

3. Lê Thanh Sơn (2007), Nghiên cứu khả năng tái sinh cây sâm Ngọc Linh phục vụ công tác bảo tồn tại vùng núi Ngọc Linh thuộc xã Trà Linh, huyện Nam Trà My, tỉnh Quảng Nam, Luận văn thạc sĩ khoa học Lâm nghiệp, Trường đại học Lâm Nghiệp.
4. Viện Dược liệu (2005), “sâm Việt Nam”, Cây thuốc và động vật làm thuốc, tập II, tr.704 – 710.
5. Nguyễn Thượng Dong, Trần Công Luận và Nguyễn Thị Thu Hương (2007), Sâm Việt Nam và một số cây thuốc họ nhân sâm, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
6. Duc N.M., R. Kasai, K. Ohtani, A. Ito, N.T. Nham, K. Yamasaki and O. Tanaka, New saponins from Vietnamese ginseng: Highlights on biogenesis of dammarane triterpenoids. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol. 404, Edi., by G.R. Waller and K. Yamasaki, Plenum Press, New York and London (1996) 129.
7. Đỗ Tất Lợi, Những cây thuốc và vị thuốc Việt Nam, Nhà xuất bản Y học, 2006.
8. G. Bruszt, T. Ammour, J. Claussen, Z. Ofir, N.C. Saxena, S. Turner (2003), External Review, IUCN (International Union for Conservation of Nature).

ОСОБЕННОСТИ РОСТА *LARIX SIBIRICA* В УСЛОВИЯХ ОТСТУПЛЕНИЯ ЛЕДНИКА (РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ)

Кирдянова А.А.¹, Катютин П.Н.^{1,2}, Ганюшкин Д.А.¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук

THE FEATURES OF GROWTH OF *LARIX SIBIRICA* AFTER GLACIER RETREAT (ALTAI REPUBLIC)

Kirdyanova A.A.¹, Katjutin P.N.^{1,2}, Ganyushkin D.A.¹

¹ Saint-Petersburg State University

² Komarov Botanical Institute RAS

Аннотация. При отступании Большого Талдуринаского ледника происходит постепенное зарастание территории лиственницами сибирской, которая формирует естественные редколесья. Динамика заселения в районе исследования согласуется с основными процессами, которые наблюдаются в других регионах при первичных и вторичных сукцессиях, но имеет специфические черты. Было выделено три поколения деревьев. Младшие поколения отличаются более высокими темпами роста по сравнению с деревьями первой волны.

Ключевые слова: возрастное поколение, лиственница, лесовосстановление, Алтай, Талдуринаский ледник.

Abstract. With the retreat of the Bolshoy Taldurinsky Glacier, the territory is gradually overgrown with the Siberian larch, which forms natural sparse forests. The dynamics of the settlement in the study area is consistent with the main processes observed in other regions during primary and secondary successions, but has specific features. Three generations of trees were identified. Younger generations are characterized by higher growth rates in both trunk thickness and height compared to trees of the first wave.

Keywords: age generation, larch, reforestation, Altai, The Big Taldura Glacier.

В настоящее время на Земном шаре на фоне глобального потепления наблюдается тотальное сокращение площади, которая покрыта ледниками [13, 14]. В связи с этим становятся актуальными вопросы изучения процессов зарастания территорий, которые

освобождаются от многолетней ледяной массы. Данная работа посвящена анализу скорости роста лиственницы сибирской на участке, который в середине XIX в. был полностью покрыт льдом и освободился лишь к 80-м годам прошлого столетия [6].

Сбор полевого материала проводился на Южно-Чуйском хребте в Кош-Агачском районе (Республика Алтай) между 49°50' и 49°51' с. ш., 87°42' и 87°43' в. д. на высоте 2400–2500 м над уровнем моря. Для анализа отбирались деревья лиственницы с диаметром ствола на высоте груди от 7,5 см, произрастающие на разном удалении от современной границы ледника (от 2500 м до 5500 м). Деревья бурились при помощи возрастного бурава Пресслера на высоте 0,3 м и 1,3 м от поверхности земли. В камеральных условиях керны были наклеены на специальные держатели и зашлифованы наждачной бумагой для лучшей видимости и увеличения контрастности рисунка годовичных колец. Затем на полуавтоматической установке LINTAB-6 проводилось измерение радиального прироста и числа годовичных колец. После этого полученные индивидуальные хронологии перекрестно датировались визуально и с помощью программы TSAP-WIN [17]. Возраст деревьев, у которых керны не прошли через сердцевину, устанавливался индивидуально для каждой особи по методике, подробно изложенной в литературных источниках [4, 5, 8, 12]. Для этого использовались калибровочные уравнения с учетом измеренного числа годовичных колец и величины среднего «начального» прироста за 5 лет.

