

Научная статья  
УДК 630.568

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ СОСНЫ СИБИРСКОЙ (*PINUS SIBIRICA DU TOUR*) В УСЛОВИЯХ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА АЛТАЕ-САЯНСКОГО ГОРНО-ТАЕЖНОГО РАЙОНА

Антон Максимович Громов<sup>1</sup>, Андрей Андреевич Григорьев<sup>2</sup>,  
Павел Александрович Моисеев<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Институт экологии растений и животных УрО РАН,  
Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> heytonny@yandex.ru

<sup>2</sup> grigoriev.a.a@ipae.uran.ru

<sup>3</sup> moiseev@ipae.uran.ru

**Аннотация.** Использование всех компонентов деревьев (древостоев) имеет колоссальное экономическое значение. Отходы древесины после проведения лесосечных работ (кора, хвоя, ветви) широко используются в целлюлозно-бумажной, сельскохозяйственной и химической промышленности. Немаловажной задачей является изучение биологической продуктивности лесов, так как именно показатель скорости накопления и запаса образования биологической продукции (биомассы) играет важнейшую роль в количестве поставляемого сырья на предприятия лесной промышленности. Изучение этого вопроса необходимо производить на региональном уровне, так как каждый субъект страны имеет свои географические, климатические и абиотические особенности. Особенно остро стоит вопрос в труднодоступных районах произрастания ценных древесных пород нашей страны.

**Цель исследования** – определение биологической продуктивности сосны сибирской (*Pinus sibirica Du Tour*) на верхнем пределе произрастания на территории Алтае-Саянского горно-таежного района, а именно на хребте Холодный белок.

**Ключевые слова:** фитомасса древостоя, сосна сибирская (*Pinus sibirica Du Tour*), Алтае-Саянский горно-таежный район, биологическая продуктивность

Scientific article

## **BIOLOGICAL PRODUCTIVITY OF SIBERIAN PINE (*PINUS SIBIRICA DU TOUR*) IN THE CONDITIONS OF THE UPPER BORDER OF THE FOREST OF ALTAI-SAYAN MOUNTAIN-TAIGA REGION**

**Anton M. Gromov<sup>1</sup>, Andrey A. Grigoriev<sup>2</sup>, Pavel A. Moiseev<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup> Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> heytonny@yandex.ru

<sup>2</sup> grigoriev.a.a@ipae.uran.ru

<sup>3</sup> moiseev@ipae.uran.ru

**Abstract.** The use of all components of trees (stands) is of enormous economic importance. Wood waste after logging operations (bark, needles, branches) is widely used in the pulp and paper, agricultural and chemical industries. The study of biological productivity of forests is quite an important task, since it is the indicator of the rate of accumulation and the stock of formation of biological products (biomass) that plays a crucial role in the amount of raw materials supplied to the enterprises of the forest industry. The study of this issue should be carried out at the regional level, since each subject of the country has its own geographical, climatic and abiotic distinctive features. The issue is particularly acute in hard-to-reach areas where valuable tree species grow in our country.

The aim of the study is to determine the biological productivity of Siberian pine (*Pinus sibirica Du Tour*) at the upper limit of growth in the Altai–Sayan mountain taiga region, namely on the ridge of the Cold Protein.

**Keywords:** phytomass of the stand, Siberian pine (*Pinus sibirica Du Tour*), Altai-Sayan mountain-taiga region, biological productivity

Биологическая продуктивность – это скорость образования биологических продуктов на протяжении всего жизненного цикла. Принято измерять количеством биомассы, произведенным организмом, на единицу площади (т/га). С точки зрения биогеоценоза происходит накопление органического вещества, так называемой фитомассы.

Фитомасса является одним из основных показателей первичной биологической продуктивности. Она характеризует количественное (весовое) выражение отдельных частей растений и растения в целом. В исследовании производилось изучение именно древесных растений, так как именно они составляют большую часть растительной массы флоры (>95 % массы) [1].

Район исследований в пределах Алтае-Саянского горно-таежного района, гора Кохош (51°45–15' с.ш. и 89°43–14' в.д., 2524 м над ур. м), расположенные в пределах центральных возвышенностей горной цепи.

