Влияние нарушений полога древостоя на изменчивость климатического отклика *Abies nephrolepis* на юго-востоке России

М.Е. Рублева[1], А.С. Возмищева[1], С.Н. Бондарчук[2]

[1]Сибирский федеральный университет, г. Красноярск
[2]Сихотэ-Алинский государственный природный биосферный заповедник, п. Терней

Ключевые слова: нарушения полога, изменения климата, возрастная структура, годичные кольца, Abies nephrolepis, Дальний Восток

Изменения климата и нарушения полога приводят к таким динамичным процессам как изменение структуры и состава лесных сообществ (Altman et al., 2018; Dommain et al., 2015). Ускоренные темпы повышения температуры воздуха в приземном слое со второй половины XX века, миграция тропических циклонов к полюсам, учащение катастрофических явлений уже отразились на многих лесных экосистемах мира (Deb et al., 2018; Korznikov et al., 2019; Ruiz-Pérez et al., 2020; Vozmishcheva et al., 2019). Одним из методов оценки поддержания устойчивости лесов в условиях изменения внешних факторов является дендрохронологический анализ (Roshani et al., 2022).

Кедрово-широколиственные леса в горах среднего Сихотэ-Алиня (Дальний Восток) имеют высокую значимость как ненарушенные, разновозрастные, сложные по структуре сообщества с доминированием в пологе сосны корейской (*Pinus koraiensis* Siebold & Zucc.). Одним из ключевых видов кедрово-широколиственных лесов является пихта белокорая (*Abies nephrolepis* (Trautv. Ex Maxim.) Maxim). Это теневыносливый доминант второго яруса, достигающий 25 м высоты и 30 см в диаметре в благоприятных условиях (Усенко, 1984). Однако, мало что известно об её климатическом отклике в условиях изменения окружающей среды и воздействия тропических циклонов на возобновление пихты. **Цель исследования:** оценка влияния климатических факторов и нарушений полога на рост A*bies nephrolepis* на юго-востоке России.

Было отобрано 136 кернов пихты с 5 постоянных пробных площадей (ППП) Сихотэ-Алинского заповедника, расположенных на восточном макросклоне Сихотэ-Алинского хребта. Пробные площади однородны по природным условиям, тип леса – кедрово-широколиственный. Деревья пихты белокорой были отобраны в 2020 году на высоте 150-400 м н.у.м. Обработка кернов в лабораторных условиях была проведена согласно стандартным дендрохронологическим методам (Шиятов,

2000). Основываясь на метеорологических данных с 1941 г., под климатическими факторами понимались среднемесячная температура и суммарное количество осадков. Стандартизация данных о ширине годичных колец была проведена методом отрицательной экспоненциальной кривой. Расчет корреляций Пирсона между индексированной шириной годичных колец и климатическими переменными проводился в программе R пакете treeclim (Zang, Biondi, 2015), создание хронологии нарушений — в пакете TRADER (Altman et al., 2014), а также создание индексированной стандартной хронологии — в пакете dplR (Bunn, 2008). Анализ возрастной структура пихты белокорой проводился на основе древесных кернов и отображён на графике распределения количества деревьев по декадам их появления.

В результате анализа выявлена абсолютно разновозрастная структура древостоя пихты белокорой (рис. 1). Возраст пихты из выборки варьируется от 27 до 180 лет согласно перекрёстной датировке. Наибольшие всплески численности наблюдались в 1920-х, 1930-х, и 1960-х гг. Максимальное количество молодых деревьев (23% от общего числа выборки) отмечается в 1930-х гг. Молодое поколение пихты могло развиться в результате образования световых окон в лесном пологе после тропических циклонов, последствия деятельности которых зафиксированы в литературе (Elliott, Nino, 1960; Kubota et al., 2021).

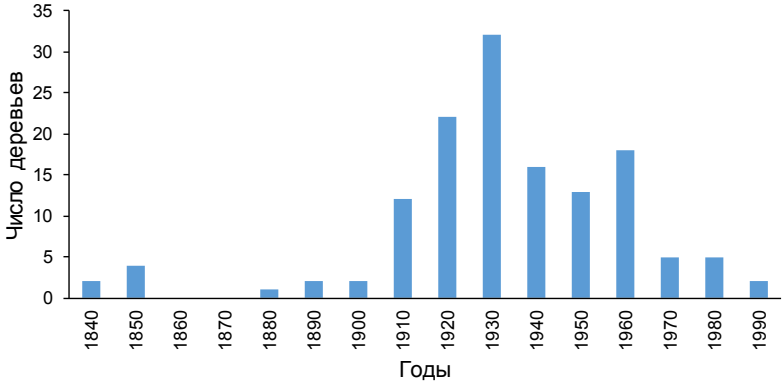


Рис. 1. Распределение количества деревьев Abies nephrolepis по периодам их появления на 5 ППП Сихотэ-Алинского заповедника. По оси абсцисс показан год начала роста деревьев, по оси ординат – количество деревьев.

