

РОСТ И РАЗВИТИЕ СОСНЯКОВ НА СЕВЕРНОЙ ГРАНИЦЕ ПРОИЗРАСТАНИЯ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

А. А. Вайс, Н. В. Козлов

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31
E-mail: vais6365@mail.ru

Произрастание древесных формаций на границе своего ареала обусловлено влиянием целого комплекса негативных факторов, прежде всего климатических условий. Всё это сказывается как на развитии насаждений, так и на их росте.

Сосна обыкновенная (Pinus sylvestris L.) характеризуется пластичностью, что позволяет этой древесной породе иметь огромный ареал и возможность произрастать как в горных условиях, так и на северных холодных участках. Изучение сосняков проводилось по таксационным материалам лесоустройства. Объектом являлись сосняки Байкитского лесничества, расположенные в условиях Средне-Сибирского плоскогорья Красноярского края. Наиболее часто встречающийся тип условий местопроизрастания: свежие супесчаные и суглинистые почвы. Неблагоприятные условия произрастания способствуют формированию низкостебельных древостоев (IV бонитет – 35 участков, V бонитет – 45 участков). Возраст наблюдаемых древостоев 5–260 лет. Средняя высота варьировала от 1 до 22 м. Запас менялся в диапазоне от 10 до 210 м³/га. Почвы преимущественно перегнивший подзол на щебенистых почвах. На основании выполненного анализа установлено, что различие по ростовым показателям в сосняках разных типов леса обусловлены в основном внутренними (эндогенными) факторами, характеризующими древостои (породная представленность, полнота, степень разновозрастности и т. д.), что объясняет наличие в этих условиях сосняков IV и V классов бонитета. Составлена таблица динамики таксационных показателей модальных сосняков зеленомошно-лишайниковой группы типов леса на границе произрастания в условиях Красноярского края. На основе таблицы динамики таксационных показателей разработан норматив по оценке биологической и углеродной продуктивности модальных сосняков по основным фракциям (стволы, ветви, корни, хвоя). Установлено, что сосняки характеризуются достаточно высокой долговечностью. Имеют пирогенное или подпочвенное происхождение. Возраст естественной спелости наступает в 220 лет.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris L., ход роста, развитие, биологическая продуктивность, углеродная продуктивность.*

Conifers of the boreal area. 2023, Vol. XLI, No. 3, P. 218–223

GROWTH AND DEVELOPMENT OF PINE FORESTS ON THE NORTHERN BORDER OF GROWTH OF KRASNOYARSK REGION

A. A. Vais, N. V. Kozlov

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: vais6365@mail.ru

The growth of tree formations on the border of their range is due to the influence of a whole range of negative factors, primarily climatic conditions. All this affects both the development of plantations and their growth.

Scots pine (Pinus sylvestris L.) is characterized by plasticity, which allows this tree species to have a huge range and the ability to grow both in mountainous conditions and in northern cold areas. The study of pine forests was carried out on the basis of taxation materials of forest inventory. The object was the pine forests of the Baikitsky forestry, located in the conditions of the Central Siberian plateau of the Krasnoyarsk Krai. The most common type of growing conditions: fresh sandy and loamy soils. Unfavorable growing conditions contribute to the formation of low-grade forest stands (IV grade – 35 plots, V grade – 45 plots). The age of observed forest stands is from 5 to 260 years. The average height varied from 1 to 22 m. The stock varied from 10 to 210 m³/ha. The soils are decomposed podzol on gravelly soils predominantly. Based on the analysis performed, it was found that the difference in growth rates in pine forests of different types is mainly due to internal (endogenous) factors characterizing forest stands (species representation, density, degree of uneven age, etc.). That explains the presence of pine forests of IV and V classes of bonitet under these conditions. A table of the dynamics of taxation indicators of modal pine forests of the green moss-

lichen group of forest types on the border of growth in the conditions of the Krasnoyarsk Krai has been compiled. Based on the table of the dynamics of taxation indicators, a standard was developed for assessing the biological and carbon productivity of modal pine forests according to the main fractions (trunks, branches, roots, needles). It has been established that pine forests are characterized by a sufficiently high durability. They have a pyrogenic or sublingual origin. The age of natural ripeness is at 220 years.