На склонах восточной экспозиции хребта Холодный белок, в переходной зоне лес – горная тундра, летом 2022 г. были заложены высотные профили. В пределах каждого профиля зафиксированы четыре высотных уровня (ВУ) (рис. 1).

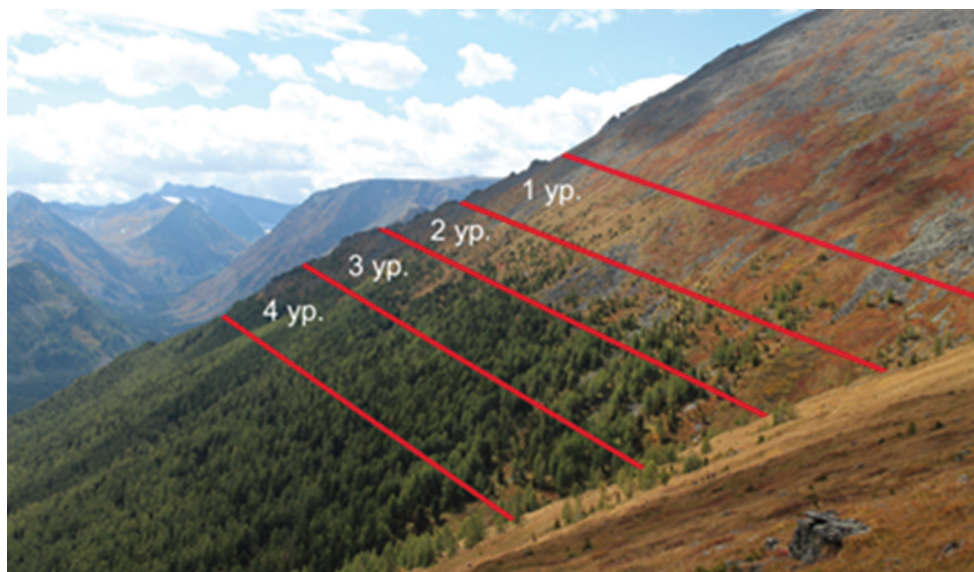


Рис. 1 Район заложения высотных профилей (Горный Алтай), хребет Холодный белок:

- (1 ур.) – представлен еденичными деревьями;
- (2 ур.) – у верхней границы редин, средний уровень;
- (3 ур.) – у границы редколесий, нижний уровень;
- (4 ур.) – у верхней границы сомкнутых лесов

На протяжении всех высотных уровней были заложены от 4 до 6 пробных площадок. Средняя площадь пробной площади составляет 200 м<sup>2</sup>. После заложения площадок были произведены работы по сбору количественных и качественных таксационных показателей по каждому дереву. Определялись: высота дерева, диаметр ствола у основания и на высоте груди (1,3 м), диаметр проекции кроны по двум направлениям, жизненное состояние дерева, или оценка жизнеспособности. Для определения возраста дерева, с помощью возрастного бурава, из деревьев, диаметром превышающих 3 см у основания, были извлечены буровые образцы древесины (керны). Для повышения контрастности годичных колец в качестве отбеливателя использовался зубной порошок. Чтобы определить ширину годичных колец, все образцы (керны) были измерены установкой LINTAB-VI (*Frank Rinn-Rinntech*, Германия). В измерении датировки самого ближнего к центру кольца использовалось программное обеспечение TSAP-3.0.

Для изучения структуры и запасов наземной фитомассы производился отбор модельных деревьев. Отбор происходил по ступеням толщины (шаг ступени 4 см) с предварительным определением размеров. Такой принцип

отбора наиболее подходящий для исследования зависимостей массы различных частей деревьев от их размерных показателей (диаметра, высоты и др.).

Так как программа исследования подразумевает определение общей надземной фитомассы и отдельных ее компонентов, то в учет принимались не только такие показатели, как диаметр у основания, на высоте груди и т. д., но и происходило разделение на составляющие фракции, а именно: ствол в коре, ветви, хвоя, корни и генеративные органы [2].

При дальнейшем исследовании диски проходили высушивание в сушильном шкафу (ШСП-0,25–100, Россия) при температуре 105 °С до постоянного веса. Это позволило определить содержание абсолютно сухой массы фракции ствола путем взвешивания в сырой навеске и после сушки.

