

Научная статья  
УДК 574.36:630\*533

**КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРИРОСТА ФИТОМАССЫ  
ЛИСТВЕННОЙ СИБИРСКОЙ В ЭКОТОНЕ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ  
ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ПОЛЯРНОМ УРАЛЕ  
ЗА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД (2018–2023 ГГ.)**

**Екатерина Антоновна Костоусова<sup>1</sup>, Егор Богданович Коритняк<sup>2</sup>,  
Дмитрий Дмитриевич Стратонов<sup>3</sup>, Егор Михайлович Агапитов<sup>4</sup>**

<sup>1–4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,

Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> kostousova-katya@mail.ru

<sup>2</sup> koritnyak@bk.ru

<sup>3</sup> stratonovdd@m.usfeu.ru

<sup>4</sup> agapitovem@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Исследована динамика ЭВГДР на Полярном Урале в 2018–2023 гг. Выявлено увеличение сомкнутости крон лиственницы сибирской, прирост фитомассы на 2–76 % и сокращение доли многоствольных форм с 49 до 42,8 %.

**Ключевые слова:** изменение фитомассы, верхняя граница леса, Полярный Урал, *Larix Sibirica* Ledeb

**Благодарности:** работа выполнена за счет средств гранта РФ № 24-24-00235.

**Для цитирования:** Количественная оценка прироста фитомассы лиственницы сибирской в экотоне верхней границы древесной растительности на Полярном Урале за пятилетний период (2018–2023 гг.) / Е. А. Костоусова, Е. Б. Коритняк, Д. Д. Стратонов, Е. М. Агапитов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 153–156.

Original article

**QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE GROWTH OF THE  
SIBERIAN LARCH IN THE ECOTON OF THE UPPER BOUNDARY  
OF WOODY VEGETATION IN THE POLAR URALS OVER  
A FIVE-YEAR PERIOD (2018–2023)**

**Ekaterina A. Kostousova<sup>1</sup>, Egor B. Koritnyak<sup>2</sup>, Dmitry D. Stratonov<sup>3</sup>,  
Egor M. Agapitov<sup>4</sup>**

<sup>1-4</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> kostousova-katya@mail.ru

<sup>2</sup> koritnyak@bk.ru

<sup>3</sup> stratonovdd@m.usfeu.ru

<sup>4</sup> agapitovem@m.usfeu.ru

**Abstract.** The dynamics of EVGDR in the Polar Urals in 2018–2023 were studied. An increase in the crown density of Siberian larch, an increase in phytomass by 2–76 %, and a decrease in the proportion of multi-stemmed forms from 49 % to 42,8 % were revealed.

**Keywords:** change in phytomass, upper forest boundary, Polar Urals, *Larix Sibirica* Ledeb

**Acknowledgments:** the work was supported by a grant from the Russian Science Foundation (project No. 24-24-00235).

**For citation:** Kolichestvennaya ocenka prirosta fitomassy listvennicy sibirskoj v ehkotine verkhnej granicy drevesnoj rastitel'nosti na Polyarnom Urale za pyatiletnij period (s 2018 po 2023 gody) [Quantitative assessment of the growth of the siberian larch in the ecoton of the upper boundary of woody vegetation in the Polar Urals over a five-year period (from 2018 to 2023)] (2026) E. A. Kostousova, E. B. Koritnyak, D. D. Stratonov, E. M. Agapitov. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : materials of the XXII All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 153–156. (In Russ).

В течение последних семи столетий (с конца XIII по XXI вв.) в экотоне верхней границы древесной растительности (ЭВГДР) на Полярном Урале наблюдались значительные колебания площади и пространственного положения лиственничных фитоценозов [1, 2]. Эта динамика детерминирована крупномасштабными климатическими изменениями в голоцене, в частности, переходом от средневекового климатического оптимума к малому ледниковому периоду (МЛП), продолжавшемуся с конца XIII до конца XIX вв.

