

Т. Н. Дуйсебаева, И. В. Доронин,  
Д. В. Малахов, О. В. Кукушкин, А. Г. Бакиев

## ГИС-АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И УСЛОВИЙ ОБИТАНИЯ *EMYS ORBICULARIS ORBICULARIS* (TESTUDINES, EMYDIDAE): МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ<sup>1</sup>

### Аннотация.

**Актуальность и цели.** На фоне широкого применения ГИС-моделирования в зоологических исследованиях вопрос соответствия модели фактическому или потенциальному ареалу животного остается актуальным. Целью нашей работы стало ГИС-моделирование области и условий обитания болотной черепахи *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) с использованием разного программного обеспечения, разных наборов переменных среды и разного объема данных по распространению таксона.

**Материалы и методы.** Сбор информации по распространению номинативного подвида болотной черепахи (гаплолиния I) проводили в ходе полевых работ, ревизии литературных материалов и музейных коллекций ( $n = 836$ ). В работе использовали программы MaxEnt и ArcGIS; наборы переменных: BIOCLIM (для моделирования в обеих программах), WORLDCLIM, DEM, Global-PET и CLIMOND (для моделирования в ArcGIS); наборы исходных данных по всему ареалу и только по его восточной части.

**Результаты.** Модели в MaxEnt и ArcGIS, выполненные с охватом всех наземных данных, были сходными в отношении ядра ареала и его западных границ, но дали разную картину климатического благополучия для северных, восточных и южных районов пределов распространения *E. o. orbicularis*, а также разное количество ключевых биоклиматических переменных. Большое число ключевых переменных, показанных ArcGIS, возможно, указывает на экологическую неоднородность номинативного подвида, имеющего интразональное распространение и занимающего территорию с высоким разнообразием ландшафтно-климатических условий. Дефицит исходных данных серьезно сказывается на пространственном образце модели и характере ключевых переменных, лимитирующих размещение изучаемой формы.

**Выводы.** Для успешного ГИС-моделирования необходимы: максимальный охват исходными данными ареала таксона; отбор исходных переменных с учетом принципиальных характеристик природных зон и ландшафтов, занимаемых таксоном, и особенностей его экологии; моделирование в разных программах с последующим сравнительным анализом полученных результатов.

**Ключевые слова:** Emydidae, *Emis orbicularis orbicularis*, ареал, ГИС-моделирование, методические аспекты.

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-04-00040, в рамках гостемы ЗИН РАН № АААА-А17-117030310017-8 и темы Госзадания Карадагской научной станции – природного заповедника РАН: АААА-А19-119012490044-3.

© Дуйсебаева Т. Н., Доронин И. В., Малахов Д. В., Кукушкин О. В., Бакиев А. Г., 2019. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

T. N. Duysebaeva, I. V. Doronin,  
D. V. Malakhov, O. V. Kukushkin, A. G. Bakiev

## GIS ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION AND HABITATION CONDITIONS OF *EMYS ORBICULARIS ORBICULARIS* (TESTUDINES, EMYDIDAE): METHODOLOGICAL ASPECTS

### Abstract.

**Background.** In spite of widespread use of a GIS modeling in the zoological studies, a question of whether a model matches an actual or potential range of an animal remains relevant. A goal of our work was the GIS-modeling of the range and habitat suitability of the European Marsh Turtle, *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) using different software, different sets of environment variables and different amount of the ground data.

**Materials and methods.** The ground data on distribution of *E. o. orbicularis* (genetic lineage I) were collected during numerous field surveys, revision of literature and museum collections. The models were developed in MaxEnt and ESRI ArcGIS software using BIOCLIM dataset and the ground data from the whole taxon range (for both programs); WORLDCLIM, DEM, Global-PET and CLIMOND datasets and the ground data from the whole range and only its eastern part (for ArcGIS).

**Results.** The models in MaxEnt and ArcGIS, which covered all the ground data, were similar with respect to the core range and its western borders. However, they gave the different patterns of climatic well-being for the northern, eastern and southern limits of *E. o. orbicularis* distribution as well as different number of the key bioclimatic variables. The large number of the key variables shown by ArcGIS may indicate a certain ecological differentiation of the taxon, which has an intrazonal distribution and occupies the territory with high diversity of the landscape and climatic conditions. A lack of input data seriously affects the spatial pattern of the model and a type of the key variables that limit the taxon distribution.

**Conclusions.** For successful GIS modeling, the following is required: maximum coverage of the taxon range with the ground data; a selection of the initial variables taking into account the basic characteristics of natural zones and landscapes occupied by taxon, and its ecological peculiarities; the modeling using different software with subsequent comparative analysis of the results.

**Keywords:** Emydidae, *Emis orbicularis orbicularis*, range, GIS modeling, methodical aspects.

### Введение

Моделирование с использованием географических информационных систем (ГИС) все шире используется в зоологических исследованиях, а количество работ, где применяется этот метод, непрерывно растет. Тем не менее вопрос, насколько результаты моделирования отражают действительность, остается актуальным. Любая модель имеет вероятностный характер. Это значит, что модель не указывает территории, где вид непременно должен обитать, но различает участки, где обитание изучаемого вида является более или менее вероятным. В отношении ГИС-моделирования ситуация осложняется применением различного программного обеспечения (MaxEnt, ArcGIS, GARP, BioMOD и др.), разных наборов входных переменных среды и разным пространственным и количественным охватом данных. Как ни парадоксально, одной из главных проблем, которой пока не уделяют должного внимания при ГИС-моделировании, является биология самого изучаемого вида.

