

ИЗМЕНЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СОСНЫ ГУСТОЦВЕТКОВОЙ (*PINUS DENSIFLORA*) В ПРИМОРЬЕ РОССИИ В ПОЗДНЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ-ГОЛОЦЕНЕ

Белянин П.С.,

ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН

Аннотация. Анализ таксономического состава пыльцевых летописей с юга Дальнего Востока России, позволил реконструировать распространение *Pinus densiflora* в регионе в позднем неоплейстоцене (МИС 2) и голоцене на основе пыльцевых летописей и хронологических данных. Изменение таксономической структуры пыльцевых летописей свидетельствует, что *P. densiflora* не произрастала на юге Дальнего Востока России в условиях холодного и сухого климата МИС 2. Потепление в раннем голоцене вызвало миграцию *P. densiflora* на крайний юг Дальнего Востока России. При максимальном потеплении в среднем голоцене ареал *P. densiflora* достиг центрального Приморья. Похолодание в начале позднего голоцена привело к сокращению распространения *P. densiflora* в регионе. При последующем потеплении во второй половине позднего голоцена *P. densiflora* вновь заняла господствующее положение в южном и центральном Приморье. В течение последних двух столетий ареал *P. densiflora* в регионе начал деградировать из-за антропогенного воздействия.

Ключевые слова: *Pinus densiflora*, спорово-пыльцевой анализ, радиоуглеродное датирование, климатические изменения, поздний неоплейстоцен, голоцен

CHANGES OF THE *PINUS DENSIFLORA* DISTRIBUTION IN THE PRIMORYE DURING THE LATE NEOPLEISTOCENE AND THE HOLOCENE

Belyanin P.S.,

Pacific Geographical Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok

Annotation. The aim of the present work is to reconstruct the distribution of *Pinus densiflora* in the south of the Primorye during the Late Pleistocene (MIS 2) and the Holocene based by pollen records and chronological data. We found that *P. densiflora* did not grow in the south of the Russian Far East under cold and dry climate of the MIS 2. Warming in the Early Holocene caused the expansion of *P. densiflora* to the region. Under maximum warming during the Middle Holocene, *P. densiflora* range reached the Central Primorye on the south of the Russian Far East. The cooling at the beginning of the Late Holocene caused the decrease of *P. densiflora* distribution in the south of the Russian Far East. Under subsequent warming during the second half of the Late Holocene, *Pinus densiflora* has taken again a dominant position in the Southern and the Central Primorye. During the last two centuries, *P. densiflora* range in the region began to degrade, due to the anthropogenic influence.

Keywords: *Pinus densiflora*, spore-pollen analysis, radiocarbon dating, climatic changes, Late Neopleistocene, Holocene

Введение. Изменение распространения растений в прошлом – интересный, но не до конца изученный вопрос эволюции растительности. Этот процесс является характерным следствием прямой и естественной реакции растительности на климатические колебания, на которые в последние тысячелетия наложилось антропогенное воздействие. Климат оказывает далеко идущее влияние на конфигурацию ареалов растений и является ключевым фактором их пространственного распределения. При климатических колебаниях происходит заметное

смещение горизонтальных и высотных границ ареалов растений, что приводит к значительным изменениям видового состава растительности [19]. Даже слабые климатические колебания вызывают значительные пространственные миграции растений, которые наиболее заметны и выражены вблизи границ их ареалов.

Одним из таких регионов является юг российского Дальнего Востока, относящийся к умеренной климатической зоне с элементами субтропического климата. Он находится в зоне контакта и перекрытия ареалов представителей Восточно-Азиатских (Японо-Китайских) и Бореальных флор [6]. У 30 из 183 видов сосудистых растений распространение на материковом побережье Азии ограничено южным Приморьем [12], в том числе у сосны густоцветковой (*Pinus densiflora*). Поэтому с большой долей вероятности можно утверждать, что даже слабые абиотические изменения в прошлом приводили к заметным изменениям структуры растительности на крайнем юге Дальнего Востока России [7; 5; 10].