Keywords: *Pinus sylvestris L., growth rate, development, biological productivity, carbon productivity.*

ВВЕДЕНИЕ

Развитие древесных формаций на границе своего ареала обусловлено влиянием целого комплекса негативных факторов, прежде всего климатических условий. Всё это сказывается как на развитии насаждений, так и на их росте.

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris L.*) характеризуется пластичностью [1], что позволяет этой древесной породе иметь огромный ареал и возможность произрастать как в горных условиях, так и на северных холодных участках.

Особенности произрастания, формовая представленность, ход роста сосновых насаждений в северных условиях местопроизрастания представлена в ряде научных публикаций.

В. А. Усольцев и другие [2] отмечали, что биологическая продуктивность естественных сосняков Северной Евразии снижается в направлении с юга на север.

Отсутствие выраженного антропогенного воздействия влияет на структуру северных сосняков. А. А. Бахтин, Н. Н. Соколов [3] указывают на то, что коренные сосняки Европейского Севера России сохранились в основном на избыточно увлажнённых почвах. Возрастная структура (условно-однообразные и разновозрастные древостой) значимо влияет на изменчивость диаметров деревьев.

Н. А. Демидова и другие [4; 5] предлагают в северных условиях использовать на плантациях породу-интродуцент сосну скрученную (*Pinus contorta Loud. var. latifolia S. Wats*) для промышленного использования древесины. Авторы установили, что сосна скрученная превосходит в росте сосну обыкновенную по текущему приросту, диаметру, объёму и по величине среднего прироста.

Т. В. Батвенкина изучала ход роста сосняков в северных условиях бореальной зоны Красноярского края [6]. Исследователь отмечала, что в модальных сосняках возраст количественной спелости наступает в 50–70 лет, а естественная спелость составляет 230–250 лет.

Применительно к притундровым максимально полным соснякам северо-востока Европейской части России разработана стандартная таблица, которая позволяет оценивать и сравнивать продуктивность северных сосняков [7].

Известный исследователь-таксатор лесов Сибири Э. Н. Фалалеев в своей монографии «Леса Сибири» [8] указывал, что основным лимитирующим фактором для данной породы является светолюбие. Сосна не произрастает в местах на близко залегающих к поверхности мерзлотных почвах и в Сибири не доходит до северной границы леса.

Необходимо отметить, что в научной литературе недостаточно представлены данные об условиях раз-

вития и ходе роста сосняков в условиях недостатка тепла и соответственно низких классах бонитета.

Таким образом, изучение развития и роста сосны на границе северного произрастания актуально, а в условиях изменения климата и возможного смещения границы произрастания на север приобретает ещё и экологическую значимость.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение сосняков проводилось по таксационным материалам лесоустройства 2003 года. Объектом являлись сосняки Байкитского лесничества, расположенные в условиях Средне-Сибирского плоскогорья Красноярского края.

Территория характеризуется суровыми условиями произрастания. Среднегодовая температура воздуха 6,5 °С, продолжительность безморозного периода составляет в среднем 69 дней. Среднегодовое количество осадков 526 мм. Территория района характеризуется значительными колебаниями высот с наличием различных седловин, горных сопков, ущелий, гребней и т. д. Растительность концентрируется строго по высотам: берега (злаки, осоки), склоны (древесной растительностью). Большая часть поверхности покрыта мхами и лишайниками.

Целью исследования является изучение роста и развития, наиболее распространенных для данной территории лесных формаций – сосняки зеленомошниковой (бручнично-зеленомошниковой, голубично-зеленомошниковой, чернично-зеленомошниковой) и сосняки лишайниковой (бруснично-лишайниковой, зеленомошно-лишайниковой, голубично-лишайниковой) групп типов леса.

