

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДНЕВНЫХ БУЛОВОУСЫХ ЧЕШУКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA) НА ТЕРРИТОРИИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА CGCM3.1_CCCMA

Голощапова С.С.¹, Прокофьев И.Л.¹

¹Брянский государственный университет им. ак. И.Г. Петровского, Брянск, Россия (241036, г. Брянск, ул. Бежицкая, 14), e-mail: sv.goloshchapova@gmail.com

Глобальное изменение климата выступает в качестве одного из последствий увеличивающейся антропогенной нагрузки на окружающую среду. По этой причине моделирование и прогнозирование пространственного распределения видов (особенно индикаторных) выступает в качестве одной из приоритетных задач. Цель данного исследования – создать модель пространственного распределения луговых видов бабочек Брянской области и предсказать изменения площади их местообитаний на основе модели будущего климата - CGCM3.1_CCCMA. По результатам проведенных исследований с использованием метода MaxEnt была построена достоверная модель пространственного распределения местообитаний 11-ти луговых видов дневных чешуекрылых на территории Брянской области. Было выявлено, что изменение климата окажет влияние на распространение бабочек в будущем. Площадь территорий, пригодных для данной группы, сократится к 2080 г. на 4,1%. Одним из главных факторов, влияющих на пространственное распределение бабочек, является количество осадков. В будущем с изменением климата он также будет играть главную роль в жизни луговых видов чешуекрылых. Глобальные модели изменения климата, использовавшиеся при моделировании, имеют ряд допущений, и по мере их совершенствования прогнозы будут уточняться.

Ключевые слова: бабочки, дневные чешуекрылые, изменение климата, моделирование, Брянская область, MaxEnt.

PREDICTION OF CHANGES IN SPATIAL DISTRIBUTION OF BUTTERFLIES ON TERRITORY OF BRYANSK REGION WITH USE OF CLIMATE CHANGE MODEL CGCM3.1_CCCMA

Goloshchapova S.S.¹, Prokofev I.L.¹

¹Bryansk State University, Bryansk, Russia (14, Bezhitskayst., Bryansk, Russia, 241036), e-mail: sv.goloshchapova@gmail.com

The global change of climate is one of the consequences of increasing anthropogenic load on environment. For this reason modeling and prediction spatial distribution of species (especially, indicators) is one of the foreground tasks. The aim of this research is creation model of spatial distribution grassland butterflies in Bryansk region and prediction changes in area of their habitats based on model of future climate CGCM3.1_CCCMA. For results of research with use of MaxEnt method model of spatial distribution 11 species of grassland butterflies on territory of Bryansk region was created. The change of climate will be influenced on butterflies' distribution in future. The area of suitable territories will had decreased by 2080 on 4.1%. The main factor influencing on spatial distribution of butterflies is precipitation. It will be leading in life of grassland butterflies in future. Global models used for modeling have some assumptions and for their upgrading predictions will made more precise.

Key words: butterflies, Lepidoptera, climate change, modeling, Bryansk region, MaxEnt.

Введение

Одним из последствий возрастающей антропогенной нагрузки и увеличения воздействия человека на окружающую среду является глобальное изменение климата на планете. Ведущими международными группами ученых разработано несколько моделей и сценариев, которые пытаются предсказать, как в будущем изменятся различные биоклиматические параметры на планете. Несомненно, изменение климата повлечет за

собой изменение видового состава и распространения различных групп животных и растений в каждом регионе. В связи с этим прогнозирование и моделирование будущего пространственного распределения видов (особенно индикаторных) является одной из приоритетных задач. Луговые дневные чешуекрылые (*Lepidoptera*) являются биологическими индикаторами состояния луговых сообществ, в том числе практики землепользования. Например, увеличение интенсификации в использовании ресурсов или оставление земель оказывает прямое влияние на местные виды луговых бабочек [5].