Целью нашей работы стало ГИС-моделирование области распространения и условий обитания болотной черепахи, *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) с применением разных программ и разных наборов переменных, а также сравнительная оценка полученных результатов. В задачи исследования входило: 1) построение моделей распространения *E. o. orbicularis* в программах MaxEnt и ArcGIS по стандартному и расширенному наборам переменных; 2) определение ключевых переменных; 3) проведение сравнительного анализа моделей с определением соответствия результатов по пространственному распределению благоприятных условий согласно каждой модели и 4) сравнение наборов ключевых переменных, определенных в каждом случае.

### Материалы и методы

В данной работе рассмотрены популяции гаплолинии I номинативного подвида *E. o. orbicularis*, выделяемой по данным анализа молекулярного маркера – полноразмерного гена цитохрома *b* митохондриальной ДНК; эта гаплолиния имеет наиболее широкое распространение среди всех форм вида [1]. Для анализа использовали 836 наземных точек, полученных в ходе полевых исследований авторов, изучения музейных коллекций (Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург; Институт зоологии МОН РК, Алматы) и заимствованных из литературы (рис. 1).

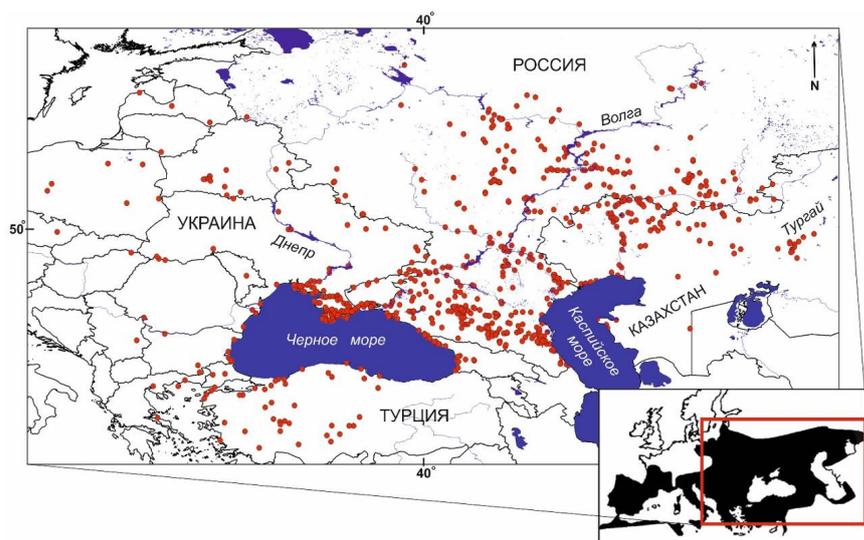


Рис. 1. Места находок *Emys orbicularis orbicularis* (гаплолиния I) ( $n = 836$ ), использованные в моделировании: карта общего ареала вида приведена согласно [2]

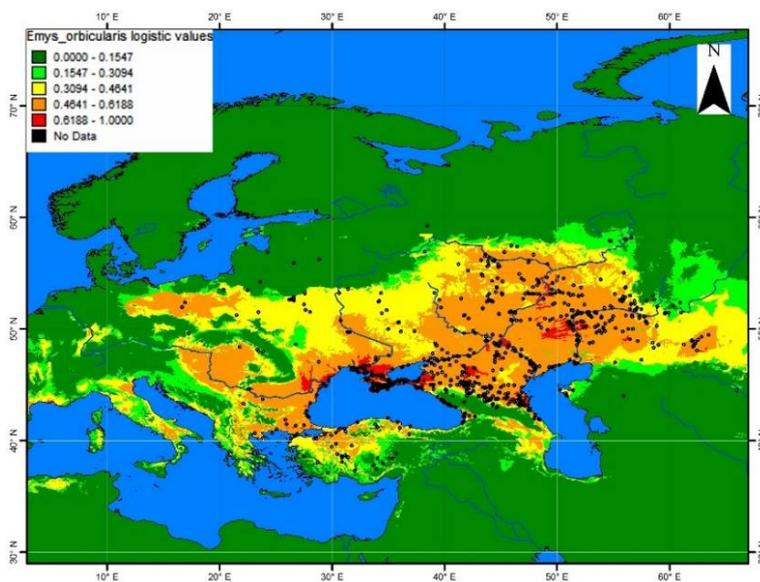
Для моделирования в среде ESRI ArcGIS использовали оригинальную методику, детальное описание которой приводилось ранее [3–5]. Применяли общепринятую статистику (метод процентилей), анализировали орографические и климатические переменные с выявлением ключевых, проверяли нормальность распределения и определяли оптимальные диапазоны. Использовали орографические переменные: высоту над уровнем моря, уклон, экспозицию и кривизну (производные Digital Elevation Model) [6]; и климатические переменные: наборы переменных по температурам и осадкам (BIOCLIM and

WORLDCLIM datasets) [7, 8], Global Potential Evapo-Transpiration (Global-PET) Climate Database [9], относительную влажность воздуха и солнечную радиацию (данные CLIMOND) [10]. Для сравнительного анализа строили модели, как с участием только переменных BIOCLIM (19 переменных температуры и осадков), так и с применением всех указанных выше наборов переменных; как для всего ареала изучаемой формы, так и для его восточной части отдельно.