Для изучения роста сосняков сформировали массив данных. Сосняки произрастали только на 80 лесных участках (выделах), насаждения произрастают на границе ареала распространения. Основным элементом леса являлась сосна. Семь выделов представлены низкополнотными насаждениями (0,3–0,4), остальные среднеполнотные (0,5–0,7). Наиболее часто встречающийся тип условий местопроизрастания: свежие супесчаные и суглинистые почвы. Неблагоприятные условия произрастания способствуют формированию низкбонитетных древостоев (IV бонитет – 35 участков, V бонитет – 45 участков). Возраст наблюдаемых древостоев 5–260 лет. Средняя высота варьировала от 1 до 22 м. Запас менялся в диапазоне от 10 до 210 м³/га. Почвы преимущественно перегнивший подзол на щебенистых почвах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С целью построения таблицы хода роста построенны диаграммы динамики основных таксационных

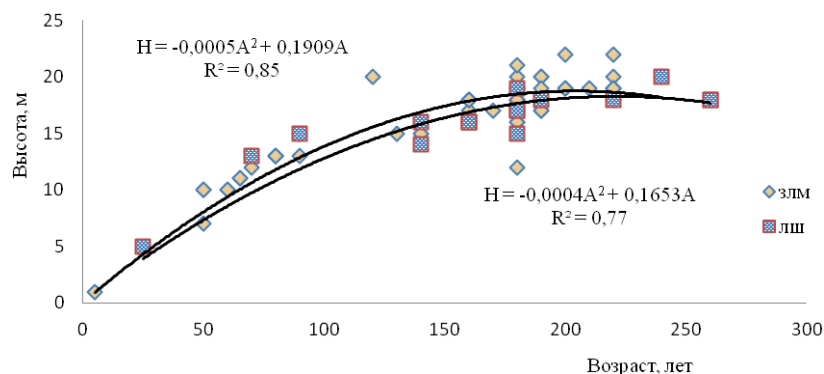
показателей (средней высоты, среднего диаметра и запаса) с возрастом насаждений. Исходный материал разделен на две группы типов леса (сосняки зеленомошниковые и лишайниковые). На рисунке приведены графики, отражающие закономерности изменения таксационных показателей.

Линии аппроксимации показывают, что различия между зеленомошниковой и лишайниковой группами носят случайный характер по трем основным таксационным показателям по средней высоте и среднему диаметру (незначительная разница обусловлена разновозрастностью и густотой древостоев). По запасу

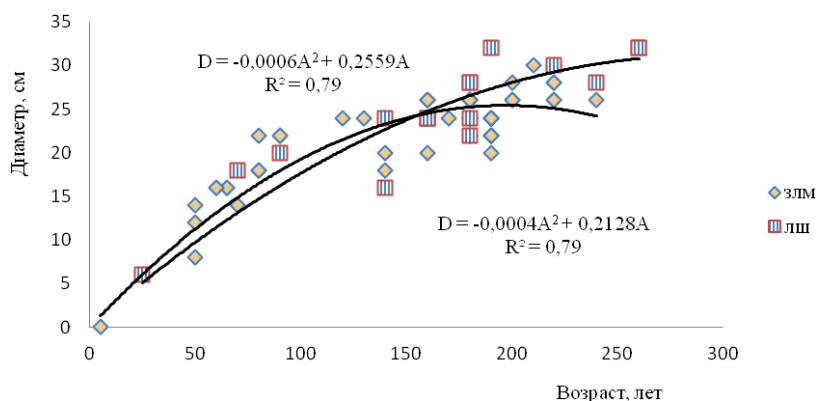
наблюдается выраженное различие после 50 лет, причиной является разница в полноте (зеленомошниковая группа – 0,58; лишайниковая группа – 0,53).

В итоге можно констатировать, что различие в росте между наиболее распространенными типами леса не выражено, а наличие сосняков двух бонитетов (IV и V) можно объяснить в большей степени разницей в таксационных показателях сосняков (эндогенный фактор), а не условиями произрастания (экзогенный фактор).