Подводя итоги, можно сказать, что были отобраны и обработаны суммарно девять модельных деревьев лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb) и девять модельных деревьев сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) по изложенной ранее методике.

Как пример можно использовать наглядное представление зависимости общей надземной фитомассы стволов модельных деревьев от показателя ДН путем составления графической модели (рис. 2). Математико-статистическая обработка материалов производилась с помощью программы *Excel* для среды *MS Windows* [3].

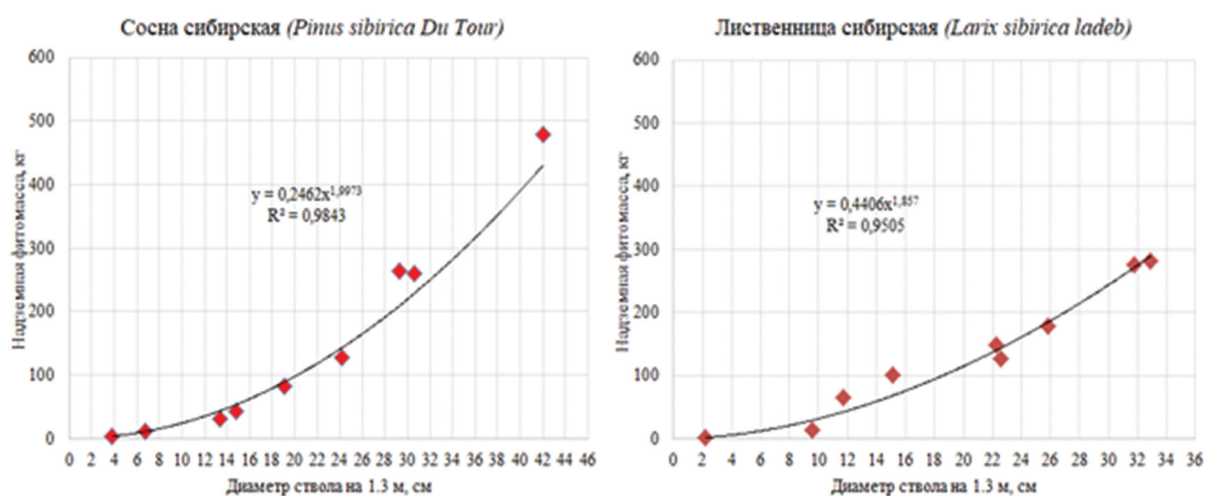


Рис. 2. Зависимость общей фитомассы стволов модельных деревьев от показателя ДН

Построенные графики (см. рис. 2) подтверждают нелинейность зависимостей и тем самым еще раз подтверждают правильность подбора функции. Разработанные уравнения корректны и приемлемы для дальнейшей оценки количества фитомассы на высотных уровнях.

Таксационная характеристика исследованных культур сосны обыкновенной представлена в табл. 1, результаты выполненных исследований – в табл. 2.

Таблица 1

Характеристика древостоев на исследуемых профилях, разбитых на высотные уровни

Профиль и уровень	Экспозиция	Высота над ур. моря, м	Порода	Диаметр 1,3 м, см		Высота, м		Возраст, лет		Диаметр короны, м		Проективное покрытие кроны, м <sup>2</sup> /га	Отпад, шт./га	Плотность, шт./га	
				Мин	Макс	Мин	Макс	Мин	Макс	Мин	Макс			<1,5м	>1,5м
1_1	E	2290	Ls	12,5 ± 5,9	21,9	4,5 ± 1,9	7,0	68 ± 24	109	3,1 ± 0,9	4,7	646	7	1	73
1_1	E		Ps	5,8 ± 2,9	13,0	2,4 ± 0,7	3,7	28 ± 18	96	1,7 ± 0,5	2,9	500	33	470	191
1_2	E	2230	Ls	12,0 ± 7,3	27,1	7,4 ± 2,9	12,0	70 ± 20	105	4,2 ± 1,8	6,4	2643	0	0	176
1_2	E		Ps	7,4 ± 5,2	22,0	3,6 ± 1,5	7,3	38 ± 22	116	2,0 ± 0,9	5,7	1046	33	154	529
1_3	E	2170	Ls	12,9 ± 7,7	31,5	9,7 ± 3,2	15,0	70 ± 19	127	5,8 ± 1,6	8,6	6585	0	0	264
1_3	E		Ps	12,7 ± 8,2	34,1	5,5 ± 2,7	13,0	48 ± 18	104	2,8 ± 1,3	6,1	3001	11	55	760
1_4	E	2110	Ls	25,9 ± 11,4	50,6	16,7 ± 3,7	24,7	104 ± 30	203	5,8 ± 1,9	10,0	13502	121	0	539
1_4	E		Ps	15,3 ± 8,8	42,0	9,8 ± 4,5	20,9	91 ± 19	137	3,4 ± 1,5	6,8	7610	143	0	881