Для пихты белокорой установлена наиболее выраженная отрицательная корреляция с температурой июня и сентября, а также положительная связь с осадками сентября (рис. 2), которая усилилась с ростом температур (Aubry-Kientz et al., 2015). Повышение температуры в начале вегета-

ционного периода способствовало росту пихты, что объясняется её термофильностью, при этом нехватка осадков является одним из основных факторов, ограничивающих её рост в Приморье (Манько, Гладкова, 2003).

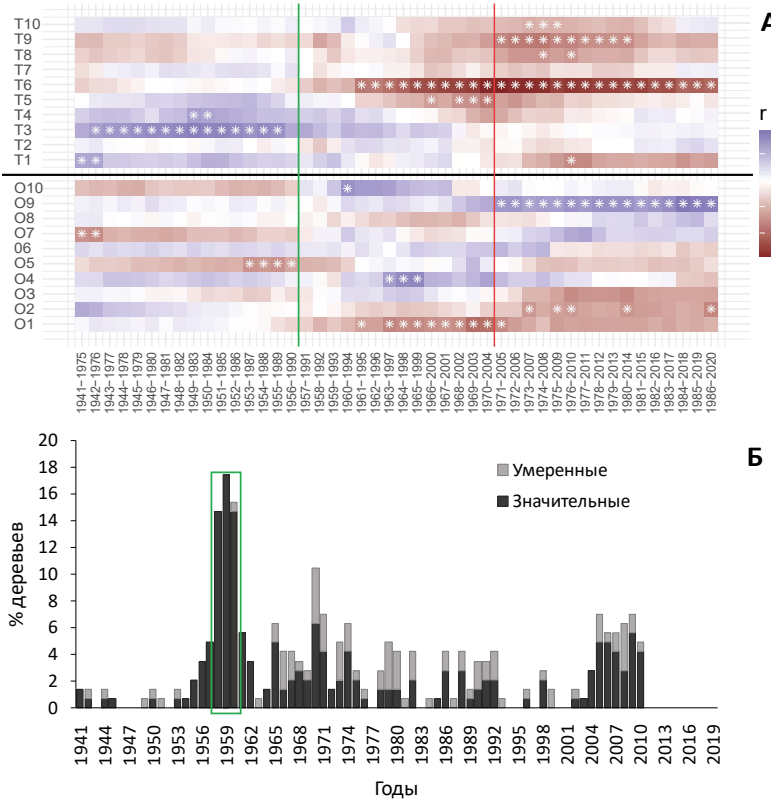


Рис. 2. Связь между климатической чувствительностью (А) и хронологией нарушений (Б) Abies nephrolepis за период 1941-2019 гг. А. Скользящая корреляционная зависимость ШГК показана со среднемесячными температурами (Т) и суммой осадков (О) с января (1) по октябрь (10) текущего года роста с длиной окна 35 лет и шагом 1 год. «» отмечены значимые значения. Шкала коэффициентов корреляции Пирсона варьируется от ячеек положительного фиолетового цвета до отрицательных ячеек темно-красного цвета. Зеленой линией отмечен тайфун "Эмма" (1956), красной - начало тренда роста температур воздуха. Б. По оси абсцисс показаны года, по оси ординат - % деревьев, показавших ускорение роста в ответ на нарушение. Значительный уровень нарушений показан тёмно-серым цветом, умеренный - светло-серым. Зеленым прямоугольником обозначен период с самым высоким % отреагировавших деревьев.*

На территории среднего Сихотэ-Алиня пихта демонстрирует высокую устойчивость к избыточному увлажнению почв, а также отличается повышенной термофильностью и теневыносливостью (Манько, Гладкова, 2003). Однако, конкуренция за влагу с другой растительностью приводит к возникновению водного стресса у пихты при её недостатке в вегетационный сезон, что приводит к замедлению роста (Lee et al., 2024).

Воздействие одного из самых мощных тайфунов XX века «Эмма» (Elliott, Nino, 1960), прошедшего в районе исследований, вероятно могло отразиться не только на усиленном росте пихты вследствие ветровалов, но и на её климатической чувствительности. Повышенная корреляция с мартовскими температурами наблюдалась в течение пяти лет после прохождения тайфуна, также как и средняя по силе связь по шкале корреляции Пирсона с температурой июня ($r>-0.3$). В результате исследования было обнаружено, что до 18% деревьев продемонстрировали ускоренный прирост, что связано с серьёзными нарушениями лесного покрова в 1958–1960 гг.

В заключение, можно отметить, что разрушительное воздействие на лесной полог тайфунов начала XX века и самого сильного по скорости ветра тайфуна прошлого века «Эмма» (1956 г.) повлияли положительным образом на возобновление *Abies nephrolepis* на юго-востоке России. Однако, ускоренный рост после образования световых окон наряду с повышением приземной температуры воздуха могли привести к изменению климатической чувствительности этого вида. Замечено, что замедление роста *Abies nephrolepis* в основном определяется температурными условиями июня в связи с водным стрессом.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 23-24-00511, https://rscf.ru/project/23-24-00511/ в лаборатории комплексных исследований динамики лесов Евразии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Манько Ю.И., Гладкова Г.А. Массовое усыхание пихтово-еловых лесов на российском Дальнем Востоке: основные итоги изучения // Комаровские чтения. 2003. №. 49. С. 131–171.

