М.-Л.: Госполитиздат. С. 631.
- Раdde Г., Вальтер А. 1890. Научные результаты экспедиции, совершенной в 1886 г., в Закаспийски район. Тифлис: Кавказск. 102 с.
- Смирнов Д.Г., Вехник В.П., Джамирзоев Г.С. 2020. О таксономическом статусе «азиатских» широкоушек (Chiroptera: Vespertilionidae: *Barbastella*) на Восточном Кавказе // Plecotus et al. № 23. С. 3-12.
- Стрелков П.П., Сосновцева В.П., Бабаев Х.Б. 1978. Летучие мыши Туркмении (Chiroptera) // Функциональная морфология и систематика млекопитающих. Труды ЗИН РАН СССР. Т. 79. С. 3-71.
- Стрелков П.П., Шаймарданов Р.Т. 1983. Новые данные по распространению летучих мышей (Chiroptera) в Казахстане // Труды Зоологического института АН СССР. Т. 119. С. 3-37.
- Таджибаева Д.Э. 2018. Современное состояние и меры охраны популяций краснокнижных видов рукокрылых Северного Таджикистана. Диссер. канд. биол. наук. Худжанд. 186 с.
- Хабиллов Т.К. 1986. Новые данные о распространении рукокрылых Бадахшана // Доклады АН Таджикской ССР. № 10. Т. 29. С. 628.
- Хабиллов Т.К. 1992. Фауна Республики Таджикистан. Т. 20. Ч. 7: Млекопитающие. Рукокрылые. Душанбе: Дониш. 351 с.
- Хабиллов Т.К. 2003. Фауна республики Таджикистан. Т. 20. Ч. 8: Млекопитающие. Рукокрылые. Худжанд: Нури маърифат. 121 с.
- Benda P., Dietz C., Andreas M., Hotovy J., Lucan R.K., Maltby A., Meakin K., Truscott J., Vallo P. 2008. Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Pt. 6: Bats of Sinai (Egypt) with some taxonomic, ecological and echolocation data on that fauna // Acta Societatis Zoologicae Bohemicae. No. 72. P. 1-103.
- Benda P., Hanák V., Červený J. 2011. Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Pt. 9: Bats from Transcaucasia and West Turkestan in collection of the National Museum, Prague // Acta Societatis Zoologicae Bohemicae. No. 75. P. 159-222.
- Benda P., Faizolahi K., Andreas M., Obuch J., Reiter A., Ševčík M., Uhrin M., Vallo P., Ashraf S. 2012. Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Pt. 10: Bat fauna of Iran // Acta Societatis Zoologicae Bohemicae. No. 76. P. 163-582.
- Benda P., Mlikovsky J. 2008. Nomenclatural notes on the Asian forms of *Barbastella* bats (Chiroptera: Vespertilionidae) // Lynx (N.S.). Vol. 39. P. 31-46.
- Boria R.A., Olson L.E., Goodman S.M., Anderson R.P. 2014. Spatial filtering to reduce sampling bias can improve the performance of ecological niche models // Ecological Modelling. No. 275. P. 73-77.
- Elith J. 2002. Quantitative methods for modeling species habitat: Comparative performance and an application to Australian plants // Quantitative methods for conservation biology / Eds. S. Ferson, M. Burgman. P. 39-58.
- Elith J., Phillips S.J., Hastie T., Dudik M., Chee Y.E., Yates C.J. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists // Diversity and Distribution. Vol. 17. P. 43-57.
- Fick S.E., Hijmans R.J. 2017. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas // International Journal of Climatology. Vol. 37. No. 12. P. 4302-4315.
- Fielding A.H., Bell J.F. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence absence models // Environmental Conservation. Vol. 24. No. 1. P. 38-49.
- Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas // International Journal of Climatology. Vol. 25. P. 1965-1978.
- Kruskop, S.V. 2015. Dark and pale: taxonomic status of the barbastelle (*Barbastella*: Vespertilionidae, Chiroptera) from Central Asia // Acta Chiropterologica. Vol. 17. № 1. P. 49-57.
- Monadjem A., Tsytulina K., Hutson A.M., Benda P., Aulagnier S., Sharifi M. 2017. *Barbastella leucomelas*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017. P. e.T85181182A22029016.
- Phillips S.J. 2010. A Brief Tutorial on Maxent // Lessons in Conservation. Vol. 3. P. 108-135.
- Phillips S.J., Dudik M. 2008. Modeling of species distributions with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation // Ecography. Vol. 31. P. 161-175.
- Phillips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions // Ecological Modelling. Vol. 190. P. 231-259.
- Rybin S.N., Horáček I., Červený J. 1989. Bats of southern Kirghizia: distribution and faunal status // European Bat Research 1987 / Eds. V. Hanák, I. Horáček, J. Gaisler. Praha: Charles University Press. P. 421-441.
- Warren D.L., Seifert S.N. 2011. Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria // Ecological Applications. No. 21 (2). P. 335-342.