Цель данной работы – создать модель пространственного распределения луговых видов бабочек Брянской области и предсказать изменения пространственного распределения их местообитаний на основе модели будущего климата - CGCM3.1_CCCMA.

Материалы и методы

В качестве исследуемой группы нами были выбраны дневные булавоусые чешуекрылые, характерные для луговых биомов. В данную группу были включены 11 видов, для которых луга являются основным местообитанием на территории Европы [5]. По составу она не однородна. Можно выделить широко распространенные виды (толстоголовка лесовик *Ochlodes sylvanus*, зорька обыкновенная *Anthocharis cardamines*, червонец пятнистый *Lycaena phlaeas*, голубянка Икар *Polyommatus icarus*, сенница Памфил *Coenonympha pamphilus*, крупноглазка воловий глаз *Maniola jurtina*) и специализированные виды (бурокрылка Тагет *Erynnis tages*, голубянка малая *Cupido minimus*, голубянка Арион *Maculinea arion*, голубянка лесная *Cyaniris semiargus*, голубянка Коридон *Polyommatus coridon*).

Сбор данных проводился в течение вегетационных периодов 2010- 2012 гг. на трансектах по общепринятой методике учета дневных бабочек [1]. Для построения модели пространственного распределения дневных чешуекрылых на территории Брянской области и выявления факторов, обуславливающих распространение данной группы насекомых, использовался статистический метод – MaximumEntropy (MaxEnt) и пакет математических программ с одноименным названием. Данный подход основан на принципе нахождения распределения вероятности максимальной энтропии с учетом ограничений, налагаемых доступной информацией о наблюдаемом распространении видов и распределении экологических условий в районе исследования [4]. Метод строит вероятностную модель с заданием условной вероятности:

$$p(\mathbf{c}|\mathbf{b}) = \frac{1}{z(\mathbf{b})} \prod_{i \in \mathbf{I}, j \in \mathbf{I}, s} u_{i,j}^{f_{i,j}(\mathbf{b}, \mathbf{c})}, \quad (1)$$

где $Z(\mathbf{b})$ – нормирующий множитель.

Для моделирования распространения видов методом максимальной энтропии использовались ГИС-данные: стандартный набор данных Биоклим (Bioclim) [6], который включает 19 параметров, а также климатическая модель CGCM3.1_CCCMA, содержащая предполагаемые значения параметров в 2030, 2060 и 2080 гг. [2]. Расчеты проводились с учетом прогноза SRES A2, который предсказывает существенное увеличение численности населения, интенсивное использование энергии и эмиссию парниковых газов. Это наиболее пессимистичный сценарий из предложенных Межправительственной группой экспертов по изменению климата (IPCC) [3].

Результаты исследования и их обсуждение

В 2010 – 2012 гг. была сформирована база данных по 27 трансектам, на которых проводился учет чешуекрылых. Было отмечено 223 точки, где были зарегистрированы луговые виды дневных бабочек. С использованием данных Биоклим (BioClim) была построена достоверная модель современного пространственного распределения чешуекрылых по территории Брянской области (рис. 1).