При построении моделей в программе MaxEnt на данном этапе использовали набор с участием 19 переменных BIOCLIM. При анализе хорологии применяли программу MaxEnt (Maximum Entropy Species Distribution Modeling, версию 3.3.3k) ([www.cs.princeton.edu/~schapire/MaxEnt/](http://www.cs.princeton.edu/~schapire/MaxEnt/)) [11], в которой экстраполяция (моделирование) географического распространения биологических видов проводится методом максимальной энтропии [12]. Визуализацию ГИС-карт провели с помощью программы DIVA-GIS 7.5.0 ([www.diva-gis.org](http://www.diva-gis.org)) [13]). Более детальное описание методики приводилось ранее [14].

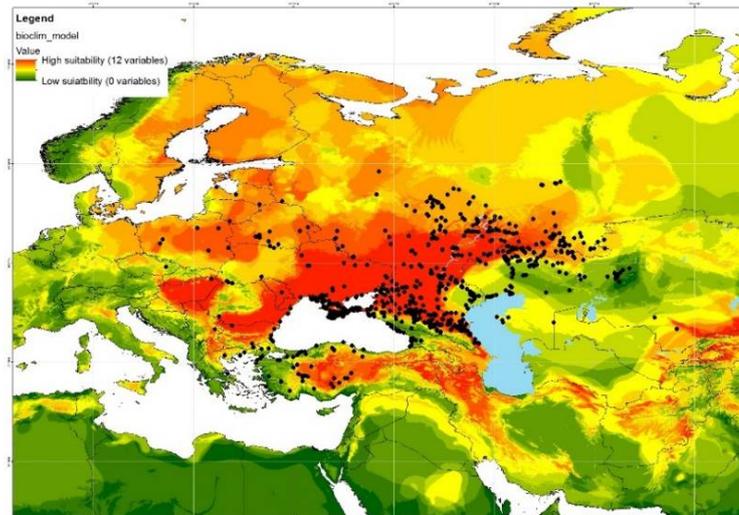
### Результаты и обсуждение

Модели, построенные в программах MaxEnt (AUC = 0,998) и ArcGIS по стандартному набору BIOCLIM, в целом показали сходный образец территорий, пригодных для обитания *E. o. orbicularis* (рис. 2, а, б). В зону наибольшего климатического благополучия вошли: Среднедунайская и Нижнедунайская низменности, западное и северное (с Крымом) Причерноморье, южные районы Европейской части России (Ростовская, Воронежская, Тамбовская и некоторые другие прилежащие области), Предкавказье (Дагестан, Ставропольский край и значительная часть Краснодарского края), Среднее Поволжье, Южный Урал и Зауралье.

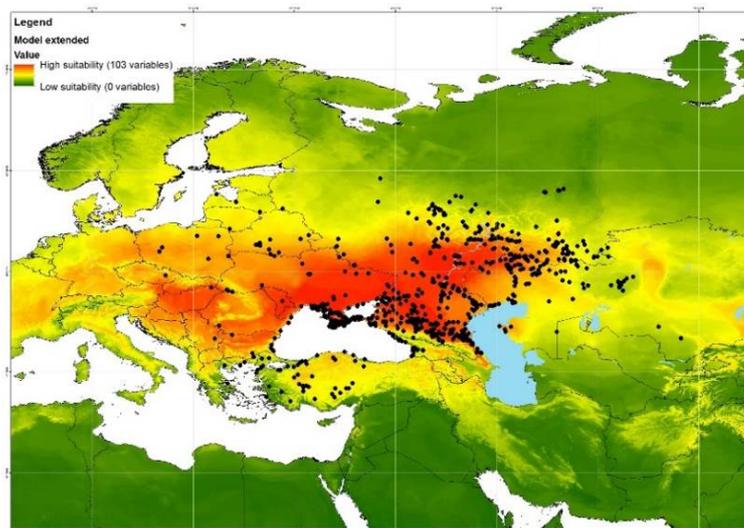


a)

Рис. 2. ГИС-модели распространения *Emys orbicularis orbicularis*, построенные по стандартному набору BIOCLIM (19 переменных) в программе MaxEnt (а) и ArcGIS (б); по расширенному набору в программе ArcGIS (в) (начало)



б)



в)

Рис. 2. ГИС-модели распространения *Emys orbicularis orbicularis*, построенные по стандартному набору BIOCLIM (19 переменных) в программе MaxEnt (а) и ArcGIS (б); по расширенному набору в программе ArcGIS (в) (окончание)

Обе модели указали на отсутствие подходящих условий для болотной черепахи на восточном побережье Черного моря до Колхидской низменности (рис. 2,а,б), хотя еще в начале XX в. она была здесь обычным и даже многочисленным видом [15]. В настоящее время из-за фрагментации и уничтожения местообитаний на побережье Краснодарского края вид здесь практически вымер [16].

В описанных границах наиболее благоприятными условиями рельефа для номинативного подвида служат горизонтальные или субгоризонтальные плоские поверхности (равнины или холмогорье), расположенные в диапазоне высот 2–327 м над уровнем моря. Такому рельефу соответствуют стоячие или

слабо проточные водоемы, которые предпочитает болотная черепаха. Самый благоприятный климат – умеренный континентальный с жарким или прохладным летом (BIO10: 18,6–23,5°C), умеренно холодной зимой (BIO11: –11,6–(+2,3)°C) и осадками (BIO12: 284–626 мм), равномерно распределенными в течение всего года [17–19]. Крайние восточные популяции с Прикаспийской равнины на территории России и Казахстана располагаются в области полуаридного степного климата. В горных районах (Крым, Кавказ, Малая Азия) климатические условия мест обитания черепахи более разнообразны и частью лежат уже в поясе субтропического климата с разными режимами увлажнения: или относительно равномерным в течение всего года, или с сухим летом.