Вследствие колебаний температуры, влажности и изменений муссонной циркуляции в Восточной Азии [20] на юге российского Дальнего Востока в позднем неоплейстоцене произошли масштабные и многократные перестройки растительного покрова [3; 4; 7]. Однако пространственно-временные миграции растений в этом регионе в прошлом слабо изучены. По-видимому, скудность таких данных обусловлена слабым развитием палеоботанических исследований в этом регионе. Целью данной работы является реконструкция пространственно-временного распространения *Pinus densiflora* на юге российского Дальнего Востока в позднем неоплейстоцене (MIS 2) и голоцене.

Материалы и методы. Район исследования. Районом исследования является юг Дальнего Востока России, расположенный в Северо-Восточной Азии (Рис. 1). Он расположен между 42°18' с. ш. и 50°07' с. ш. и 130°57' в. д. и 140°52' в. д. На востоке регион омывается Японским морем (Восточным морем). Граничит с Китаем, Северной Кореей и Японией.



Рис. 1. Современный ареал *Pinus densiflora* [16]. 1 – современный ареал *P. densiflora*, 2 – Приморье, 3 – основные города, 4 – основные реки.

Современный ареал *Pinus densiflora*. Географический ареал *P. densiflora* в основном расположен в пределах 32–45,3° с.ш. и 114–141° в.д. (см. рис. 1), в Китае (Шаньдун, Цзянсу, восточный и южный Хэйлунцзян, северо-восточный Цзянсу, юго-восточный Цзилинь, Ляонин, восточный и северный Шаньдун), Японии (южный Хоккайдо, Хонсю, Сикоко, Кюсю), Южной и Северной Корее [13]. Южная граница ареала *P. densiflora* находится на острове Чеджу в Южной Корее, примерно на 33°20' с.ш. Северная граница ареала *P. densiflora* находится на юге российского Дальнего Востока. Этот вид образует там растительные сообщества, редкие для флоры России [8;16]. Ботаническое описание. *Pinus densiflora*, корейская красная сосна или красная японская сосна, является представителем семейства Pinaceae, рода *Pinus*, подрода *Diploxylon*. Это вечнозеленое хвойное дерево. Оно достигает 30 м в высоту, с диаметром ствола до 1,5 м. Его хвойные листья имеют длину 8–12 см, по два в пучке. Шишки имеют длину 4–7 см [11].

Pinus densiflora – эндемичное дерево Восточной Азии. Он встречается в субтропических, умеренных и суббореальных климатических зонах Восточной Азии [15]. Этот вид является одним из основных лесообразующих видов в районе перехода от океанического к муссонно-континентальному климату [8]. *P. densiflora* очень светолюбив, морозо- и засухоустойчив и требует активной температуры от 2300 до 3600°C, с годовым количеством осадков от 900 до 2000 (4000) мм [11].

Основными климатическими факторами, влияющими на географическое распространение *P. densiflora*, являются осадки самого теплого квартала года (650–800 мм), сезонная температурная активность (900–1050°C), среднегодовая температура (10–13°C) и средняя температура самого влажного квартала (23–24°C) [14].

Местообитания *P. densiflora* на юге российского Дальнего Востока, как правило, приурочены к прибрежным и горным районам. На юге Корейского полуострова она иногда достигает высоты 2300 м над уровнем моря [18]. На юге Дальнего Востока, верхняя высотная граница его распространения не превышает 600–700 м над уровнем моря. Вблизи северной границы ареала *P. densiflora* растет рощами, которые представлены отдельными деревьями среди широколиственных и хвойно-широколиственных лесов, а также кустарниковых зарослей. Она произрастает преимущественно на южных, хорошо изолированных, сухих безлесных склонах, скалах и вершинах скалистых хребтов [11]. На Приханкайской равнине и на побережье залива Петра Великого *P. densiflora* произрастает на песчаных почвах [8].

Методы и подходы исследования. Для реконструкции пространственно-временного распределения *P. densiflora* на юге российского Дальнего Востока в позднем неоплейстоцене и голоцене мы проанализировали таксономическую структуру датированных пыльцевых летописей [1; 2; 3; 4; 9; 17]

Результаты и их обсуждение. Изменения содержания *Pinus densiflora* в пыльцевых летописях. В позднеплейстоценовых отложениях (МИС 2, 33,5–11,7 тыс. кал. л. н.) пыльца *Pinus densiflora* не зарегистрирована ни в одном из изученных разрезов и скважин с юга Дальнего Востока России.