Примечание. Ls – Лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb); Ps – Сосна сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour), E – ель восточной экспозиции.

Таблица 2

Общие запасы фитомассы по видам на различных высотных уровнях (ВУ) исследуемых профилей, т/га

ВУ	Наземная фитомасса, т/га										Фитомасса хвоя, т/га						Фитомасса корней, т/га		
	Всего		В том числе								Ps	Ls	итого	Ps	Ls	итого	Ps	Ls	итого
	Ps	Ls	Стволов, т/га		Крон, т/га		Ps	Ls	итого	Ps									
			Ps	Ls	Ps	Ls					Ps	Ls	итого						
Горный Алтай, хр. Холодный белок																			
1	31,4	88,6	120,0	8,0	33,5	41,5	9,6	17,5	27,1	2,2	3,8	6,0	11,6	33,8	45,4				
2	162,5	55,9	218,4	44,9	23,0	67,9	52,5	9,6	62,1	9,8	1,7	11,5	55,3	21,6	76,9				
3	151,5	190,2	341,7	42,3	68,6	110,9	49,1	54,1	103,2	7,5	7,3	14,8	52,6	60,2	112,8				
4	460,8	506,4	967,2	131,9	172,5	304,4	147,1	162,2	309,3	20,5	21,1	41,6	161,3	150,6	311,9				

Примечание. Ls – Лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb), Ps – Сосна сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour).

На горном Алтае, на хребте Холодный белок, общая фитомасса древостоев на четвертом уровне (967,2 т/га) более чем в 8 раз выше, чем на первом высотном уровне (120,0 т/га). При этом на Холодном белке переход от среднего уровня к верхнему более агрессивный, чем при переходе от нижнего к среднему уровню [4].

При формировании общей надземной фитомассы древостоев главную роль принимает именно лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb). Ее процентное распределение колеблется на горном Алтае (хребет Холодный белок) от 73,3 % (на первом высотном уровне) до 52,3 %.

По результатам расчетов фракционного состава фитомассы древостоев можно сказать, что преобладают в основном стволы, ветви и корни. Так как именно эти структурные части имеют свойство больше всего накапливать органическое вещество, то можно с уверенностью сказать, что с повышением возраста дерева повышается его удельный вес в общей фитомассе. Накопление общей фитомассы и структурных частей напрямую зависит от биологических особенностей каждого представленного вида.

У сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) на первом высотном уровне доля фитомассы корней составляет 35,5 %, а на четвертом – 27,2 %. Это говорит о том, что корневая система становится обширней, занимает главенствующую роль на верхнем пределе произрастания.

Результаты исследований могут быть использованы при проведении лесного мониторинга и осуществлении экологических программ, при создании базы данных о фитомассе лесов, а также в лесном ресурсоведении. Полученные данные целесообразно использовать при расчетах углеродного бюджета лесных экосистем и составлении энергетического баланса лесных сообществ.

## **Список источников**

1. Усольцев В. А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения. Екатеринбург : УрО РАН, 2007. 636 с.
2. Усольцев В. А. Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев. Красноярск : Изд-во Краснояр. ун-та, 1985. С. 192.
3. Нагимов З. Я., Коростелев И. В., Шевелина И. Ф. Таксация леса : учеб. пособие. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. С. 300.
4. Феклистов П. А., Евдокимов В. Н., Барзут В. М. Биологические и экологические особенности роста сосны в северной подзоне европейской тайги. Архангельск : АГТУ, 1997. 140 с.