Между тем при сравнении моделей, построенных по набору BIOCLIM, обращают на себя внимание и заметные различия между ними (см. рис. 2,а,б). Модель MaxEnt указывает на резкое снижение климатического «благополучия» для черепахи в северной части ареала и заметно бóльшую в сравнении с ArcGIS его пригодность в Западном Казахстане (включая Иргиз-Тургайский бассейн). Модель ArcGIS рисует наличие определенных климатических условий для *E. o. orbicularis* на Малоазиатском и Армянском нагорьях и в горах северо-западного Ирана и, напротив, отсутствие таковых в Колхидской низменности восточного побережья Черного моря.

При включении в анализ дополнительных переменных модель ArcGIS стала больше напоминать модель MaxEnt, построенную по набору BIOCLIM (рис. 2,в). Это сходство в большей степени касалось западных, северных и южных пределов распространения подвида, нежели восточных (Западный Казахстан и Нижняя Волга). Обе модели ArcGIS продемонстрировали невысокую степень благополучия абиотических условий для *E. o. orbicularis* в этих районах (рис. 2,б,в). Здесь граница снижения климатического благополучия достаточно отчетливо совпадала с западной границей прохождения зоны полуаридного степного климата [18, 19]. Учитывая широкое распространение болотной черепахи в восточной части ареала [20] и ее относительно высокую численность во многих местах обитания [21; А. В. Левит, 1979, личное сообщение; наши данные], корректнее, по-видимому, говорить не о «снижении благополучия», а об экологической своеобразии восточных популяций подвида, населяющих территорию с резко континентальным климатом. Определенную пищу для размышлений на тему экологической неоднородности номинативного подвида дает анализ ключевых переменных.

Обе программы указали на важность BIO1 (средняя годовая температура), BIO3 (изотермичность) и BIO10 (средняя температура самого теплого квартала года). Однако общее количество ключевых переменных уже в наборе BIOCLIM было заметно выше для модели ArcGIS, чем для модели MaxEnt: 12 против 5 (табл. 1). Кроме того, согласно ArcGIS к ключевым переменным были отнесены индекс аридности и солнечная радиация.

Согласно модели ArcGIS в северных пределах распространения для подвида критичными являются ослабление радиационного фона, уменьшение летних температур (BIO5, BIO10) (рис. 3,а,б) и нарастание гумидности климата, что отражает увеличение индекса аридности (рис. 3,в). Перечисленные факторы имеют особое значение для репродуктивного периода *E. orbicularis* [22]. Полагают, что сокращение и последующее исчезновение болотной

черепахи с северных территорий Европы (южная Англия, южная Швеция), куда она проникла в голоценовый оптимум, было связано, прежде всего, с уменьшением летних температур и «океанизацией» региона (открытие прохода в океан со стороны Балтийского озера 5–2 тыс. л.н.) [23].

Таблица 1

Вклад переменных стандартного набора BIOCLIM  
в построение ГИС-моделей распространения *Emys orbicularis orbicularis*  
(PI – permutation importance)

ArcGIS	Вклад, %	MaxEnt	Вклад, %	PI
<b>Bio1</b>	<b>75,24</b>	<b>Bio1</b>	<b>14,8</b>	<b>10,2</b>
Bio2	71,84	<b>Bio2</b>	<b>6,2</b>	<b>5,3</b>
<b>Bio3</b>	<b>77,67</b>	<b>Bio3</b>	<b>18</b>	<b>8,9</b>
<b>Bio4</b>	<b>75,73</b>	Bio4	0,2	4,4
<b>Bio5</b>	<b>75,24</b>	Bio5	0,2	4,4
Bio6	74,27	Bio6	0,2	3,1
<b>Bio7</b>	<b>76,21</b>	Bio7	0	0,7
<b>Bio8</b>	<b>77,67</b>	Bio8	0,2	0,9
Bio9	74,76	Bio9	0,3	3,9
<b>Bio10</b>	<b>76,21</b>	<b>Bio10</b>	<b>28,4</b>	<b>15,5</b>
<b>Bio11</b>	<b>76,21</b>	Bio11	0,7	0,5
<b>Bio12</b>	<b>76,21</b>	Bio12	1,6	9
<b>Bio13</b>	<b>76,70</b>	Bio13	0,1	2,2
Bio14	73,79	Bio14	1,6	0,2
Bio15	70,38	<b>Bio15</b>	<b>22,8</b>	<b>7,8</b>
<b>Bio16</b>	<b>75,24</b>	Bio16	0	0
Bio17	72,82	Bio17	0,2	1
Bio18	70,87	Bio18	1,8	0,2
<b>Bio19</b>	<b>76,70</b>	Bio19	1,2	16,5

Западные и южные пределы лимитируются увеличением гористости местности (одна из ключевых переменных – высота над уровнем моря: рис. 3,з) и связанным с этим изменением уровня радиации (рис. 3,а). Кроме того, возрастание угла наклона поверхности во многих гористых (в особенности – в карстовых) районах исключает наличие характерных биотопов вида даже на средних высотах.

Наибольший интерес представляет картина с восточными пределами распространения подвида. Восточная граница определяется целым комплексом биоклиматических переменных, характеризующих усиление континентальности климата. Это выражается, прежде всего, в увеличении годовой амплитуды температур (BIO7: рис. 3,д) (за счет повышения летних температур (BIO10) в южной части территории или понижением зимних температур (BIO11) – в северной), нарастании дефицита осадков (BIO12: рис. 3,е) и значительном превышении испарения над осадками, что отражает уменьшение индекса аридности (рис. 3,в).

