

## ИЗМЕНЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГРАБА СЕРДЦЕЛИСТНОГО (*CARPINUS CORDATA*) В ПРИМОРЬЕ В ПОЗДНЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ-ГОЛОЦЕНЕ (МИС 5 –1)

Белянин П.С.,

*Тихоокеанский институт географии ДВО РАН*

**Аннотация.** Целью настоящей работы является реконструкция изменений пространственного распространения *Carpinus cordata* вблизи современной северной границы его ареала на юге Российского Дальнего Востока в позднем неоплейстоцене и голоцене на основе палинологических и хронологических данных. Мы обнаружили, что *Carpinus cordata* произрастал в Южном Приморье в течение MIS 5d и MIS 5a. Вероятно, в условиях теплого климата MIS 5e ареал этого растения мог расшириться на более северные регионы Российского Дальнего Востока. *Carpinus cordata* мог также произрастать в этом регионе в течение MIS 5e и MIS 5b. *Carpinus cordata* не произрастал в РДВ в условиях прохладного климата в течение MIS 3, MIS 2 и, по-видимому, в MIS 4. Интенсивное потепление в период перехода от MIS 2 к MIS 1 вызвало смещение ареала *Carpinus cordata* на север. Примерно 10,4 тыс. лет назад северная граница его ареала достигла Южного Приморья. Около 8,7 тыс. лет назад *Carpinus cordata* достиг Центрального Приморья и начал там расширять свою ареал. Во время термического максимума в середине голоцена его ареал охватывал Центральное Приморье и простирался до самой южной части Северного Приморья. Похолодание в начале позднего голоцена привело к исчезновению *Carpinus cordata* из Центрального Приморья. В результате последующего потепления во второй половине позднего голоцена ареал этого растения немного сместился на север. Однако он больше не охватывал Северное и Центральное Приморье.

**Ключевые слова:** *Carpinus cordata*, палинологический анализ, юг российского Дальнего Востока климатические изменения, поздний неоплейстоцен, голоцен

## CHANGES OF THE *CARPINUS CORDATA* DISTRIBUTION IN THE PRIMORYE THE LATE NEOPLEISTOCENE AND THE HOLOCENE (MIS 5 –1)

Belyanin P.S.,

*The Pacific Geographical Institute of the FEB RAS*

**Abstract.** The aim of the present work is to reconstruct changes of the spatial distribution of *Carpinus cordata* near the modern northern limit of its range in the south of the Russian Far East during the Late Pleistocene and Holocene, based on palynological and chronological data. We found that *Carpinus cordata* grew in the Southern Primorye during MIS 5d and MIS 5a. It is likely that under the warm climate conditions of MIS 5e, the range of this plant could have expanded to more northern regions of the Russian Far East. *Carpinus cordata* might also grow in the region during MIS 5e and MIS 5b. *Carpinus cordata* did not grow in the south of the Russian Far East under the cool climate during MIS 3, MIS 2, and apparently in MIS 4. Intensive warming during the MIS 2 to MIS 1 transition triggered a northward shift in the range of *Carpinus cordata*. Approximately 10.4 cal ka BP, the northern limit of its range reached the Southern Primorye. Around 8.7 cal ka BP, the *Carpinus cordata* reached the Central Primorye and began expansion in it. During the Mid-Holocene Thermal Maximum, its range covered Central Primorye and extended to the southernmost part of Northern Primorye. The cooling at the onset of the Late Holocene led to the disappearance of *Carpinus cordata* from Central Primorye. Under subsequent warming in the second half of the Late Holocene, the range

of this plant shifted slightly to the north. However, it no longer covered the Northern Primorye and the Central Primorye.

**Keywords:** *Carpinus cordata*, spore-pollen analysis, radiocarbon dating, climatic changes, Late Neopleistocene, Holocene

**Введение.** Пространственная миграция растений в геологическом прошлом представляет собой важный, но недостаточно изученный аспект эволюции растительности Земли. Определение влияния климатических факторов на изменения географического распространения видов долгое время являлось ключевым направлением палеогеографических исследований. Сокращение, расширение и пространственные сдвиги ареалов растений с течением времени чаще всего коррелируют с глобальными климатическими колебаниями (например, [20, 22]). Климатические изменения вызывают значительные сдвиги как в широтных, так и в высотных пределах ареалов растений, что приводит к глубоким преобразованиям в структуре экосистемы [21].