Проведенный анализ показал, что выбранные нами деревья отличаются по возрасту. Средний возраст лиственницы, измеренный по кернам, взятым на высоте 1,3 м, равен 53 ± 24 годам. Минимальное значение возраста составило 18 лет, а максимальное – 106 лет. Возраст деревьев, определенный на высоте 0,3 м, находится в пределах от 23 до 117 лет и в среднем составляет 61 ± 27 год. Теперь выберем из всей совокупности анализируемых деревьев те, у которых возрастные керны прошли через сердцевину или расстояние от ближайшего годовичного кольца составило не более 10 мм от нее. Они были разделены по возрасту на три части, которые соответствуют разным поколениям: I поколение – возраст 75–99 лет, II поколение – возраст 47–64 года и III поколение – возраст 30–35 лет. Растянутая во времени цикличность заселения территории лиственницей связана с жесткими почвенно-климатическими условиями, оказывающими влияние как на генеративную сферу вида, начиная с момента закладки микро- и макростробилов, так и на процессы укоренения и приживаемости всходов и подроста. В целом для лиственницы сибирской даже в благоприятных условиях характерна низкая всхожесть семян в пределах от 0–0,5 до 20–40% [7, 10]. Согласно Милютину с соавторами (2013 г.), которые исследовали показатели качества семян, собранных в наиболее продуктивных лиственничных лесах на сопредельных территориях между Российской Федерацией и Монголией, лабораторная всхожесть семян достигала 50,7–73,6%. И если в высокогорных лесах Южно-Чуйского хребта подрост представлен единичными особями разного возраста, то при благоприятном гидротермическом режиме после проведения рубки или пожара его численность может достигать нескольких тысяч [2, 9]. При изучении динамических процессов на полуострове Ямал на большом количественном материале было показано, что пополнение новыми деревьями древесного яруса в растительных сообществах, начиная с 1850-х годов по наше время, происходит непрерывно. Причем на северной границе редколесий, где появление лиственницы носит взрывной характер с максимумом в 60-е–70-е годы XX века, плотность древесного яруса возросла в 9–31 раз. Такую активность лесовосстановления авторы связывают с увеличением количества осадков, которые приходятся на летние месяцы (коэффициент корреляции $R = 0,69–0,74$, уровень

значимости $p < 0,05$). А в чистых лиственничных лесах это явление происходит равномерно, без всплесков и при скорости ниже в 1,5–4 раза по сравнению с редколесьями. В сомкнутом лесу ни температура воздуха, ни количество осадков не оказывают такого влияния на выживание новых особей [1].

Для лиственничных редколесий уже была выявлена цикличность при появлении новых поколений лиственницы, которая связана с колебаниями температур [11, 16]. Так, в условиях Приполярного Урала с середины прошлого тысячелетия продолжительность одного цикла составляла 140–160 лет, который включал как благоприятный для лесовосстановления и распространения лиственницы период 60–70 лет, так и неблагоприятный период 70–80 лет, когда процесс лесовозобновления угасал, а в древостоях наблюдалось изреживание и даже полное усыхание [11]. Полученные различия в продолжительности цикла заселения лиственницей на Полярном Урале и на Северном Алтае могут быть связаны с рядом причин. Во-первых, это существенные отличия условий лесообразования при вторичной и первичной сукцессии, соответственно. Во-вторых, региональные особенности динамики климатических величин. В-третьих, современные циклы отличаются по продолжительности и степени проявления и не имеют выраженной периодичности [3].

При детальном сравнении возрастов, определенных на двух высотах ствола, было выявлено отсутствие достоверной связи между рассматриваемыми характеристиками (критерий Стьюдента $t = 2,2$, уровень значимости $p \leq 0,05$), что обусловлено различиями по скорости роста в высоту у разных деревьев. При этом линейный прирост в высоту у I поколения составил 0,06–0,09 м в год, а у II и III поколений 0,16 м в год. 2–2,5-кратное преимущество по величине линейного прироста одних деревьев над другими связано с более благоприятными условиями, в которых произрастали более молодые поколения. Это может быть связано с динамикой средней температуры летних месяцев (июнь, июль, август), которая по данным ближайшей метеостанции Кара-Тюрек ($50^{\circ}01'55''$ с. ш.; $86^{\circ}27'04''$ в. д.) была относительно стабильна до начала 1980-х годов, а с 1983 года увеличилась на $1,33^{\circ}\text{C}$ ($p < 0,001$). Годовые и летние суммы осадков не показали статистически значимых изменений ($p > 0,05$) [15]. Для Кузнецкого Алатау также было установлено, что скорость линейного роста младших поколений лиственницы выше в ~2,5 раза, чем более старших, а периоды возобновления совпадают с периодами повышения радиального прироста и приурочены к улучшениям термического режима во время двух летних месяцев (июнь–июль) в высокогорьях [16].