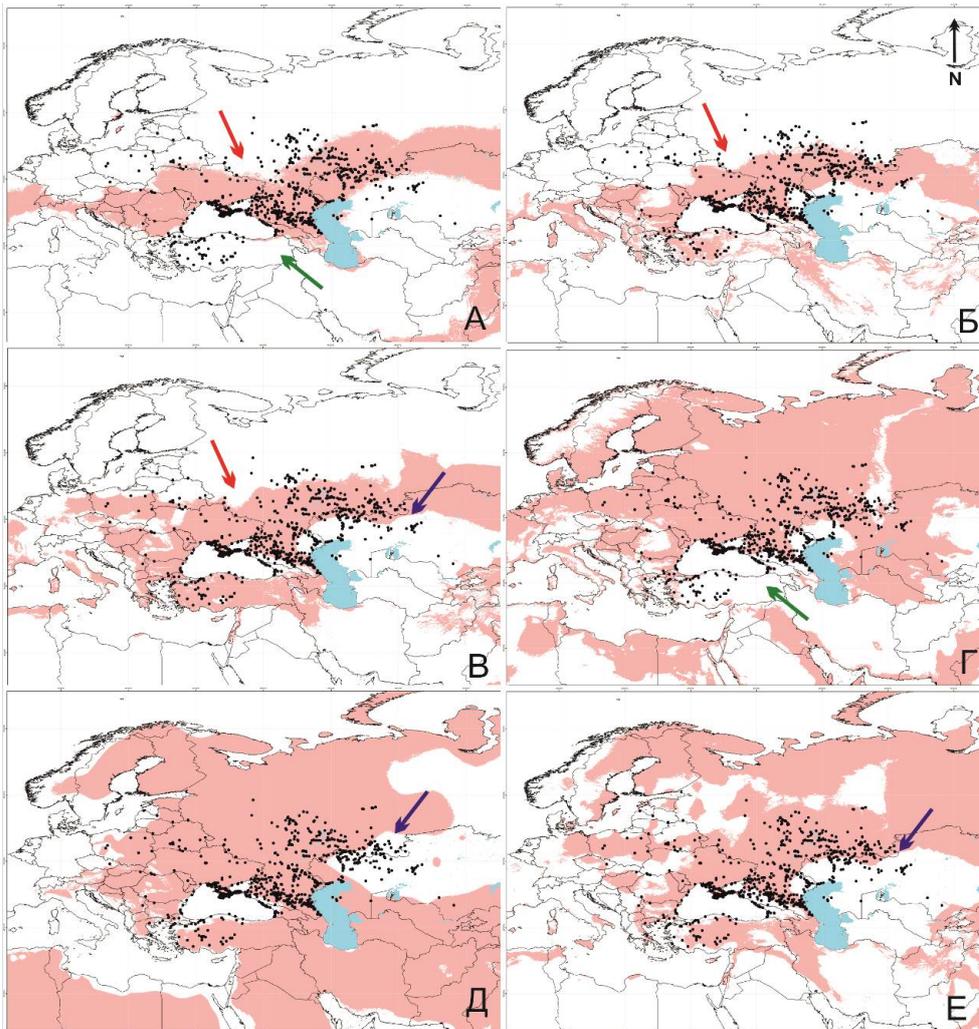


Рис. 3. Оптимальные диапазоны ключевых переменных модели распространения *Emys orbicularis orbicularis* по расширенному набору в ArcGIS: *a* – солнечная радиация, июль; *б* – средняя температура самого теплого квартала года (BIO10); *в* – индекс аридности; *г* – высота (м над уровнем моря); *д* – годовая амплитуда температуры (BIO7); *е* – годовое количество осадков (BIO12)

Представляется, что такие условия становятся малоблагоприятными не столько для самого животного, связанного с водными бассейнами, сколько влияют на режим самих водоемов. Режим континентальных стоячих и медленно текущих водоемов в полуаридной зоне сильно зависит от условий увлажнения, т.е. поступающих осадков и испарения (второе во много раз превышает первое) и подвержен серьезным колебаниям [24, 25]. Это одна из причин приуроченности мест обитания черепахи в Южном Зауралье и зауральских степях Казахстана (включая Тургайский бассейн) к руслам крупных рек (наши данные, А. В. Давыгора, личное сообщение).

Большое число ключевых переменных ArcGIS-модели, на наш взгляд, отражает экологическую неоднородность номинативного подвида как след-

ствии его интразонального распространения. «В интразональных частях ландшафтов существенно сглаживаются градиенты климатических факторов» [26, с. 30]. Это позволяет болотной черепахе проникать за пределы плакорных (зональных) ландшафтов, но только до известных границ, которые уже жестко лимитируются абиотическими факторами «чуждой» среды. Представляется перспективным дальнейший анализ экологического «единства» подвида как с использованием ГИС-моделирования, так и в природе.

Рисунок 4 при сравнении с рис. 2, в иллюстрирует пример изменения модели при дефиците исходных данных. С учетом наземных данных только с восточной части ареала (Казахстан) существенно изменяется образец пространственного размещения районов с наиболее благоприятными условиями для подвида и список ключевых переменных, лимитирующих это размещение.