Особый интерес в этом отношении представляет юг Дальнего Востока России. Регион охватывает широкий спектр природных зон, от арктической тундры до неморальных лесов, при этом ее южные районы (бассейн реки Амур и северо-западное побережье Японского моря) относятся к смешанной хвойно-широколиственной и широколиственной лесной зоне Восточно-Азиатского (Маньчжурского) флористического региона [5]. Поэтому, ареалы более теплолюбивых растений из китайско-японского (восточноазиатского) региона в юг Дальнего Востока России перекрываются с ареалами бореальных видов. Многие растения местной флоры произрастают на пределе своих ареалов [15]. *Carpinus cordata* – один из таких видов.

Естественный ареал рода *Carpinus* охватывает тропические, субтропические и умеренные зоны Северного полушария. Из более чем 30 видов этого рода, произрастающих в различных климатических зонах Восточной Азии, только *Carpinus laxiflora*, *Carpinus cordata*, *Carpinus japonica*, *Carpinus turczaninovii*, *Carpinus tschonoskii* и *Carpinus chuniana* обитают в районах с сезонным климатом и отрицательными температурами в евразийской части ареала [16]. Из них только *Carpinus cordata* в настоящее время произрастает на юге Дальнего Востока России.

Палеоботанические данные свидетельствуют о том, что масштабная перестройка растительности на юге российского Дальнего Востока произошла в позднем неоплейстоцене и голоцене под влиянием многочисленных климатических колебаний [1; 2; 3; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 14; 17; 18; 19 и др.]. Однако изменения пространственного распределения большинства видов флоры в этом регионе в прошлом, включая *Carpinus cordata*, остаются малоизученными.

Цель данного исследования – реконструировать изменения пространственного распределения *Carpinus cordata* на юге российского Дальнего Востока в позднем неоплейстоцене (MIS 5–2) и голоцене (MIS 1) на основе палинологических и хронологических данных, а также сопоставить полученные результаты с климатическими колебаниями.

**Материалы и методы.** Для реконструкции изменений пространственного распределения *Carpinus cordata* на юге Дальнего Востока России в позднем неоплейстоцене и голоцене мы проанализировали таксономическую структуру 68 пыльцевых записей. Места сбора пыльцевых образцов разделены на три зоны в соответствии с их климатическими характеристиками и географическим положением – Южное Приморье, Центральное Приморье и Северное Приморье. Спорово-пыльцевой анализ проведен по стандартной методике.

**Результаты и их обсуждение.** Изменения доли пыльцы *Carpinus cordata* в пыльцевых летописях MIS 5 (130–71 тыс. л. н.). Пыльцевые данные возрастов MIS 5d и MIS 5a были получены в самой южной части российского Дальнего Востока (Южный Приморье) из скважин 11 и 33. Процентное содержание пыльцы *Carpinus cordata* в пыльцевых комплексах из отложений скв. 11 возрастом 111,5–102,5 тыс. л. н. составляет 2,5%, из

отложений возрастом 87,5–83,5 тыс. лет л. н. – 1,6%, а из отложений скв. 33 возрастом 83,5–77,7 тыс. л. н. – 6,1%.

**Изменения доли пыльцы *Carpinus cordata* в пыльцевых летописях MIS 4 (71,0–57 тыс. л. н.).** Датированные пыльцевые летописи MIS 4 на юге Дальнего Востока России отсутствуют.

**Изменения доли пыльцы *Carpinus cordata* в пыльцевых летописях MIS 3 (57–33,5 тыс. кал. л. н.).** Пыльцевые зерна *Carpinus cordata* не были обнаружены в отложениях MIS 3 на юге Дальнего Востока России.

**Изменения доли пыльцы *Carpinus cordata* в пыльцевых летописях MIS 2 (33,5–11,7 тыс. кал. л. н.).** Ископаемая пыльца *Carpinus cordata* не была обнаружена в отложениях MIS 2 ни в одной из изученных скважин разрезов с юга Дальнего Востока России. Единичные пыльцевые зерна *Carpinus cordata* были найдены только в скв. 26 на крайнем юге Приморья.