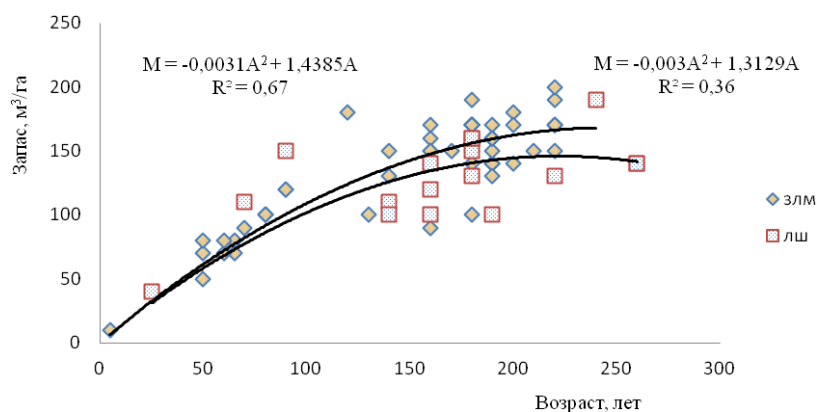
На следующем этапе выполнено сравнение по условиям развития двух типов леса (табл. 1).



а



б



в

Связь таксационных показателей и возраста по группам типов леса:

а – связь средней высоты и возраста сосняков; б – связь среднего диаметра и возраста сосняков;

в – связь запаса и возраста сосняков

Таблица 1

Сравнительный анализ таксационных показателей сосняков по компонентам насаждений и другим условиям

Компонент насаждения и особенности произрастания	Таксационные особенности	
	сосняки зеленомошниковой группы типов леса	сосняки лишайниковой группы типов леса
Древостой	Смешанные древостой с долей сосны 4–8 единиц и смешением лиственницы, кедра, березы и осины	Смешанные древостой с долей сосны 4–8 единиц и смешением лиственницы, кедра, березы и осины
Подлесок	Спирея, шиповник, ольха, ива, береза кустарниковые от редкой до высокой густоты	Шиповник, ольха, ива, береза кустарниковые редкой и средней густоты
Подрост	Смешанный сосново-кедровый с примесью березы, ели, лиственницы. Состояние благонадежное. Возраст 10–30 лет. Количество: 1–10 тыс. шт./га, в среднем 4 тыс. шт./га. Высота: 1,0–3,0 м	Смешанный сосново-кедровый с примесью березы, ели, лиственницы. Редко чистый. Состояние благонадежное. Возраст 10–20 лет. Количество: 1–8 тыс.шт/га. Высота: 1,0–3,0 м
Почвенные условия	Перегнивший сильновыраженный подзол. Редко каменистая, щебенистая. Легкосуглинистая или супесчаная. Свежие или сухие условия	Перегнивший подзол. Редко щебенистая почва. Супесчаные или сухие условия. Редко легкосуглинистая, свежая
Особенности произрастания	Насаждения, как правило, пирогенного происхождения. Сосновые древостой произрастают на равнинных и склоновых участках южной экспозиции	

Сравнительный анализ показал, что выраженных отличий в условиях произрастания сосняков зеленомошниковой и лишайниковой группах типов леса не выявлено. Можно отметить применительно к лишайниковой группе более редкий подлесок и произрастание сосняков чаще в сухих условиях (табл. 1). Суровые климатические условия, наличие вечной мерзлоты, короткий вегетационный период, средняя полнота способствует нивелированию условий произрастания в модальных сосновых насаждениях разных типов леса. На основании выполненного анализа установлено, что различие по ростовым показателям в сосняках разных типов леса обусловлены в основном внутренними (эндогенными) факторами, характеризующими древостой (породная представленность, полнота, степень разновозрастности и т. д.), что объясняет наличие в этих условиях сосняков IV и V классов бонитета. Поэтому данные сосняков объединены в одну выборочную совокупность и в дальнейшем обрабатывались единообразно.

Для построения таблицы динамики таксационных показателей по каждому классу возраста определены средние таксационные показатели: возраст, высота, диаметр, запас и полнота по общепринятым статистическим формулам [9]. Аппроксимация связей выполнена с помощью полиномиальной функции второго порядка. Использование данного уравнения, а не функций роста объясняется необходимостью фиксировать точку, при которой будет наблюдаться снижение средних таксационных показателей сосновых

древостоев. С помощью таксационных формул [10] по двадцатилетним периодам дополнительно вычислена сумма площадей поперечного сечения, число стволов, видовое число, а также средний и текущий прирост. В итоге составлена таблица хода роста для модальных сосняков зеленомошно-лишайниковой группы типов леса (табл. 2).