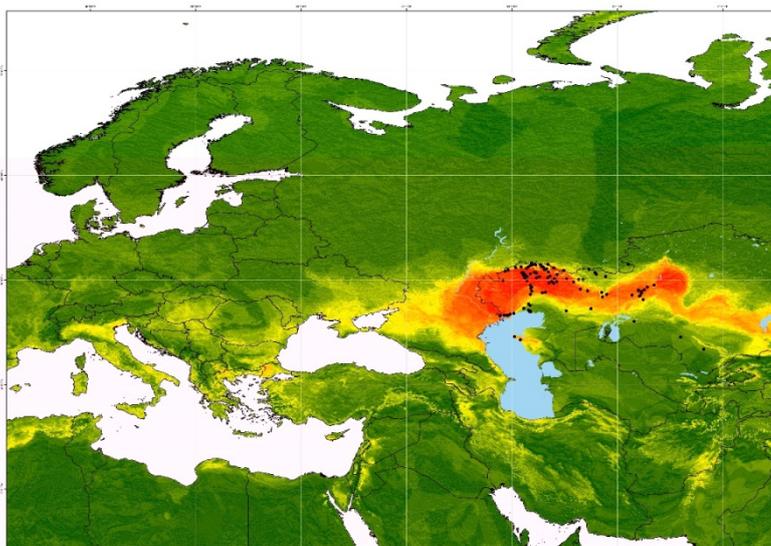


Рис. 4. ГИС-модель распространения *Emys orbicularis orbicularis*, построенная в программе ArcGIS (расширенный набор) по данным с территории Казахстана ( $n = 97$ )

### **Заключение**

Проведенное исследование показало, что каждая из использованных программ имеет свои плюсы и минусы, которые пока не в полной мере охвачены анализом. Представляется, что MaxEnt более достоверно описывает реальное распределение вида на территории, анализируя имеющиеся первичные данные с точки зрения их пространственного распределения. Однако ArcGIS в силу своей специфики (анализ каждой переменной, количественное определение диапазонов значений) позволяет глубже анализировать экологические факторы, влияющие на пространственное распределение вида, оценивать, какие из них и в какой мере, обуславливают «экологическое благополучие» изучаемого объекта. Подчеркнем, что наши заключения нуждаются в дальнейшей проверке, однако уже сейчас понятно, что для успешного ГИС-моделирования необходимо учитывать следующие рекомендации: 1) максимально охватывать данными ареал изучаемого таксона; 2) учитывать

принципиальные характеристики природных зон и ландшафтов, занимаемых таксоном, и особенности его экологии; 3) проводить по возможности моделирование разными программами с последующим сравнительным анализом результатов. Более тесный контакт со специалистами-географами представляется актуальным для развития ГИС-моделирования в зоологии.

#### Библиографический список

1. Climate and patterns of body size variation in the European pond turtle, *Emys orbicularis* / J. Joos, M. Kirchner, M. Vamberger, M. Kaviani, M. R. Rahimibashar, U. Fritz, J. Muller // Biological Journal of the Linnean Society. – 2017. – Vol. 20. – P. 1–15. – DOI 10.1093/biolinnean/blx056.
2. **Lenk, P.** Mitochondrial phylogeography of the European pond turtle, *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) / P. Lenk, U. Fritz, U. Joger, M. Wink // Molecular Ecology. – 1999. – Vol. 8. – P. 1911–1922. – DOI 10.1046/j.1365-294x.1999.00791.x.
3. **Dujsebajeva, T. N.** The model of *Ranodon sibiricus* environmental ecological niche: GIS and remotely sensing approach / T. N. Dujsebajeva, D. V. Malakhov // Russian Journal of Herpetology. – 2017. – Vol. 24 (3). – P. 171–192.
4. **Malakhov, D. V.** Species distribution model of *Varanus griseus caspius* (Eichwald, 1831) in Central Asia: an insight to the species' biology / D. V. Malakhov, M. A. Chirikova // Russian Journal of Herpetology. – 2018. – Vol. 25, № 3. – P. 195–206. – DOI 10.30906/1026-2296-2018-25-3-195-206.
5. **Malakhov, D. V.** Ecological Modeling of *Locusta migratoria L.* breeding conditions in South-Eastern Kazakhstan / D. V. Malakhov, N. Yu. Tsyhuyeva, V. E. Kambulin // Russian Journal of Ecosystem Ecology. – 2018. – Vol. 3 (1). – DOI 10.21685/2500-0578-2018-1-5.
6. URL: <http://www.cgiar-csi.org/data/global-aridity-and-pet-database>
7. URL: <https://www.climond.org/Default.aspx>
8. URL: <http://sasgis.ru/sasplaneta>
9. URL: <http://www.worldclim.org/>
10. URL: <http://www.worldclim.org/bioclim>
11. URL: [www.cs.princeton.edu/~schapire/MaxEnt/](http://www.cs.princeton.edu/~schapire/MaxEnt/)
12. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists / J. Elith, S. J. Phillips, T. Hastie, M. Dudik, Y. E. Chee, C. J. Yates // Diversity and Distributions. – 2011. – Vol. 17 (1). – P. 43–57. – DOI 10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x.
13. **Scheldeman, X.** Training manual on spatial analysis of plant diversity and distribution / X. Scheldeman, M. van Zonneveld. – Rome : Bioversity International, 2010. – 179 p.
14. **Доронин, И. В.** Материалы по распространению скальных ящериц комплекса *Darevskia (praticola)* (Sauria: Lacertidae) / И. В. Доронин // Современная герпетология. – 2015. – Т. 15, № 1/2. – С. 3–38.
15. **Никольский, А. М.** Пресмыкающиеся и земноводные Кавказа / А. М. Никольский. – Тифлис : Изд-во Кавказского музея, 1913. – 272 с.
16. **Туниев, Б. С.** Черепаха болотная *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) (черноморская популяция) / Б. С. Туниев, С. Б. Туниев // Красная книга Краснодарского края. Животные / ред.: А. С. Замотайлов, Ю. В. Лохман, Б. И. Вольфов. – 3-е изд. – Краснодар, 2017. – 720 с.
17. **Алисов, Б. П.** Климатические области зарубежных стран / Б. П. Алисов. – Москва : Географгиз, 1950. – 352 с.
18. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated / M. Kottek, J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf, F. Rubel // Meteorologische Zeitschrift. – 2006. – Vol. 15 (3). – P. 259–263. – DOI 10.1127/0941-2948/2006/0130.

