УДК [630*1+630*5] DOI: 10.18324/2077-5415-2026-3-139-144

Формирование древесных пород в смешанном древостое

С.А. Чжан[a], О.А. Пузанова[b], С.А. Пузанов[c], А.А. Пузанов[d]

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия
[a] schzan@rambler.ru, [b] puzanova-olga@rambler.ru, [c] sergey.puzanov.98@mail.ru, puzanov.anton95@mail.ru.
[a] https://orcid.org/0000-0001-8163-0730, [b] https://orcid.org/0000-0001-9681-5041,
[c] https://orcid.org/0000-0002-7724-1828.
Статья поступила 15.05.2026, принята 04.09.2026.

Изучением роста и развития смешанных и сложных древостоев занимаются многие авторы, исследования межвидовых отношений между деревьями позволяет выявить степень их влияния на таксационные показатели. Рост и формирование смешанных насаждений в условиях тайги имеют не всегда полную картину для проведения лесовосстановительных и лесоэксплуатационных мероприятий. Древостои в возрасте спелости и перестойности из хвойных пород отражают заключительную фазу естественного развития и являются наиболее ценными в хозяйственном плане. Смешанные насаждения хвойных пород имеют высокую продуктивность. Для правильного ведения в них хозяйства требуется разработка тех или иных мероприятий с наличием лесотаксационных нормативов, которые могли бы отражать их особенности. Лесопользование в условиях таёжных лесов должно решать одну из главных задач – это сохранение биологического разнообразия. В отличие от чистых лесов, где конкуренция почти полностью внутривидовая, в сложных и смешанных она переплетается с межвидовой, что делает динамику структуры леса более сложной и разнообразной. В связи с вышесказанным исследование хода роста смешанных лесов таёжной зоны является актуальным, так как планирование лесохозяйственных мероприятий должно ориентироваться на выращивание высокопродуктивных смешанных древостоев, поэтому необходимо знать основные закономерности их формирования и строения. В данной статье будет затронут вопрос о влиянии на таксационные показатели растущей части древостоя, полученных при обследовании смешанных насаждений в условиях одного лесничества Иркутской области.

Ключевые слова: пространственная структура; смешанный древостой; внутривидовая конкуренция; таксационные показатели.

Formation of tree species in a mixed forest stand

S.A. Chzhan[a], O.A. Puzanova[b], S.A. Puzanov[c], A.A. Puzanov[d]

Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia
[a] schzan@rambler.ru, [b] puzanova-olga@rambler.ru, [c] sergey.puzanov.98@mail.ru, puzanov.anton95@mail.ru.
[a] https://orcid.org/0000-0001-8163-0730, [b] https://orcid.org/0000-0001-9681-5041,
[c] https://orcid.org/0000-0002-7724-1828.
Received 15.05.2026, accepted 04.09.2026.

Many authors are engaged in the study of the growth and development of mixed and complex stands. Studies of interspecific relations between trees make it possible to identify the degree of their influence on taxation indicators. The features of their structure and growth, formation and structure in taiga conditions are not sufficiently studied to provide forestry with recommendations for forest management and reforestation. The coniferous forests preserved in the taiga zone reflect the final phase of natural development and are the most economically valuable. Mixed stands of conifers have high productivity. For their proper management, the development of certain measures is required, along with the availability of forest inventory standards that could reflect their specific features. In the conditions of industrial exploitation of taiga forests, one of the main tasks is the preservation of biological diversity. Unlike pure forests, where competition is almost entirely intraspecific, in complex and mixed it is intertwined with interspecies, which makes the dynamics of the forest structure more complex and diverse. In this regard, the study of the growth of mixed forests of the taiga zone is relevant, since the planning of forestry activities should be focused on the cultivation of highly productive mixed stands; therefore, it is necessary to know the basic patterns of their formation and structure. This article will address the question of the influence on the inventory indicators of the growing part of the forest stand, obtained during the survey of mixed plantations under the conditions of one forestry district in Irkutsk region.

Keywords: spatial structure; mixed stand; intraspecific competition; taxation indicators.