Анализ роста и развития позволили установить следующие особенности сосняков на границе произрастания: достаточно высокая долговечность древостоев (до 260 лет), пирогенное или подпоговое происхождение. Возраст естественной спелости наступает достаточно поздно в 220 лет, что косвенно указывает на разновозрастность сосняков. Необходимо отметить, что в более южных районах нижнего Енисея модальные сосняки имеют выраженную разновозрастность и различие в росте для трёх преобладающих типов леса (сосняки зеленомошниковые, сосняки лишайниковые и сосняки сфагновые) [12]. Н. П. Гордина разработала соответствующие таблицы хода роста, где в 100 лет сосняки имели следующие средние высоты: $C_{зм} - 20,8$ м; $C_{лш} - 16,3$ м; $C_{сф} - 14,2$ м [12].

На основе данных табл. 2 и значений конверсионных коэффициентов [11] разработана таблица биологической и углеродной продуктивности для модальных сосняков на границе ареала произрастания (табл. 3). Можно констатировать, что как биологическая, так и углеродная продуктивность насаждений характеризуется стабильностью, начиная с 50 до 240 лет. Небольшие возрастные изменения выражены до 100 лет.

Таблица 2

Динамика таксационных показателей модальных сосняков зеленомошно-лишайниковой группы типов леса в условиях Среднесибирского плоскогорья

Возраст, лет	Средние		Сумма площадей сечения, м ² /га	Число стволов, шт.	Видовое число	Общий запас, м ³ /га	Изменение запаса, м ³ /га	
	высота, м	диаметр, см					среднее	текущее
50	8,4	10,8	16,24	1777	0,543	74	1,48	-
60	9,8	12,6	16,83	1340	0,522	86	1,44	1,22
70	11,1	14,4	17,31	1062	0,508	98	1,40	1,14
80	12,3	16,1	17,68	873	0,498	108	1,35	1,05

Окончание таблицы 2

Возраст, лет	Средние		Сумма площадей сечения, м ² /га	Число стволов, шт.	Видовое число	Общий запас, м ³ /га	Изменение запаса, м ³ /га	
	высота, м	диаметр, см					среднее	текущее
90	13,4	17,6	17,98	738	0,490	118	1,31	0,97
100	14,4	19,1	18,23	638	0,484	127	1,27	0,88
110	15,3	20,4	18,43	562	0,479	135	1,22	0,79
120	16,0	21,7	18,60	503	0,475	142	1,18	0,71
130	16,7	22,9	18,74	457	0,472	148	1,14	0,62
140	17,3	23,9	18,85	420	0,469	153	1,09	0,54
150	17,8	24,9	18,95	390	0,467	158	1,05	0,45
160	18,2	25,7	19,04	366	0,466	161	1,01	0,36
170	18,5	26,5	19,10	347	0,465	164	0,97	0,28
180	18,7	27,1	19,16	331	0,464	166	0,92	0,19
190	18,8	27,7	19,20	319	0,464	167	0,88	0,11
200	18,7	28,2	19,24	309	0,464	167	0,84	0,02
210	18,6	28,5	19,26	302	0,464	167	0,79	–0,07
220	18,4	28,8	19,28	297	0,465	165	0,75	–0,15
230	18,1	28,9	19,28	293	0,466	163	0,71	–0,24
240	17,7	29,0	19,27	292	0,468	159	0,66	–0,32

Таблица 3

Биологическая и углеродная продуктивность сосняков в условиях Среднесибирского плоскогорья