В отложениях раннего голоцена возрастом (11,7–8,2 тыс. кал. л. н.) ископаемые пыльцевые зерна *P. densiflora* были обнаружены только в Южном Приморье. Они зафиксированы в отложениях всех изученных разрезов и скважин, вскрывших отложения этого возраста. Процентное содержание пыльцы *P. densiflora* довольно высокое. Оно колеблется от 1,6 до 21,7 % (приблизительно 4,6 % в среднем). Наиболее полные и длиннейшие пыльцевые записи в Южном Приморье были получены из донных отложений оз. Карасье и оз. Утиное. Наибольшее процентное содержание пыльцы *P. densiflora* отмечено в разрезе 272 на глубине 1,90–1,95 м.

В отложениях среднего голоцена (8,2–4,2 тыс. кал. л. н.) пыльца *P. densiflora* была обнаружена во всех разрезах и скважинах Южного Приморья, а также большинстве из них в Центральном Приморье. При этом, наибольшее содержание пыльцы (1,8–10 %, в среднем

около 3,2 %), зафиксировано в Южном Приморье. Севернее, в Центральном Приморье, его процентное содержание уменьшается и колеблется от 2,3 до 3,8 % (в среднем около 1,6 %). Ископаемая пыльца *P. densiflora* в отложениях среднего голоцена Северного Приморья не была обнаружена.

В отложениях позднего голоцена (4,2 тыс. кал. л. н. – по настоящее время) ископаемая пыльца *P. densiflora* встречается в основном на крайнем юге Дальнего Востока – в Южном Приморье и на юге Центрального Приморья. Ее процентное содержание колеблется от 1,8 до 25,9 % (в среднем около 8,5 %). Наибольший процент пыльцы *P. densiflora* отмечен в поперечном разрезе 1 508 на глубинах 1,9 и 2,7 м. В Центральном Приморье процентное содержание ее пыльцы относительно невелико, приблизительно 0,8 % (варьируется от 0 до 2,3 %). Ископаемая пыльца *P. densiflora* из отложений Северного Приморья не найдена (см. рис. 7).

Заключение

Изменение таксономической структуры пыльцевых летописей позволил реконструировать изменение распространение *P. densiflora* на юге Дальнего Востока в позднем неоплейстоцене (МИС 2) и голоцене. Полученные данные показали, что *P. densiflora* не произрастала на юге российского Дальнего Востока в условиях холодного и сухого климата в период МИС 2, когда в региональной растительности преобладали более холодостойкие растения, характерные для лесотундровой зоны. В это время, ареал *P. densiflora* располагался южнее. Быстрое глобальное потепление, ознаменовавшее начало раннего голоцена, вызвало глобальное изменение растительности. Более теплолюбивые растения начали распространяться в континентальных экосистемах юга Дальнего Востока России с Корейского полуострова и Северо-Восточного Китая. Вследствие потепления ареал *P. densiflora*, синхронно с повышением температуры и влажности, сместился на север и около 10,5 тыс. кал. л. н. назад достиг южного Приморья. Это теплолюбивое дерево стало доминирующим элементом растительности в южной части южного Дальнего Востока России. В это время на юге Дальнего Востока России началось формирование современного облика растительности. Однако, ареал *P. densiflora* еще не достигал Центрального Приморья. По-видимому, климат в регионе еще не стал благоприятным для распространения этого вида. При дальнейшем потеплении, достигшим в среднем голоцене максимума, ареал *P. densiflora* сместился еще дальше на север и достиг Центрального Приморья, который характеризуется более холодным и сухим климатом, чем Южное Приморье. Региональная растительность характеризовалась более разнообразным видовым составом по сравнению с современным. Однако даже в самых благоприятных природных условиях среднего голоцена *P. densiflora* не достиг Северного Приморья, где климат был гораздо суше и холоднее, чем в Южном и Центральном Приморье. Похолодание, произошедшее в начале позднего голоцена, вновь сократило распространение *P. densiflora* на юге Дальнего Востока. Ее ареал сместился южнее. Тем не менее, *P. densiflora* сохранился на крайнем юге Южного Приморья. По-видимому, это дерево занимало хорошо изолированные склоны южной экспозиции. Природные условия, возникшие в результате потепления во второй половине позднего голоцена, прерываемого короткими эпизодами похолодания, определили формирование современной растительной структуры южного Дальнего Востока России. Ареал распространения *P. densiflora* снова сместился севернее. Широколиственные леса с *P. densiflora* и *Pinus koraiensis* стали доминирующими в экосистемах Южного и Центрального Приморья. Стоит отметить, что за последние два столетия растительность на юге Дальнем Востоке России начала быстро деградировать из-за интенсивного антропогенного воздействия. В результате вырубки лесов и пожаров значительные площади широколиственных лесов с *P. densiflora* были заменены вторичными лесами и кустарниковыми зарослями. Поэтому в настоящее время *P. densiflora* не образует