Введение. Проблема современности лесного хозяйства – это сохранение и повышение продуктивности лесных массивов. При постоянном использовании лесов наблюдаются резкие изменения в структуре и составе пород, что сказывается на потери их биологической устойчивости. По ряду источников снижение продуктивности древостоев в целом по РФ составило около 50 %. Вторичные леса представлены сложными и смешанными древостоями, в которых внутривидовая конкуренция протекает интенсивнее, чем межвидовая, являясь главным механизмом естественного отбора и изреживания. В отличие от чистых лесов, где конку-

ренция почти полностью внутривидовая, в сложных и смешанных она переплетается с межвидовой, что делает динамику структуры леса более сложной и разнообразной. Диаметр является ключевым показателем для древостоев, поскольку именно он определяет сортиментную структуру древостоя и обнаруживает тесную взаимосвязь с остальными таксационными характеристиками.

Фундаментальные исследования строения лесов отражены в трудах классиков лесоустройства – А.В. Тюрина и Н.В. Третьякова (1927). В дальнейшем эти труды продолжили В.И. Левин (1949), В.К. Захаров (1950), М.В. Давидов (1951), П.В. Воропанов (1962), П.В. Горский (1954, 1957), И.И. Гусев (1964), К.Е. Никитин (1966), О.А. Неволин (1969) И.В. Логвинов (1954), Р.Ю. Манкус (1966), А.Н. Поляков (1982), В.С. Моисеев (1971), А.Г. Мошкалев (1974), А.В. Грязькин (1999) и другие авторы [1–6]. Исследование состояния и роста смешанных лесов для условий Восточной Сибири является на сегодняшний день актуальным, так как полученные результаты исследований позволят регулировать проведения всех лесохозяйственных мероприятий.

Цель исследования – анализ современного состояния и динамики развития смешанных древостоев. Для достижения поставленной цели была решена задача по выявлению закономерностей роста и развития насаждений в условиях таёжных лесов.

Методика исследования. Процессы роста и формирования деревьев в смешанных древостоях имеют существенные отличия от чистых. Это обусловлено необходимостью двойственного подхода: с одной стороны, рассматриваются отдельные древесные породы как самостоятельные элементы насаждения, с другой – оценивается их взаимовлияние в рамках единого биогеоценоза.

В ходе работы использовались материалы лесоустройства, а также данные, полученные на заложенных пробных площадях (ПП) в соответствии с общепринятыми методиками. Пробные площади были выбраны с учётом наличия нескольких пород. Площадь каждой ПП составляла 2,4 га. На каждой пробе была проведена сплошная таксация, с установлением всех основных показателей деревьев и описания их состояния. Все площадки были заложены в разнотравном типе леса. Тип лесорастительных условий – B_2.

При обработке полученных материалов были использованы методические и теоретические разработки Н.П. Анучина (1971), В.С. Моисеева (1971), И.И. Гусева (1978), Н.Н. Свалова (1979) и др. [7–9].

Статистическую обработку данных пробных площадей проводили известными в лесной таксации способами.

Результаты исследования. Объект исследования – смешанные насаждения лесного фонда Падунского лесничества Иркутской области. Были обследованы площади в 3 кварталах на 7 выделах. Далее представлены данные по пробным площадям (рис. 1–7).

Таксационные показатели

Порода	Возраст, лет	Кол-во деревьев	Диаметр, см	Высота, м	Запас, $м^3$
Сосна	90	7	33,6	17,4	13,13
Лиственница	85	13	22,9	18,8	22,62
Ель	70	27	10,9	12,3	4,53
Береза	45	120	13,4	15,8	96,32



Рис. 1. Пробная площадь № 1 (кв. 66, выдел 127)

На пробной площади № 1 породный состав представлен сосной, лиственницей, елью и березой. Преобладает берёза, ель находится в примеси. Формула состава: 6Б2Л2С+Е. По возрастной структуре породы относятся к V классу (приспевающие). Общее количество деревьев составляет 167 штук. На долю здоровых приходится 26,9 % (45 деревьев) и 73,1 % деревьев с признаками усыхания и отмирания (122 сухостойных). Больше всего сухостойных деревьев приходится на берёзу. Лучший рост и развитие наблюдается у сосны.

