

Климатическое моделирование *Pulsatilla cernua* (Thunb.) Bercht. et J. Presl (Ranunculaceae)

Зайков Владимир

Алтайский государственный университет, пр. Ленина, д. 61, г. Барнаул, 656049, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-1641-9458>

vz1703@mail.ru

Геоинформационные системы помогают сегодня решать ряд важных задач, в том числе в ботанике. Одной из таких задач является оценка пространственного распределения объектов растительного мира. В настоящее время широко применяется моделирование пространственного распределения видов (экологическая ниша) (Зайков и др, 2022; Лисовский и др, 2020; Лисовский, Дудов, 2020; Dudov, 2016), которое позволяет установить связь местонахождений видов в природе и факторов окружающей среды, тем самым прогнозировать их распространение (Elith, Leathwick, 2009). Существует несколько методов климатического моделирования, таких как BIOCLIM (Nix, 1986), DOMAIN (Carpenter et al., 1993), MaxEnt (Phillips, Dudik, 2008) и др. Наиболее эффективный и широко распространённый из перечисленных, как отмечает ряд авторов (Санданов, Найданов, 2015; Dudov, 2016) является MaxEnt (Maximum Entropy Species Distribution Modelling). Его важным достоинством является то, что для построения прогнозных карт достаточно лишь наличие точек присутствия вида. Данная возможность позволяет уточнить местонахождение того или иного таксона на территории с труднодоступной местностью. Программа MaxEnt используется для решения природоохранных задач, выявления потенциального распространения инвазивных видов, оценки рисков для нативных видов при изменениях окружающей среды, картографирования растительности, исследования континуальных смен растительных сообществ, исторических аспектов формирования биоразнообразия, выявления параметров распределения видового богатства. Нами проведено климатическое моделирование пригодных для расселения местообитаний *P. cernua*. Для этого были подготовлены входные данные точек присутствия видов (179 точек), а также переменные включающие данные об окружающей среде (WorldClim, вкл. WC-Altitude). Далее для каждого вида были протестированы модели с разными настройками и выбрана наилучшая.

Оценкой надежности полученной прогнозной модели служит показатель AUC (мера относительной вероятности присутствия), выражающаяся от 0 до 1. Значение от 0,5 и ниже считается как случайное распределение. Оценка полученной модели для вида *P. cernua* также показала отличный результат (значение тестовой выборки AUC=0,932; обучающей выборки AUC=0,954). Пороговое значение 10 перцентилей для этого вида составило 0,278.

Прогнозная модель показала, что наибольший вклад при расселении вида вносят факторы BIO13 и BIO18, в меньшей степени BIO12, BIO16. С увеличением числа осадков в наиболее теплый квартал (BIO18) от 200 мм и выше повышается шанс встречаемости вида, для количества осадков в наиболее влажный квартал (BIO13) это значение от 480 мм и выше (Рисунок 1). Основой ареал вида приходится на Японию, Южную и Северную Корею, а также на граничащую с последней территорию Северо-Восточного Китая. В России проходит северная граница ареала. Потенциальный ареал, согласно полученным результатам не выходит за границы фактического (Рисунок 2).

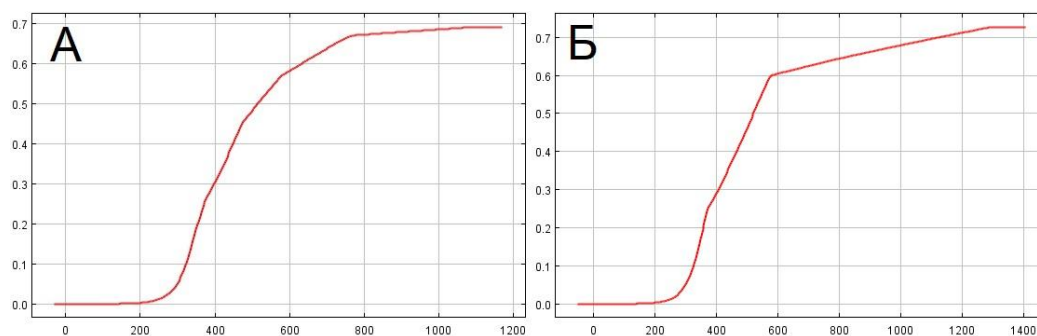


Рисунок 1. Кривые откликов модели.

А – BIO18. По оси ординат вероятности присутствия, по оси абсцисс количество осадков в наиболее теплый квартал, мм. Б – BIO13. По оси ординат вероятности присутствия, по оси абсцисс количество осадков в наиболее влажный месяц, мм.