непрерывного ареала на юге Дальнего Востока России. Несмотря на это, ареал *P. densiflora* в значительной степени сохранил очертания в регионе.

Литература

1. Алексеев М.Н., Голубева Л.В. 1980. К стратиграфии и палеогеографии верхнего плейстоцена южного Приморья // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. – № 50. – С. 96–107.
2. Андерсон П.М., Белянин П.С., Белянина Н.И., Ложкин А.В. 2017. Эволюция растительного покрова западного побережья залива Петра Великого в позднем неоплейстоцене-голоцене // Тихоокеанская геология. – Т. 36. – № 4. – С. 206–215.
3. Белянин П.С., Белянина Н.И. К эволюции растительного покрова Приханкайской впадины и ее горного обрамления в позднем неонеоплейстоцене-голоцене (по палинологическим данным) // Тихоокеанская геология, 2012. Т. 31. № 2. С. 96–100.
4. 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.
5. 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.
6. Камелин Р.В. Флора Восточной Азии и ее генезис. *Turczaninowia*. – 2022. – Т. 25. – № 3. С. 5–16. <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.25.3.1>
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. Крестов П.В., Верхолат В.П. Редкие растительные сообщества Приморья и Приамурья. – Владивосток: ДВО РАН, 2003. – 200 с.
9. 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.
10. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А. и др. Васьковское болото как природный архив изменений среды Сихотэ-Алинского биосферного района в позднем голоцене. Тихоокеанская география. – 2025. – № 3. – Т. 23. – С. 44–64.
11. Урусов В.М., Лобанова И.И., Варченко Л.И. Хвойные российского Дальнего Востока – ценные объекты изучения, охраны, разведения и использования. – Владивосток: Дальнаука, 2007. – 440 с.
12. Чубарь Е.А. Природные особенности района р. Туманной в нижнем течении и сопредельной территории. В: Касьянов В.Л. и др. (Ред.), Состояние окружающей среды и биоты юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Том 2. Владивосток, 2000. С. 15–41.
13. Critchfield W.B., Little E.L.Jr. Geographic distribution of the pines of the World. Miscellaneous publication 991. – Washington: U.S. Department of Agriculture, 1966. – 97 p.
14. Duan X., Li J., Wu S. MaxEnt modeling to estimate the impact of climate factors on distribution of *Pinus densiflora*. *Forests*. – 2022. – Vol. 13. – № 3. – 402 p.

15. Kremenetski C.V., Liu K., MacDonald G.M. The Late Quaternary dynamics of pines in northern Asia. In: Ecology and Biogeography of *Pinus* (D.M. Richardson, ed.). P. 95–106. Cambridge University Press, 1998.
16. 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.
17. Mikishin, Y.A., T.I. Petrenko, I.G. Gvozdeva & A.N. Popov 2008. 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, pp. 82–94, Tokyo.
18. Ohwi J. Flora of Japan. – Washington: Switsonian Institute, 1965. – 1067 pp.
19. Razjigaeva N., Ganzey L, Grebennikova T., Mokhova T., Kopoteva T., Kudryavtseva T., Belyanin P., Panichev A., Arslanov Kh., Maksimov F., Korniyushenko T. Holocene mountain landscape development and monsoon variation in the southernmost Russian Far East. *Boreas*, 2021. – Vol. 2. – № 50. – Pp. 1043–1058.
20. 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. *Journal of Ecology and Environment*. – 2021. – Vol. 45. – № 7. – Pp. 62–71.
21. Yi S., Kim S.J. Vegetation changes in western central region of Korean Peninsula during the last glacial (ca. 21.1–26.1 cal kyr BP). *Geoscience Journal*. – 2010. – Vol. 14. – Pp. 1–10.