**Изменения доли пыльцы *Carpinus cordata* в пыльцевых летописях раннего голоцена (11,7–8,2 тыс. кал. л. н.).** Пыльцевые зерна *Carpinus cordata* в отложениях раннего голоцена были обнаружены только в самой южной части Южного Приморья. Они зафиксированы в отложениях большинства изученных разрезов Южного Приморья (см. рис. 1).

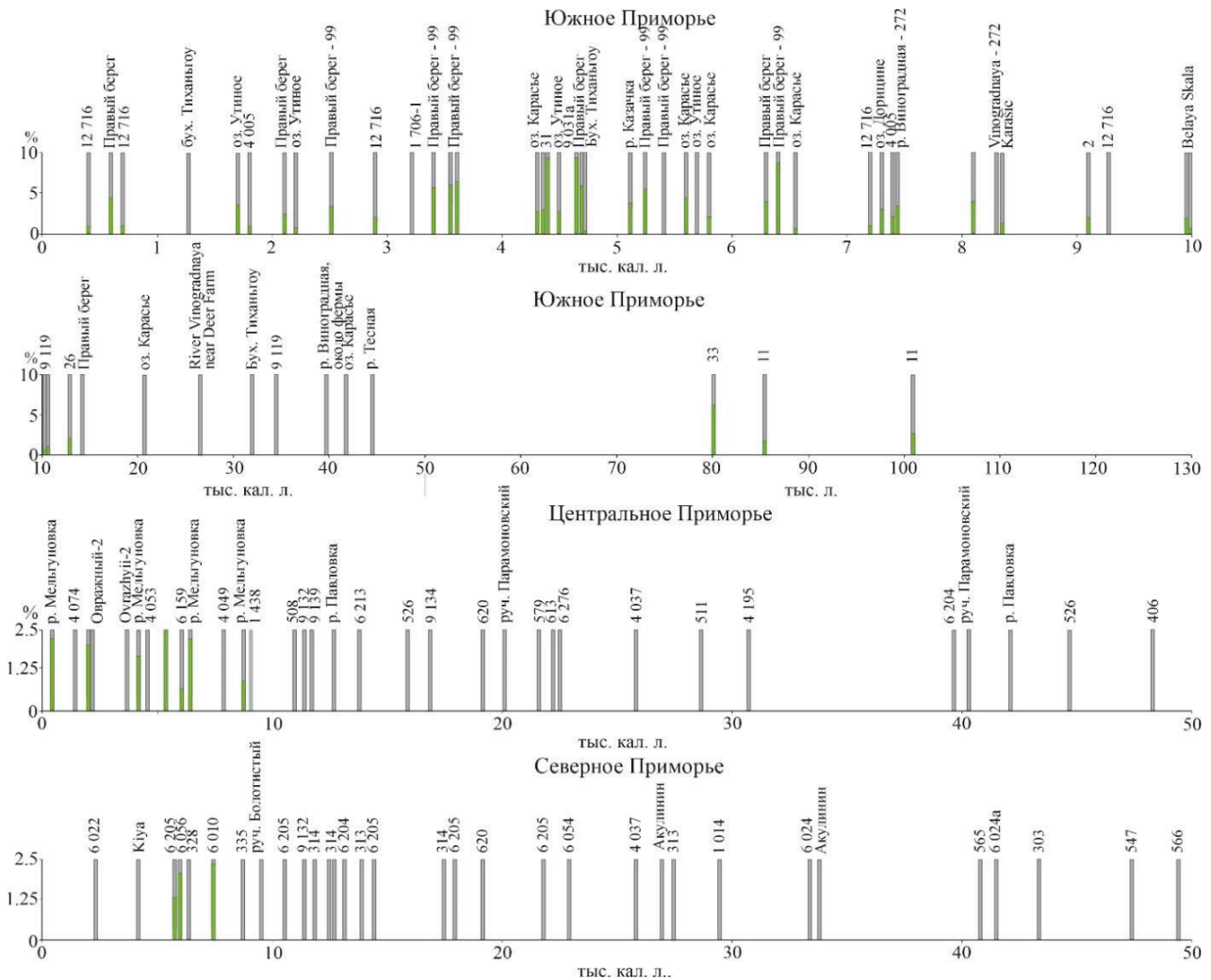


Рис. 1. Распределение пыльцы *Carpinus cordata* в отложения. Юга Дальнего Востока России  
Зеленые столбцы – доля пыльцы *Carpinus cordata*, серые столбцы – отсутствие пыльцы *Carpinus cordata*.