19. **Peel, M. C.** Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification / M. C. Peel, B. L. Finlayson, T. A. McMahon // *Hydrology and Earth System Sciences*. – 2007. – Vol. 11. – P. 1633–1644. – DOI 10.5194/hess-11-1633-2007.
20. **Дуйсебаева, Т. Н.** Распространение болотной черепахи, *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) на восточной периферии ареала вида (Казахстан) / Т. Н. Дуйсебаева, З. К. Брушко, Ф. А. Сараев, Ф. Г. Бидашко // *Пространственно-временная динамика биоты и экосистем Арало-Каспийского бассейна : материалы II Международ. конф., посвящ. памяти Н. А. Зарудного (г. Оренбург, 9–13 октября 2017 г.)*. – Оренбург : ИПК «Университет», 2017. – С. 174–183.
21. **Бадмаева, В. И.** Экология болотной черепахи Сарпинской низменности Калмыцкой АССР / В. И. Бадмаева, Н. Д. Корсакова, Е. Ю. Чурюмова // *Вопросы герпетологии : тез. VI Всесоюз. герпетол. конф. (г. Ташкент, 18–20 сентября 1985 г.)*. – Москва ; Ленинград : Наука, 1985. – С. 17, 18.
22. **Schneeweiß, N.** Climatic impact on reproductive success of *Emys orbicularis* at the northwestern border of the species range / N. Schneeweiß // *Biologia*. – 2004. – Vol. 59 (14). – P. 131–137.
23. **Sommer, R. S.** Holocene recolonization and extinction of the pond turtle, *Emys orbicularis* (L., 1758), in Europe / R. S. Sommer, A. Persson, N. Wieseke, U. Fritz // *Quaternary Science Reviews*. – 2007. – Vol. 26. – P. 3099–3107. – DOI 10.1016/j.quascirev.2007.07.009.
24. **Горелова, Э. М.** Колебания уровня озер юго-восточного Приуралья в историческом прошлом / Э. М. Горелова // *Озера полуаридной зоны : сб. ст. / ред. проф. А. В. Шнитников*. – Москва ; Ленинград : Изд-во АН СССР, 1963. – С. 145–156. – (Труды лаб. озераведения АН СССР. Т. 15).
25. **Дебело, П. В.** Условия формирования и типология водоемов ключевых орнитологических территорий восточного Оренбуржья / П. В. Дебело, А. С. Степанов, И. А. Степанова, А. С. Романова // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2016. – Т. 5 (61). – С. 152–155.
26. **Чернов, Ю. И.** Природная зональность и животный мир суши / Ю. И. Чернов. – Москва : Мысль, 1975. – 224 с.

### References

1. Joos J., Kirchner M., Vamberger M., Kaviani M., Rahimibashar M. R., Fritz U., Muller J. *Biological Journal of the Linnean Society*. 2017, vol. 20, pp. 1–15. DOI 10.1093/biolinnean/blx056.
2. Lenk P., Fritz U., Joger U., Wink M. *Molecular Ecology*. 1999, vol. 8, pp. 1911–1922. DOI 10.1046/j.1365-294x.1999.00791.x.
3. Dujsebajeva T. N., Malakhov D. V. *Russian Journal of Herpetology*. 2017, vol. 24 (3), pp. 171–192.
4. Malakhov D. V., Chirikova M. A. *Russian Journal of Herpetology*. 2018, vol. 25, no. 3, pp. 195–206. DOI 10.30906/1026-2296-2018-25-3-195-206.
5. Malakhov D. V., Tsyhuyeva N. Yu., Kambulin V. E. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2018, vol. 3 (1). DOI 10.21685/2500-0578-2018-1-5.
6. Available at: <http://www.cgiar-csi.org/data/global-aridity-and-pet-database>
7. Available at: <https://www.climond.org/Default.aspx>
8. Available at: <http://sasgis.ru/sasplaneta>
9. Available at: <http://www.worldclim.org/>
10. Available at: <http://www.worldclim.org/bioclim>
11. Available at: [www.cs.princeton.edu/~schapire/MaxEnt/](http://www.cs.princeton.edu/~schapire/MaxEnt/)
12. Elith J., Phillips S. J., Hastie T., Dudik M., Chee Y. E., Yates C. J. *Diversity and Distributions*. 2011, vol. 17 (1), pp. 43–57. DOI 10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x.
13. Scheldeman X., M. van Zonneveld. *Training manual on spatrial analysis of plant diversity and distribution*. Rome: Bioversity International, 2010, 179 p.