Усенко Н.В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока: справ. кн. – 3-е изд., перераб. и доп. Хабаровск: Приамурские ведомости, 2009. 271 с.

Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В. и др. Методы дендрохронологии. Учебно-методическое пособие. Красноярск: КрасГАУ, 2000. 80 с.

Altman J., Fibich P., Dolezal J. et al. TRADER: a package for tree ring analysis of disturbance events in R // Dendrochronologia. 2014. Vol. 32. № 2. P. 107–112.

Altman J., Ukhvatkina O.N., Omelko A.M. et al. Poleward migration of the destructive effects of tropical cyclones during the 20th century // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2018. Vol. 115. № 45. P. 11543–11548.

Aubry-Kientz M., Rossi V., Wagner F. et al. Identifying climatic drivers of tropical forest dynamics // Biogeosciences. 2015. Vol. 12. № 19. P. 5583–5596.

Bunn A.G.A dendrochronology program library in R (dplR) // Dendrochronologia. 2008. Vol. 26. № 2. P. 115–124.

Deb J. C., Phinn S., Butt N. et al. Climate change impacts on tropical forests: identifying risks for tropical Asia // Journal of Tropical Forest Science. 2018. Vol. 30. № 2. P. 182–194.

Dommain R., Cobb A. R., Joosten H. et al. Forest dynamics and tip-up pools drive pulses of high carbon accumulation rates in a tropical peat dome in Borneo (Southeast Asia) // Journal of Geophysical Research: Biogeosciences. 2015. Vol. 120. № 4. P. 617–640.

Elliott J.C., Nino Y. Okinawa's dry typhoons // American Midland Naturalist. 1960. Vol. 63. № 2. P. 211–222.

Korznikov K., Kislov D., Doležal J. et al. Tropical cyclones moving into boreal forests: Relationships between disturbance areas and environmental drivers // Science of the total environment. 2022. Vol. 844. № 156931. P. 1–11.

Kubota H., Matsumoto J., Zaiki M. et al. Tropical cyclones over the western north Pacific since the mid-nineteenth century // Climatic Change. 2021. Vol. 164. P. 1–19.

Lee S.J., Lee A.R., Byeon J.G., Oh S.H. Pre-drought effects on northern temperate trees and vine invasion in forest gaps hindering regeneration // Science of the total environment. 2024. Vol. 951. № 175707. P. 1–14.

Roshani G.H., Sajjad H., Kumar P. et al. Forest vulnerability to climate change: a review for future research framework // Forests. 2022. Vol. 13. № 6(917). P. 1–18.

Vozmishcheva A.S., Bondarchuk S.N., Gromyko M.N. et al. Strong Disturbance Impact of Tropical Cyclone Lionrock (2016) on Korean Pine-Broadleaved Forest in the Middle Sikhote-Alin Mountain Range, Russian Far East // Forests. 2019. Vol. 10. № 11(1017). P. 1–14.

Zang C., Biondi F. Treeclim: an R package for the numerical calibration of proxyclimate relationships // Ecography. 2015. Vol. 38. P. 431–436.

DOI: 10.5281/zenodo.14747729

УДК 574 (061.3)
Э 40

ИЭРиЖ
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

Совет молодых учёных ИЭРиЖ

Экология: факты, гипотезы, модели : материалы конф. молодых
Э 40 ученых, 14–18 октября 2024 г. / Институт экологии растений и животных УрО РАН; редкол.: А.Н. Созонтов и др. — Екатеринбург: Альфа Принт, 2024. — 259 с.

В сборнике опубликованы материалы Всероссийской конференции молодых ученых «Экология: факты, гипотезы, модели», посвященной 80-летию ИЭРиЖ УрО РАН. Конференция проходила с 14 по 18 октября 2024 г. на базе Института экологии растений и животных УрО РАН. Организаторами мероприятия выступили ИЭРиЖ УрО РАН, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина и Информационный центр по атомной энергии.

Работы участников конференции молодых ученых были представлены в форме устных и постерных докладов в рамках традиционного конкурса научных работ. Представленные исследования были посвящены проблемам дендрохронологии и структуре сообществ в контексте климатогенной и антропогенной динамики, многоуровневому изучению биоразнообразия, анализу ископаемых остатков и экологических закономерностей эволюции, выявлению механизмов инвазии чужеродных видов, а также популяционным аспектам экотоксикологии.

В оформлении обложки использована фотография победителя фотоконкурса конференции Петренко Татьяны Яковлевны.

ISBN 978-5-907887-51-0
9 785907 887510

© Авторы, 2024
© ИЭРиЖ УрО РАН, 2024
© ООО Универсальная Типография «Альфа Принт»