Пыльца *Carpinus cordata* была обнаружена в разрезах 9 119, Белая Скала, 12 716 и Виноградная-272 (Микишин и др., 2008); в донных отложениях оз. Карасье [4], в скв. 2 и скв. 9. Содержание *Carpinus cordata* в пыльцевых записях не высокое. Оно колеблется до 2 % (в среднем 0,87 %). Более высокое содержание (2,0 %) пыльцы *Carpinus cordata* отмечено в скв. 2. Севернее, в Центральном Приморье, отдельные пыльцевые зерна *Carpinus cordata* были обнаружены только в разрезе Мельгуновка [1]. В других разрезах с Северного Приморья пыльцевые зерна *Carpinus cordata* не были обнаружены в отложениях возраста MIS 2.

**Изменения доли пыльцы *Carpinus cordata* в пыльцевых летописях среднего голоцена (8,2–4,2 тыс. кал. л. н.).** Пыльцевые зерна *Carpinus cordata* в отложениях среднего голоцена были обнаружены по всей территории Южного Приморья – в Южном, Центральном и Северном Приморье (Belyanin et al., 2025). Однако наибольший процент *Carpinus cordata* зафиксирован в отложениях Южного Приморья из скважины 31 (9,4 %), в трех образцах из разреза Правый Берег-99 (9,2 %, 5,7 % и 5,2 %) [14] и донных отложений оз. Карасье (6,75 %). В пыльцевых записях из других изученных разрезов и скважин ее доля варьируется от 0,6 до 4,5 % (см. рис. 1). Средний процент пыльцы *Carpinus cordata* в пыльцевых комплексах из отложений среднего голоцена Южного Приморья составляет 3,27%. Доля пыльцы этого растения в пыльцевых записях из более северных регионов – Центрального Приморья и Северного Приморья – не превышает 2,4% (в среднем 1,18%) и 2,3% (в среднем 1,12%), соответственно.

**Изменения доли пыльцы *Carpinus cordata* в пыльцевых летописях позднего голоцена (4.2 тыс. кал. л. н. – по настоящее время).** Пыльца *Carpinus cordata* из отложений позднего голоцена была обнаружена преимущественно в самой южной части региона (см. рис. 1). Ее процентное содержание в Южном Приморье колеблется от 0,9 до 6,4 % (в среднем 2,57 %). Наибольшее обилие пыльцы *Carpinus cordata* отмечено в разрезе Правый Берег–99 (6,4 %) и в трех образцах из разреза Правый Берег (4,5 %, 5,7 % и 6,1 %). Ископаемая пыльца *Carpinus cordata* в отложениях позднего голоцена Центрального и Северного Приморья не была обнаружена (см. рис. 1). Исключением является разрез реки Мельгуновка в Центральном Приморье и др., 2017). В нем были обнаружены отдельные пыльцевые зерна *Carpinus cordata*.