14. Doronin I. V. *Sovremennaya gerpetologiya* [Modern herpetology]. 2015, vol. 15, no. 1/2, pp. 3–38. [In Russian]
15. Nikol'skiy A. M. *Presmykayushchiesya i zemnovodnye Kavkaza* [Reptiles and amphibian of Caucasus]. Tiflis: Izd-vo Kavkazskogo muzeya, 1913, 272 p. [In Russian]
16. Tuniev B. S., Tuniev S. B. *Krasnaya kniga Krasnodarskogo kraya. Zhivotnye* [Red Book of the Krasnodar Territory. Animals]. 3d ed. Krasnodar, 2017, 720 p. [In Russian]
17. Alisov B. P. *Klimaticheskie oblasti zarubezhnykh stran* [Climatic areas of foreign countries]. Moscow: Geografiz, 1950, 352 p. [In Russian]
18. Kottek M., Grieser J., Beck C., Rudolf B., Rubel F. *Meteorologische Zeitschrift* [Meteorological journal]. 2006, vol. 15 (3), pp. 259–263. DOI 10.1127/0941-2948/2006/0130.
19. Peel M. C., Finlayson B. L., McMahon T. A. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2007, vol. 11, pp. 1633–1644. DOI 10.5194/hess-11-1633-2007.
20. Duysebaeva T. N., Brushko Z. K., Saraev F. A., Bidashko F. G. *Prostranstvenno-vremennaya dinamika bioty i ekosistem Aralo-Kaspiyskogo basseyna: materialy II Mezhdunar. konf., posvyashch. pamyati N. A. Zarudnogo (g. Orenburg, 9–13 oktyabrya 2017 g.)* [Spatio-temporal dynamics of the biota and ecosystems of the Aral-Caspian basin: proceedings of II International conference dedicated to the memory of N. A. Zarudnov (Orenburg, 9–13<sup>th</sup> of October, 2017)]. Orenburg: IPK «Universitet», 2017, pp. 174–183. [In Russian]
21. Badmaeva V. I., Korsakova N. D., Churyumova E. Yu. *Voprosy gerpetologii: tez. VI Vsesoyuz. gerpetol. konf. (g. Tashkent, 18–20 sentyabrya 1985 g.)* [Problems of herpetology: proceedings of All-Union herpetological conference (Tashkent, 18–20<sup>th</sup> of September, 1985)]. Moscow; Leningrad: Nauka, 1985, pp. 17, 18. [In Russian]
22. Schneeweiß N. *Biologia* [Biology]. 2004, vol. 59 (14), pp. 131–137.
23. Sommer R. S., Persson A., Wieseke N., Fritz U. *Quaternary Science Reviews*. 2007, vol. 26, pp. 3099–3107. DOI 10.1016/j.quascirev.2007.07.009.
24. Gorelova E. M. *Ozera poluaridnoy zony: sb. st.* [Lakes of semi-arid zone: collected articles]. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1963, pp. 145–156. (Trudy lab. ozerovedeniya AN SSSR. T. 15). [In Russian]
25. Debelo P. V., Stepanov A. S., Stepanov I. A., Romanova A. S. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of Orenburg State Agrarian University]. 2016, vol. 5 (61), pp. 152–155. [In Russian]
26. Chernov Yu. I. *Prirodnaya zonal'nost' i zhivotnyy mir sushy* [Natural zonality and fauna of the land]. Moscow: Mysl', 1975, 224 p. [In Russian]

**Дуйсебаева Татьяна Николаевна**

кандидат биологических наук, ведущий специалист, Казахстанская ассоциация сохранения биоразнообразия (Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Ходжанова, 67)

E-mail: dujsebayeva@mail.ru

**Duysebaeva Tat'yana Nikolaevna**

Candidate of biological sciences, leading researcher, Association of Biodiversity Conservation of Kazakhstan (67 Khodzhanova street, Almaty, Republic of Kazakhstan)

**Доронин Игорь Владимирович**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Зоологический институт Российской академии наук (Россия, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, 1)

E-mail: ivdoronin@mail.ru

**Doronin Igor' Vladimirovich**

Candidate of biological sciences, senior staff scientist, Zoological Institute of Russian Academy of Sciences (1 Universitetskaya embankment, Saint-Petersburg, Russia)

**Малахов Дмитрий Викторович**  
ведущий научный сотрудник,  
Национальный центр космических  
исследований и технологий (Республика  
Казахстан, г. Алматы, ул. Шевченко, 15А)  
E-mail: d\_malakhov\_73@mail.ru

**Malakhov Dmitriy Viktorovich**  
Leading researcher, National Center  
of Space Researchers and Technology  
(15A Shevchenko street, Almaty,  
Republic of Kazakhstan)

**Кукушкин Олег Витальевич**  
научный сотрудник, Карадагская научная  
станция имени Т. И. Вяземского –  
природный заповедник Российской  
академии наук (Россия, Республика Крым,  
г. Феодосия, пос. Курортное,  
ул. Науки, 24)  
E-mail: mtasketi2018@gmail.com

**Kukushkin Oleg Vital'evich**  
Researcher, Karadag Scientific Station  
named after T. I. Vyazemsky – Natural  
Reserve of Russian Academy of Sciences  
(24 Nauki street, Kurortnoye village,  
Feodosiya, Republic of Crimea, Russia)

**Бакиев Андрей Геннадьевич**  
кандидат биологических наук, старший  
научный сотрудник, Институт экологии  
Волжского бассейна Российской  
академии наук (Россия, г. Тольятти,  
ул. Комзина, 10)  
E-mail: herpetology@list.ru

**Bakiev Andrey Gennad'evich**  
Candidate of biological sciences, senior  
researcher, Institute of Ecology of the Volga  
River Basin of Russian Academy  
of Sciences (10 Komzina street,  
Togliatty, Russia)

---

**Образец цитирования:**

ГИС-анализ распространения и условий обитания *Emys orbicularis orbicularis* (Testudines, Emydidae): методические аспекты / Т. Н. Дуйсебаева, И. В. Доронин, Д. В. Малахов, О. В. Кукушкин, А. Г. Бакиев // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2019. – № 1 (25). – С. 28–40. – DOI 10.21685/2307-9150-2019-1-4.