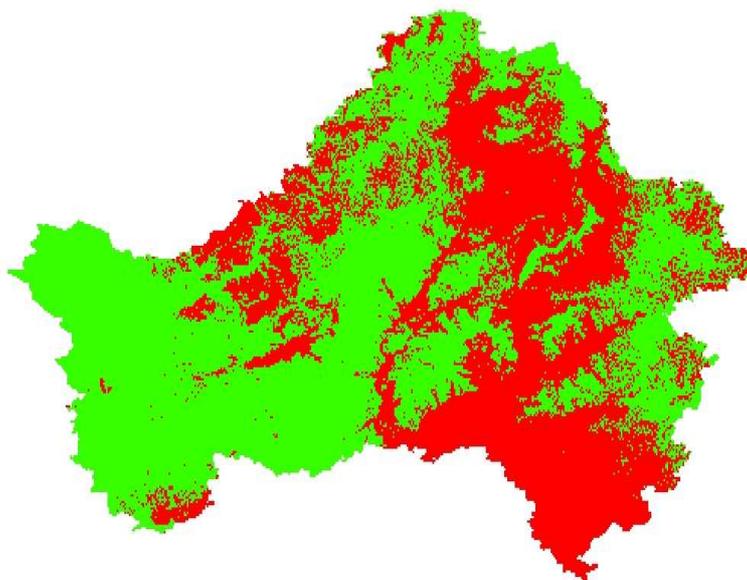


Рис. 1. Модель пространственного распределения дневных булавоусых чешуекрылых на территории Брянской области (красный цвет означает наиболее пригодные для луговых бабочек местообитания, зеленый цвет - наименее пригодные местообитания для луговых бабочек)

Большая часть территории, наиболее подходящей для группы луговых бабочек, располагается в западной части Брянской области. Согласно расчетам на неё приходится 43,34% от общей площади региона. Сюда входят территория левобережья Десны, Брянский лесной массив, а также самые южные районы Брянской области.

Среди использованных в модели биоклиматических факторов были выявлены те, которые оказывают наибольшее влияние на пространственное распределение луговых видов чешуекрылых. К ним относятся: коэффициент вариации осадков (25,9%), годовая сумма осадков (14,8%), сумма осадков самой холодной четверти года (14,7%), сумма осадков самого влажного месяца года (13,8), максимальная температура самого тёплого месяца года (7,7%). В скобках указана доля в процентах вклада фактора в общее влияние на распространение бабочек.

С использованием данных BioClim для 2030, 2060 и 2080 гг. из климатической модели CGCM3.1_CCCMA были построены соответствующие достоверные модели распространения бабочек, приуроченных к луговым местообитаниям. Было установлено, что площадь местообитаний, наиболее подходящих для данной группы, будет изменяться с течением времени, что представлено на рис. 2.

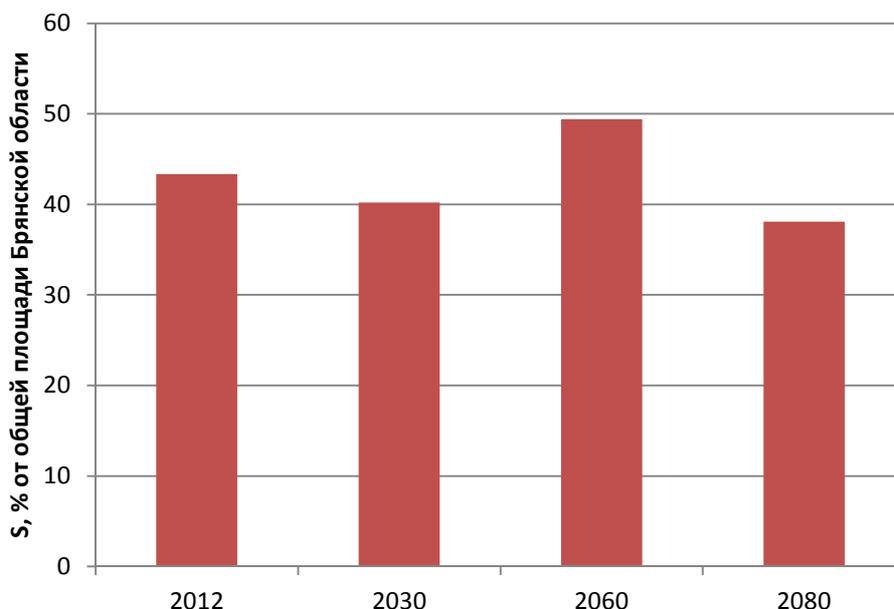


Рис. 2. Изменение площади местообитаний, пригодных для группы луговых дневных булавоусых чешуекрылых с 2012 по 2080 гг.