Возраст, лет	Средние		Запас, м ³ /га	Фракция, т/га				Биомасса, т/га	Углерод, тС/га				Общий, тС/га
	высота, м	диаметр, см		стволы	ветви	корни	хвоя		стволы	ветви	корни	хвоя	
50	8,4	10,8	74	35,3	4,2	11,1	2,3	52,9	17,2	2,2	5,1	1,3	25,8
60	9,8	12,6	86	40,4	4,4	12,3	3,3	60,4	20,2	2,4	6,3	1,1	30,0
70	11,1	14,4	98	46,6	5,4	14,4	3,5	69,9	23,4	3,6	7,4	1,4	35,8
80	12,3	16,1	108	51,1	6,6	15,7	3,8	77,2	25,8	3,4	8,2	2,6	40,0
90	13,4	17,6	118	57,2	8,5	18,3	4,4	88,4	28,4	4,2	9,6	2,8	45,0
100	14,4	19,1	127	61,4	9,7	20,6	4,6	96,3	31,2	4,4	10,9	2,4	48,9
110	15,3	20,4	135	62,8	8,4	16,4	3,2	90,8	31,1	4,3	8,5	1,7	45,6
120	16	21,7	142	66,4	8,5	17,3	3,3	95,5	33,5	4,3	9,1	1,6	48,5
130	16,7	22,9	148	68,7	8,7	18,5	3,4	99,3	34,4	4,4	9,6	2,2	50,6
140	17,3	23,9	153	71,3	9,2	19,3	3,5	103,3	35,6	4,2	9,7	2,3	51,8
150	17,8	24,9	158	73,8	9,3	19,6	3,4	106,1	36,7	5,1	10,3	22,4	74,5
160	18,2	25,7	161	74,2	9,6	19,0	3,6	106,4	37,3	5,6	10,5	2,1	55,5
170	18,5	26,5	164	76,1	9,4	20,1	3,3	108,9	38,4	5,4	10,6	2,6	57
180	18,7	27,1	166	77,5	9,7	20,3	3,7	111,2	38,5	5,5	10,4	2,5	56,9
190	18,8	27,7	167	77,4	10,2	20,2	4,2	112	39,6	5,3	10,3	2,4	57,6
200	18,7	28,2	167	77,3	10,3	20,4	4,3	112,3	39,7	5,2	10,1	2,3	57,3
210	18,6	28,5	167	77,4	10,2	20,4	4,2	112,2	39,8	5,3	10,6	2,5	58,2
220	18,4	28,8	165	76,2	9,2	20,3	3,7	109,4	38,7	5,2	10,4	2,2	56,5
230	18,1	28,9	163	75,7	9,1	20,2	3,6	108,6	38,2	5,1	10,2	2,2	55,7
240	17,7	29	159	73,5	9,3	19,8	3,2	105,8	37,3	5,0	10,1	2,1	54,5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований получены следующие выводы.

– Сравнительный анализ роста двух наиболее распространенных типов леса сосняков зеленомошниковых и лишайниковых показал отсутствие выраженных отличий в динамике основных таксационных показателей (средней высоте, среднему диаметру и запасу).

– По условиям местопроизрастания установлены следующие незначительные отличия. В лишайниковой группе наблюдается более редкий подлесок, и

большее число насаждений произрастает в сухих условиях произрастания.

– Составлена таблица динамики таксационных показателей модальных сосняков зеленомошнелишайниковой группы типов леса на границе произрастания в условиях Красноярского края.

– На основе таблицы динамики таксационных показателей разработан норматив по оценке биологической и углеродной продуктивности модальных сосняков по основным фракциям (стволы, ветви, корни, хвоя).

– Установлено, что сосняки характеризуются достаточно высокой долговечностью. Имеют пирогенное или подпологовое происхождение. Возраст естественной спелости наступает в 220 лет. При этом следует иметь в виду, что с высокой вероятностью сосняки являются разновозрастными.