Таксационные показатели

Порода	Возраст, лет	Количество деревьев	Диаметр, см	Высота, м	Запас, $м^3$
Сосна	100	11	23,6	20,4	26,83
Лиственница	110	26	30,4	27,8	58,96
Кедр	55	11	14,5	15,3	2,95
Ель	100	34	19,2	22,3	35,19
Пихта	100	140	17,3	16,9	66,93
Берёза	85	68	20,6	23,9	64,9



Рис. 2. Пробная площадь № 2 (кв. 57, выдел 89)

На пробной площади № 2 наблюдается следующая картина по составу преобладает хвойный древостой и в примеси находятся ценные сосновые породы. Породный состав 4П3Б2Л1Е+С,К. Древостой спелый и отличается

своими таксационными показателями. Доля здоровых деревьев составляет 45,9 % (133 дерева) и 54,1 % (157 деревьев) с признаками усыхания и отмирания.

Таксационные показатели

Порода	Возраст, лет	Кол-во деревьев	Диаметр, см	Высота, м	Запас, м^3
Кедр	70	19	18,4	14,9	8,68
Лиственница	90	13	28,0	23,1	49,29
Ель	65	11	15,9	13,8	3,80
Берёза	60	76	18,0	13,8	61,36
Пихта	60	83	16,9	14,0	17,87



Рис. 3. Пробная площадь № 3 (кв. 12, выдел 211)

На пробной площади № 3 породный состав представлен 3 породами: берёза, лиственница, пихта и 2 породы: ель и кедр в примеси (5Б4Л1П+Е,К). Также, как и на ПП № 1 здесь преобладает береза, возраст которой составляет 60 лет. Данная проба характеризуется сильным отпадом и наличием деревьев с признаками угнетения и отмирания как хвойной формации, так и мягколиственной. Из 202 учётных деревьев на долю здоровых приходится всего 4,5 %, а на сухостойные – 95,5 %.

Таксационные показатели

Порода	Возраст, лет	Кол-во деревьев	Диаметр, см	Высота, м	Запас, м^3
Лиственница	120	40	28	25,7	68,4
Кедр	100	23	28,8	18,9	14,33
Ель	110	5	28,8	21,8	8,51
Пихта	60	13	16	13,9	21,3
Береза	80	2	15,2	12,1	0,51



Рис. 4. Пробная площадь № 4 (кв. 57, выдел 116)

Пробная площадь № 4 – породный состав 7Л2П1К+Б,Е. Возраст насаждения спелый и частично перестойный, в связи с этим состояние неудовлетворительное из 91 учтённого дерева на долю отмирающих приходится 89 %.

На рис. 5 представлены данные по пробной площади № 5 – породный состав 3С1Л1К4Б1Ос. Учтено было 255 деревьев из которых 95 приходится на здоровые деревья, 160 на сухостойные.

Таксационные показатели

Порода	Возраст, лет	Кол-во деревьев	Диаметр, см	Высота, м	Запас, м^3
Сосна	100	71	26,1	23,3	105,8
Лиственница	70	57	18,2	22,8	38,64
Кедр	50	52	14,9	17,6	17,84
Ель	70	35	14,6	19,0	13,64
Пихта	60	4	13,7	13,3	0,99
Береза	80	17	18,8	22,9	12,72
Осина	60	19	19,7	24,3	16,5



Рис. 5. Пробная площадь № 5 (кв. 57, выдел 39)

Таксационные показатели:

Порода	Возраст лет	Кол-во деревьев	Диаметр см	Высота м	Запас м^3
Сосна	140	46	42,5	22,6	57,74
Лиственница	140	14	42	20,4	15,6
Кедр	110	40	24,6	15,7	11,28
Ель	110	38	36,8	17,4	25,51
Пихта	120	20	25,2	15,6	5,34
Береза	70	51	19,4	21,6	37,68



Рис. 6. Пробная площадь № 6 (кв. 57, выдел 35)

На пробной площади № 6 – породный состав 4С3Б1Е1Л1К+П. Древостой находится в возрасте спелости и перестойности, и несмотря на это насаждение находится в хорошем состоянии, так как на долю здорового древостоя приходится 67 %, а на древостой с признаками угнетения и усыхания – 33 %.

На рис. 7 дана характеристика пробной площади № 7 – породный состав 3Б3П2Е1К1С+Ос. Данная проба имеет отличие от предыдущих, так как по возрасту здесь произрастают средневозрастные древостои хвойных пород и спелые деревья мягколиственных пород. Состояние насаждения в целом хорошее, на долю здоровых деревьев приходится более 52 %.