К 2030 г. площадь подходящих местообитаний сократится на 3,15% по сравнению с 2012 г., к 2060 г. она, наоборот, увеличится и составит 49,40% от общей площади Брянской области. В 2080 г. площадь наиболее благоприятных территорий сократится на 11,3% по сравнению с уровнем 2060 г. и составит 38,10%. Таким образом, к 2080 г. площадь подходящих местообитаний сократится на 4,1% по сравнению с 2012 г. и составит 13295,88 км².

Также с течением времени изменяется влияние различных биоклиматических переменных на пространственное распределение дневных чешуекрылых. Так, по сравнению

с 2012 г. в 2030 г. влияние коэффициента вариации осадков и годовой суммы осадков ослабевает, при этом резко возрастает влияние годовой амплитуды температуры, сумма осадков самой сухой четверти года, средней температуры самой влажной четверти года. К 2060 г. сильно возрастает влияние годовой суммы осадков по сравнению с 2012 и 2030 гг., а также возрастает влияние таких параметров, как стандартное отклонение температур, максимальная температура самого теплого месяца года, средняя температура самой теплой четверти года. В 2060 г. резко возрастает влияние суммы осадков самой тёплой четверти года, но при этом основное влияние оказывает годовая сумма осадков. В 2080 г. еще больше увеличивается влияние суммы осадков самой тёплой четверти года по сравнению с другими годами, а также увеличивается вклад суммы осадков самой сухой четверти года, а влияние годовой суммы осадков сокращается, но при этом остается одним из ведущих факторов в 2080 г.

Выводы

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Изменение климата будет оказывать влияние на распространение дневных булавоусых чешуекрылых на территории Брянской области.
2. Площадь территории наиболее пригодных для обитания бабочек, приуроченных к луговым местообитаниям, к 2080 г. сократится на 4,1% по сравнению с 2012 г.
3. В настоящее время в качестве фактора, оказывающего наибольшее влияние на распространение бабочек, выступает количество осадков.
4. Влияние вклада различных биоклиматических компонент в пространственное распределение луговых бабочек в будущем будет изменяться, но ведущим фактором будет оставаться количество осадков.
5. Поскольку глобальные модели изменения климата имеют ряд допущений, то составленный прогноз изменения пространственного распределения дневных чешуекрылых на территории Брянской области не идеален и будет уточняться в последующей доработке и совершенствовании климатической модели изменения климата.

Список литературы

1. Butterfly Monitoring Scheme. Institute of Terrestrial Ecology, 1981. – 14 p.
2. Chen C.T. On the Verification and Comparison of Extreme Rainfall Indices from Climate Models / C.T. Chen, T. Knutson // J. Climate. – 2008. – № 21. – P. 1605–1621.

3. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the III Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs et al. – N.Y. : Cambridge Univ. Press, 2001. – 881 P.
4. Maximum entropy niche-based modelling of seasonal changes in little bustard (*Tetrax tetrax*) distribution / S. Suárez-SeoaneGarcía, E.L. de la Morena, M.B. Morales Prieto et al. // Ecological modeling. – 2008. – № 219. – P. 17–29.
5. The European Butterfly Indicator for Grassland species 1990-2011. Report VS2012.019. / Van Swaay, C.A.M., Van Strien, A.J., Harpke et al. – De Vlinderstichting, Wageningen, 2012. – 31 p.
6. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas / Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L et al. // International Journal of Climatology. – 2005. – № 25. – P. 1965-1978.

Рецензенты:

Зайцева Е.В., д.б.н, профессор, заведующая кафедрой зоологии и анатомии ФГОБУ ВПО «Брянский государственный университет им. ак. И.Г. Петровского», г. Брянск.

Анищенко Л.Н., д.с-х.н., профессор кафедры экологии и рационального природопользования ФГОБУ ВПО «Брянский государственный университет им. ак. И.Г. Петровского», г. Брянск.