Проведенное исследование показало, что после освобождения территории от Большого Талдурина ледника ее зарастание лиственницей сибирской проходило в три этапа с двумя перерывами в ~30 лет. В настоящее время деревья не конкурируют между собой, поскольку являются отдельно стоящими. Рост и развитие этих деревьев определяется в первую очередь продолжительностью вегетационного периода и несформированным почвенным профилем. В дальнейшем при благоприятных экологических условиях ожидается поступление новых диаспор в сообщество и при отсутствии катастрофических воздействий будет формироваться разновозрастный древостой.

Работа проводилась в рамках проекта РНФ 22-67-00020.

Библиографический список

1. Бессонова В.А., Кукарских В.В., Дэви Н.М. и др. Влияние климата на возрастную структуру древостоев в экотоне северной границы леса на полуострове Ямал //

- Лесотехнический журнал. 2023. Т. 13. № 4 (52). Ч. 2. С. 5–22. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.4/14>.
2. Бочаров А.Ю. возрастная структура высокогорных насаждений Южно-Чуйского хребта (Горный Алтай) // Интерэкспо Гео-Сибирь, 2015. С. 95–98.
3. Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. 1980.- Л.: Гидрометеиздат. – С – 350.
4. Катютин П.Н., Ставрова Н.И. Взаимосвязь возраста и величины диаметра особей в ценопопуляциях ели сибирской на разных стадиях послепожарных сукцессий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1 (5). С. 1257–1260.
5. Катютин П.Н., Ставрова Н.И., Горшков В.В. и др. Начальный радиальный прирост разных поколений сосны обыкновенной в средневозрастных лесах Кольского полуострова // Лесоведение. 2021. №5. С. 472–493.
6. Окишев П.А. Рельеф и оледенения Русского Алтая. Томск, Изд-во Томского ун-та. 2011. 382с.
7. Пименов А. В., Аверьянов А. С., Седельникова Т. С. Внутривидовая изменчивость качества семян и развития сеянцев *Larix sibirica* Ledeb. при посевном эксперименте // Сибирский лесной журнал. 2021. № 3. С. 17–26. DOI: 10.15372/SJFS20210302
8. Румянцев Д. Е., Черакшев А. В. Методические подходы для определения возраста деревьев // Принципы экологии. 2020. № 4. С. 104–117.
9. Слемнев Н.Н., Катютин П.Н., Шереметьев С.Н., Ярмишко В.Т. Динамика лиственничных лесов Центрального Хангая (Монголия) // Ботанический журнал. 2017. Том 102. №10. С. 1379–1401.
10. Телятников М. Ю., Пристяжнюк С. А. Особенности прорастания семян лиственницы сибирской на северном пределе ее ареала в Западной Сибири // Лесоведение. 1999. № 4. С. 73–76.
11. Шиятов С. Г. Возрастная структура и формирование древостоев лиственничных редколесий на верхней границе леса в бассейне реки Соби (Полярный Урал) // География и динамика растительного покрова. Сер. Труды ин-та биологии. Т. 2. Свердловск. Уральский филиал АН СССР. 1965. С. 81–96.
12. Шиятов С. Г. К методике определения возраста деревьев, произрастающих на верхней границе леса // Известия высших учебных заведений – Лесной журнал, 1963. № 3. С. 166–167.
13. Barry R. G. The status of research on glaciers and global glacier recession: a review // Prog. Phys. Geogr. 2006. Vol. 30. № 3. P. 285–306.
14. Buma B., Bisbing S., Krapek J., Wright G. A foundation of ecology rediscovered: 100 years of succession on the William S. Cooper plots in Glacier Bay, Alaska // Ecology. 2017. Vol. 98. I. 6. P. 1513–1523. DOI: 10.1002/ecy.1848.
15. Kirilyanov, A.V.; Arzac, A.; Kirilyanova et al. Tree-Ring Chronologies from the Upper Treeline in the Russian Altai Mountains Reveal Strong and Stable Summer Temperature Signals. Forests. 2024. Vol. 15. P. 1402. DOI: <https://doi.org/10.3390/f15081402>
16. Moiseev P. A. Effect of Climatic Changes on Radial Increment and Age Structure Formation in High-Mountain Larch Forests of the Kuznetsk Ala Tau // Russian Journal of Ecology. 2002. Vol. 33. № 1. P. 7–13. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1013659319452>
17. Rinn F. TSAP Version 3.5. Reference Manual. Computer program for tree-ring analysis and presentation. Helenberg, Germany. Frank Rinn. 1996. P. 264