В табл. 1 сведены общие данные в целом по каждой пробной площади, с выделением деревьев по санитарному состоянию.

Таксационные показатели

Порода	Возраст, лет	Кол-во деревьев	Диаметр, см	Высота, м	Запас, м^3
Сосна	70	12	17,3	20,9	6,36
Лиственница	60	12	14,9	19,8	5,6
Кедр	50	21	13,5	15,7	8,28
Ель	70	68	15,2	18,1	27,0
Пихта	60	141	12,1	16,7	33,30
Береза	70	131	16,1	20,2	64,40
Осина	80	6	22,9	22,5	7,01



Рис. 7. Пробная площадь № 7 (кв. 57, выдел 104)

Таблица 1. Средние таксационные показатели

№п/п	Состав	Возраст	Высота, м	Диаметр, см	Запас, м^3		Количество деревьев	
					здоровых	сухостойных	здоровых	сухостойных
1	6Б2Л2С+Е	45	14,6	12	58,8	37,52	45	122
2	4П2Б2Л1Е+С,К	100	16,6	19,3	41,59	25,34	133	157
3	5Б4Л1П+Е,К	60	18,7	14,1	0,31	61,05	9	193
4	7Л2П1К+Б,Е	120	22	20,1	3,93	68,4	2	81
5	3С1Л1К4Б1Ос	100	24,2	28,8	25,3	80,5	95	160
6	4С3Б1Е1Л1К+П	140	21,8	43	32,76	24,98	140	69
7	3Б3П2Е1К1С+Ос	70	19,7	16,1	31,1	33,3	203	188

Результаты обследования демонстрируют, что основу состава формируют хвойные виды: сосна, лиственница, ель, пихта и кедр (в незначительном количестве). В нижнем ярусе (подросте) господствуют ель и берёза. Обосновавшись под пологом сосны, они запускают процессы активного изменения экологических условий. Большинство специалистов (Зыряев, 1963; Ипатов, 1976) сходятся во мнении, что отношения между сосной и елью в таких системах являются положительными, что подтверждается нашими наблюдениями.

На рис. 8–11 представлена зависимость основных таксационных показателей по преобладающим породам на всех пробных площадях.