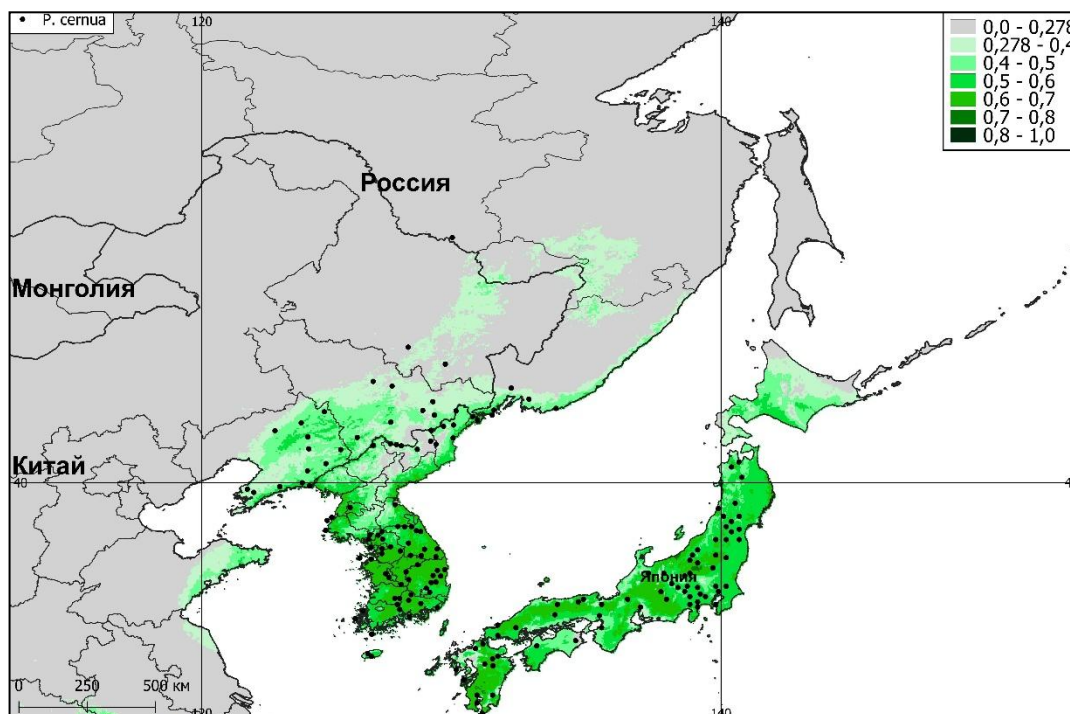


Рисунок 2. Прогнозное распространение и точки местонахождения *P. cernua*.

Полученные данные могут быть использованы при поиске новых местонахождений вида, при организации природоохранных мероприятий.

Исследование проведено в рамках Госзадания (проект No FZMW-2023-0008).

Библиографический список

Зайков В.Ф., Ваганов А.В., Шмаков А.И. Климатическое моделирование потенциального ареала *Pulsatilla turczaninovii* Kryl. et Serg. (Ranunculaceae) на территории Евразии // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – № 1. – С. – 140–144.

Лисовский А.А., Дудов С.В. Преимущества и ограничения методов экологического моделирования ареалов. 2. MAXENT // Журнал общей биологии. – 2020. – Т. 81, № 2. – С. 135–146.

Лисовский А. А., Дудов С. В., Оболенская Е. В. Преимущества и ограничения методов экологического моделирования ареалов. 1. Общие подходы// Журнал общей биологии. – 2020. – Т. 81, № 2. – С. 123–134.

Санданов Д. В., Найданов Б. Б. Пространственное моделирование ареалов восточно-азиатских видов растений: современное состояние и динамика под влиянием климатических изменений // Растительный мир Азиатской России. – 2015. – № 3(19). – С. 30–35.

Carpenter G., Gillison A.N., Winte J. DOMAIN a flexible modeling procedure for mapping potential distributions of plants, animals // Biodivers. Conserv. – 1993. – Vol. 2. – P. 667–680.

Dudov S.V. Modeling of species distribution using topography and remote sensing data, with vascular plants of the Tukhuringra Range low mountain belt (Zeya Nature Reserve, Amur Region) as a case study // Journal of General Biology. – 2016. – Vol. 7, № 1. – P. 16–28.

Elith J., Leathwick J. R. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time // Annual Rev. Ecol. Evol. Systematics. – 2009. – Vol. 40. – P. 677–697.

Nix H.A. biogeographic analysis of Australian Elapid snakes / Ed. R. Longmore. Snakes: atlas of Elapid snakes of Australia. – 1986. – Vol. 7. – P. 4–15.

Phillips S. J., Dudik M. Modeling of species distributions with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation // Ecography. – 2008. – Vol. 31. – P. 161–175.