– На границе ареала произрастания на рост сосняков существенное влияние оказывают таксационные особенности насаждений (степень смешения пород, уровень разновозрастности деревьев, полнота древостоев и т. д.). Типологическая структура сосняков в незначительной степени определяет рост и развитие модальных сосняков в условиях Среднесибирского плоскогорья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М. : Наука, 1964. 190 с.
2. Усольцев В. А., Субботин К. С., Терентьев В. В., Маленко А. А. Биологическая продуктивность естественных сосняков Северной Евразии: элементы географии // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 11(121). С. 55–60.
3. Бахтин А. А., Соколов Н. Н. Типы возрастной структуры заболоченных сосняков Архангельской области // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2015. № 4(346). С. 76–86.
4. Демидова Н. А. [и др.]. Рост и развитие сосны скрученной (*Pinus contorta* Loud.var.*latifolia* S. Wats) в условиях северной тайги // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2016. № 2. С. 45–59.
5. Демидова Н. А. [и др.]. Результаты 35-летнего испытания сосны скрученной на Европейском Севере России // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. № 225. С. 90–105.
6. Батвенкина Т. В. Ход роста сосновых древостоев разных типов леса Хребтовского лесничества // Хвойные бореальной зоны. 2018. Т. 36, № 5. С. 391–396.
7. Вайс А. А. Таблица сумм площадей поперечных сечений и запасов полных притундровых сосняков Северо-Востока Европейской части Российской Федерации // Современная техника и технологии. 2015. № 9(49). С. 35–37.
8. Фалалеев Э. Н. Леса Сибири. Красноярск : КГУ, 1985. 136 с.
9. Вайс А. А., Павлов Н. В., Подколзин А. В. Математические методы в лесном хозяйстве: лабораторный практикум. Красноярск : СибГТУ, 2005. 32 с.
10. Свалов Н. Н. Моделирование производительности древостоев и теория лесопользования. М. : Лесн. пром-ть, 1979. 216 с.
11. Замолодчиков Д. Г., Уткин А. И., Честных О. В. Коэффициенты конверсии запасов насаждений в фитомассу для основных лесобразующих пород России // Лесная таксация и лесоустройство. 2003. № 1(32). С. 119–127.
12. Гордина Н. П. Пространственная структура и продуктивность сосняков Нижнего Енисея. Красноярск : КГУ, 1985. 128 с.

REFERENCES

1. Pravdin L. F. Common pine. Variability, intraspecific systematics and selection. M. : Nauka, 1964, 190 p.
2. Usoltsev V. A., Subbotin K. S., Terentyev V. V., Malenko A. A. Biological productivity of natural pine forests of Northern Eurasia: elements of geography // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2014. No. 11(121), pp. 55–60.
3. Bakhtin A. A., Sokolov N. N. Types of age structure of boggy pine forests of the Arkhangelsk region // News of higher educational institutions. Forest magazine. 2015. No. 4(346), pp. 76–86.
4. Demidova N. A. [et al.]. Growth and development of twisted pine (*Pinus contorta* Loud.var.*latifolia* S. Wats) in the conditions of the northern taiga // Proceedings of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry. 2016. No. 2, pp. 45–59.
5. Demidova N. A. [et al.]. Results of the 35-year test of twisted pine in the European North of Russia // Izvestia of the St. Petersburg Forestry Academy. 2018. No. 225, pp. 90–105.
6. Batvenkina T. V. The course of growth of pine stands of different types of forest of the Ridge forestry // Coniferous boreal zones. 2018. vol. 36, No. 5, pp. 391–396.
7. Weiss A. A. Table of sums of cross-sectional areas and stocks of full tundra pine forests of the North-East of the European part of the Russian Federation // Modern technique and technologies. 2015. No. 9(49), pp. 35–37.
8. Falaleev E. N. Forests of Siberia. Krasnoyarsk: KSU, 1985, 136 p.
9. Weiss A. A., Pavlov N. V., Podkolzin A. V. Mathematical methods in forestry: laboratory workshop. Krasnoyarsk : SibSTU, 2005, 32 p.
10. Svalov N. N. Modeling of the productivity of stands and the theory of forest management. M. : Lesn. prom-t, 1979, 216 p.
11. Zamolodchikov D. G., Utkin A. I., Honest O. V. Conversion coefficients of plantings stocks into phytomass for the main forest-forming breeds of Russia // Forest taxation and forest management. 2003. No. 1(32), pp. 119–127.
12. Gordina N. P. Spatial structure and productivity of pine forests of the Lower Yenisei. Krasnoyarsk : KSU, 1985, 128 p.

© Вайс А. А., Козлов Н. В., 2023