Для количественной оценки современных изменений в лесотундровых сообществах юго-восточного макросклона горного массива Рай-Из

(Полярный Урал) были заложены три высотные трансекты в градиенте верхней границы древесной растительности. Каждая из трех трансект состоит из трех круговых пробных площадей (КПП) радиусом 11 м, в пределах которой проводился сплошной перебор и измерение биометрических показателей экземпляров лиственницы сибирской на всех стадиях онтогенеза (от всходов до генеративных деревьев) [3, 4]. Классификацию фитоценозов осуществляли на основе горизонтальной сомкнутости крон: ST – «тундра с единичными деревьями» (0–9 %), LF – «редины» (10–25 %), OF – «редколесья» (26–60 %), CF – «сомкнутые леса» (61–100 %).

Сравнительный анализ структуры популяции лиственницы сибирской в 2018 и 2023 гг. выявил тенденцию увеличения сомкнутости их крон. Если в 2018 г. распределение количества пробных площадей по типам фитоценозов было следующим: ST – 5, LF – 2, OF – 2, то к 2023 г. оно изменилось на 3, 4 и 2 соответственно. Уменьшение доли тундровых участков с единичными деревьями (ST) и увеличение площади редины (LF) свидетельствует об увеличении плотности древостоя и начале экспансии лиственницы в ранее безлесные высокогорные тундровые биотопы.

Для оценки продукционных процессов был определен запас надземной фитомассы древостоев с использованием модели нелинейной регрессии и формул расчета фитомассы, где входным параметром выступал диаметр ствола у корневой шейки [5]. Расчеты показали, что абсолютный прирост фитомассы лиственницы на пробных площадях за пятилетний период составил от 2 до 76 %, относительно показателей 2018 г. Наибольшие абсолютные приросты наземной фитомассы показали пробные площади, которые были отнесены к типу редколесья (OF), наименьшие – в тундре с единичными деревьями (ST).

Важным индикатором изменения условий является также морфологическая структура древостоя. В суровых условиях малого ледникового периода и начальных фаз потепления адаптивной стратегией лиственницы сибирской было формирование многоствольных и стланиковых форм, обеспечивающих ее выживание под защитой снежного покрова, а также повышающих ее устойчивость к ветровалу. Установлено, что вклад многоствольных особей в общую фитомассу сократился с 49 % в 2018 до 42,8 % в 2023 гг. Это снижение демонстрирует сдвиг в стратегии адаптации популяции в сторону доминирования одноствольных форм.

Таким образом, комплекс полученных данных свидетельствует о смене типов фитоценозов в сторону формирования более сомкнутых древостоев, увеличению прироста фитомассы в интервале 2–76 % и изменения соотношения жизненных форм лиственницы с многоствольной на одноствольную – указывают на активизацию динамических процессов в экотоне верхней границы древесной растительности и смещение границы распространения древесной растительности в высокогорные тундровые биотопы.

*Список источников*

1. Шиятов С. Г., Мазепа В. С. Современная экспансия лиственницы сибирской в горную тундру Полярного Урала // Экология. 2015. № 6. С. 403–410. DOI: 10.7868/S0367059715060165
2. Fomin V. V., Shiyatov S. G., Mikhailovich A. P. Trees in the Upper Tree-line Ecotone in the Polar Urals : Centuries-Old Change and Spatial Patterns // Mountain Research and Development. 2020. Vol. 40, No. 2. P. R32-R40. DOI: 10.1659/MRD-JOURNAL-D-20-00002.1
3. Reconstruction of the Expansion of Siberian Larch into the Mountain Tundra in the Polar Urals in the 20th-Early 21st Centuries / V. Fomin, A. Mikhailovich, D. Golikov, E. Agapitov // Forests. 2022. Vol. 13, No. 3. DOI: 10.3390/f13030419
4. Методика распознавания лиственницы сибирской на верхнем пределе ее произрастания на Полярном Урале с использованием снимков беспилотного летательного аппарата / Е. М. Агапитов, В. Е. Рогачев, А. П. Михайлович, В. В. Фомин // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XVIII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции, Екатеринбург, 04–15 апреля 2022 года. Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. С. 7–11.
5. Carbon Storage by Siberian Larch in the Upper Treeline Ecotone in the Polar Urals / A. P. Mikhailovich, V. V. Fomin, D. Yu. Golikov [et al.] // Russian Journal of Ecology. 2025. Vol. 56, No. 3. P. 200–207. DOI: 10.1134/S1067413624603695