### Заключение

Изменения таксономической структуры пыльцевых записей, полученные по разрезам Южного, Центрального и Северного Приморья позволили реконструировать изменения пространственного распространения *Carpinus cordata* на юге Дальнего Востока России Приморье в позднем неоплейстоцене (MIS 5–2) и в голоцене (MIS 1). Пыльцевые записи свидетельствуют, что сильные климатические колебания, происходившие в это время, вызвали значительные пространственные сдвиги ареала *Carpinus cordata* в Южном Приморье. Значительное потепление в MIS 5 привело к смещению ареала *Carpinus cordata* на север. В условиях самого теплого климата за последние 130 тыс. л. н. в период MIS 5e ареал *Carpinus cordata* в Южном Приморье мог сместиться на север как минимум на 500 км по сравнению с нынешним положением его северной границы. *Carpinus cordata* был более распространен в экосистемах региона, чем в настоящее время. По-видимому, его ареал охватывал Центральное и Северное Приморье, где это дерево в настоящее время не произрастает. При незначительном снижении температуры в MIS 5d и MIS 5b северная граница ареала *Carpinus cordata*, по-видимому, смещалась на юг на 300–400 км. В периоды MIS 5c и MIS 5a, когда климат был относительно теплым и влажным, но более холодным, чем в настоящее время, ареал *Carpinus cordata* охватывал только Южное Приморье. Резкое похолодание в MIS 4 привело к исчезновению *Carpinus cordata* из растительности Южного Приморья. Это дерево также не произрастало в регионе в условиях холодного и сухого климата в периоды MIS 3–2. Даже при максимальном потеплении в MIS 3 северная граница ареала *Carpinus cordata* не достигала

Южного Приморья. При значительном потеплении в раннем голоцене (~ 11,7 тыс. лет назад) ареал *Carpinus cordata* начал смещаться на север. Северная граница его ареала достигла крайнего юга Приморья ~ 10,4 тыс. лет назад. В период термического максимума в середине голоцена ареал *Carpinus cordata* сместился ещё севернее и около 8,7 тыс. лет назад достиг Центрального Приморья, где получил широкое распространение. В это время ареал *Carpinus cordata* был наиболее широко распространён на юге Дальнего Востока России за весь голоцен. Его ареал охватывал Центральное Приморье и достигал юга Северного Приморья. Похолодание в начале позднего голоцена вновь привело к исчезновению *Carpinus cordata* в Северном и Центральном Приморье. В результате последующего потепления во второй половине позднего голоцена ареал *Carpinus cordata* немного расширился на север. Однако он больше не охватывал Центральное и Северное Приморье.

## Литература

1. Базарова В.Б., Лящевская М.С., Макарова Т.Р., Орлова Л.А. Обстановки осадконакопления на поймах рек Приханкайской равнины в среднем-позднем голоцене (юг Дальнего Востока) // Тихоокеанская геология. – 2018. – Т. 37. – № 1. – С. 94–105. <https://doi.org/10.30911/0207-4028-2018-37-1-94-105>
2. Белянин П.С., Белянина Н.И. К эволюции растительного покрова Приханкайской впадины и ее горного обрамления в позднем неоплейстоцене-голоцене (по палинологическим данным) // Тихоокеанская геология. — 2012. – Т. 31. – № 2. – С. 96–100.
3. Белянин П.С., Белянина Н.И. Эволюция долинных экосистем нижнего течения р. Бикин в позднем неоплейстоцене–голоцене // География и природные ресурсы. – 2018. – № 4. – С. 139–149.
4. Белянин П.С., Андерсон П.М., Ложкин А.В., Белянина Н.И., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Горнов Д.А. Изменения растительности на Юге Российского Дальнего Востока в среднем и позднем голоцене // Известия РАН. Серия Географическая, 2019. № 2. С. 69–84.
5. Колесников Б.П. В.Л. Комаров и ботанико-географическое районирование советского Дальнего Востока // Комаровские чтения. 1957. Вып. 6. – С. 3–26.
6. Короткий А.М., Караулова Л.П., Троицкая Т.С. Четвертичные отложения Приморья: стратиграфия и палеогеография. – Новосибирск: Наука. 1980. – 234 с.
7. Короткий А.М. Палинологическая характеристика и радиоуглеродные данные позднечетвертичных отложений Дальнего Востока России (нижняя часть Амура, Приморье, Сахалин, Курильские острова). В сб.: Позднечетвертичная растительность и климат Сибири и Дальнего Востока России (Палинологическая и радиоуглеродная база данных). Под ред. П.М. Андерсон и А.В. Ложкина. Магадан: Изд-во Северо-Восточного научного центра, 2002. С. 257–369.
8. Павлюткин Б.И., Белянина Н.И. Четвертичные отложения Приморья: некоторые итоги систематизации и дальнейшие перспективы изучения // Тихоокеанская геология. – 2002. – Т. 21. – № 3. – С. 80–93.
9. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Макарова Т.Р., Паничев А.М., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Старикова А.А. Развитие ландшафтов Шкотовского плато Сихотэ-Алиня в позднем голоцене // Известия РАН. серия географическая. – 2016. – № 3. – С. 65–80.
10. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Макарова Т.Р., Паничев А.М., Копотева Т.А., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю., Крупская В.В. Этапы развития ландшафтов предгорий Западного Сихотэ-Алиня // Известия РАН. серия географическая. – 2017. – № 4. – С. 97–111.

11. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А. и др. Васьюковское болото как природный архив изменений среды Сихотэ-Алинского биосферного района в позднем голоцене. Тихоокеанская география. – 2025. – № 3. – Т. 23. – С. 44–64.
12. Belyanin P.S. Changes of the *Carpinus cordata* distribution in the south of the Russian Far East during the Late Pleistocene and the Holocene by pollen data // Journal of Asian Earth Sciences, 2025. Vol. 293. 106783. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2025.106783>
13. Krestov P.V., Song J.S., Nakamura Y., Verkholat V.P. A phytosociological survey of the deciduous temperate forests of mainland Northeast Asia. Phytocoenologia. – 2006. – Vol. 36. – № 1. – Pp. 77–150.
14. Mikishin Y.A., Petrenko T.I., Gvozdeva I.G., Popov A.N. Evolution of landscapes in Khasansky District (Southwest Primorye) in the Late Pleistocene – Holocene. In: Proceedings of International Symposium “Human Ecosystem Changes in the Northern Circum Japan Sea Area (NCJSA) in Late Pleistocene. Tokyo, 2008. – Pp. 82–94.
15. Nakamura Y., Krestov P.V. Coniferous forests of the temperate zone of Asia. In: Andersson, F. (Ed.), Coniferous Forests. Elsevier, New York, London, Paris, London, Brussels, 2005. P. 165–220.
16. POWO. *Carpinus cordata* Blume. Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew, UK, 2025. <http://www.plantsoftheworldonline.org/>
17. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Kudryavtseva E.P., Arslanov K.A., Maksimov F.E., Starikova A.A. Landscape and environmental changes along the Eastern Primorye coast during the middle to late Holocene and human effects. J. of Asian Earth Sci., 2018. Vol. 158. P. 160–172. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2018.02.013>.
18. Razjigaeva N., Ganzey L., Grebennikova T., Mokhova L., Kopoteva T., Kudryavtseva E., Belyanin P., Panichev A., Arslanov K., Maksimov F., Petrov A., Sudin V., Klimin M., Korniyushenko T. Holocene mountain landscapes development and monsoon variation in the southernmost Russian Far East. Boreas/ – 2021. – ol. 50. – 1043–1058. <https://doi.org/10.1111/bor.12545>. ISSN 0300-9483
19. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Ponomarev V.I., Mokhova L.M., Grebennikova T.A. Application bioaerosol records for recovery of atmospheric circulation anomalies over the Kuril islands in the Late Glacial – Holocene. Quat. Sci. Rev., 2025. Vol. 353. 109222. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2025.109222>.
20. Root T.L., Price J.T., Hall K.R., Schneider S.H., Rosenzweig C., Pounds J.A. Fingerprints of global warming on wild animals and plants Nat., 2003. Vol. 421. P. 57–60. <https://doi.org/10.1038/nature01333>.
21. Shin S., Kim J.-H., Dang J.-H., Seo I.-S., Lee B. Elevational distribution ranges of vascular plant species in the Baekdudaegan mountain range, South Korea. J. Ecol. Environ. 2021. Vol. 45. No. 1. P. 62–71. <https://doi.org/10.1186/s41610-021-00182-1>.
22. Walther G.R., Post E., Convey P., Menzel A., Parmesan C., Beebee T.J.C. Fromentin J.M., Hoegh-Guldberg O., Bairlein F. Ecological responses to recent climate change. Nature, 2002416. Pp. 389–395. <https://doi.org/10.1038/416389a>.