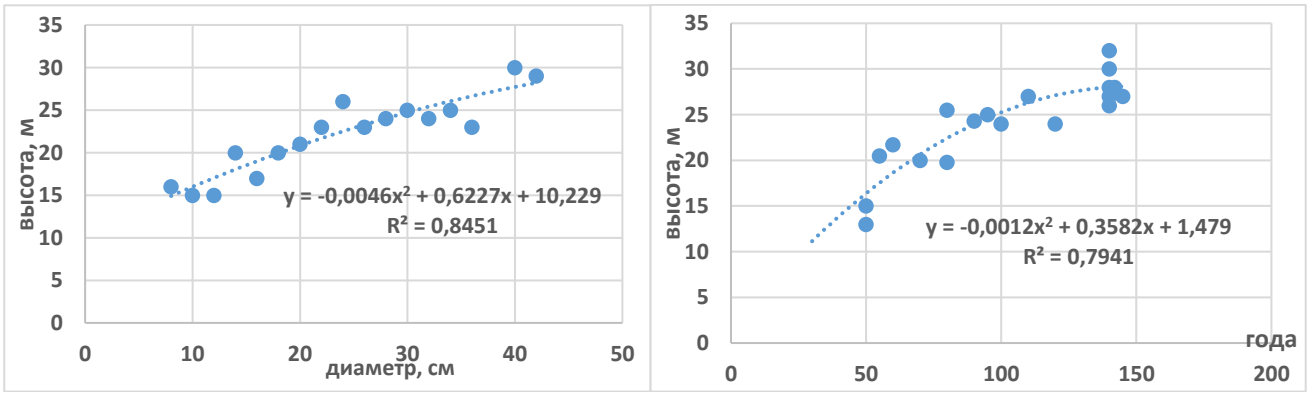

Рис. 8. Зависимость таксационных показателей по сосне

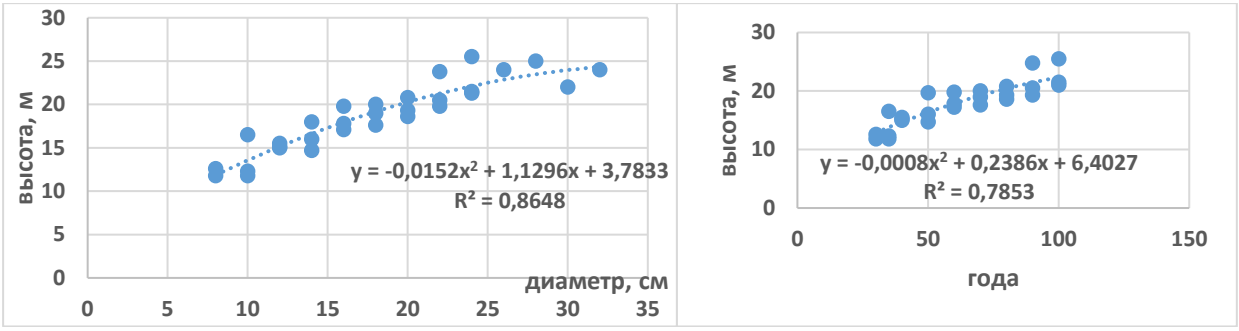

Рис. 9. Зависимость таксационных показателей по берёзе

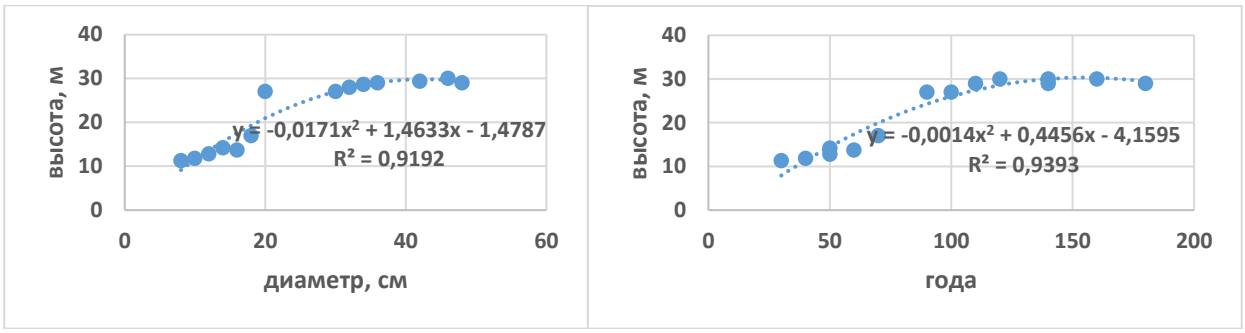

Рис. 10. Зависимость таксационных показателей по лиственнице

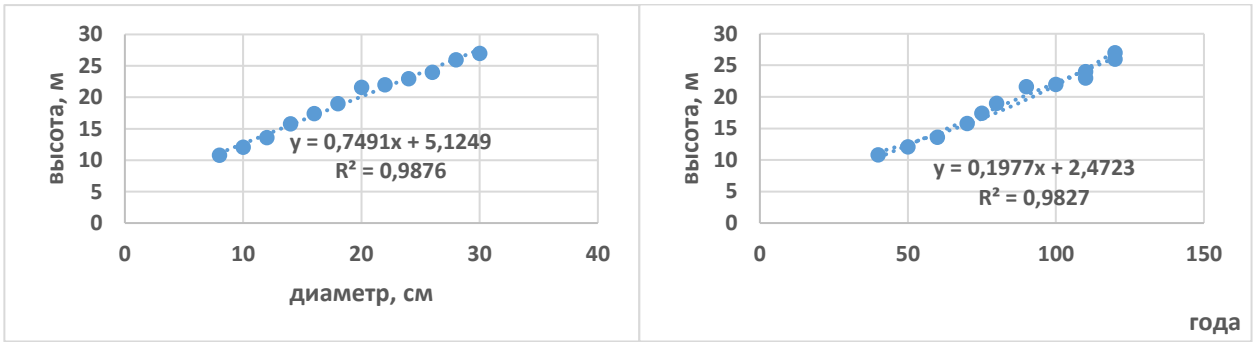

Рис. 11. Зависимость таксационных показателей по пихте

Распределение деревьев по диаметру является ключевым таксационным показателем, поскольку оно напрямую формирует сортиментную структуру насаждения и коррелирует с остальными биометрическими параметрами.

В чистых одновозрастных культурах сосна и ель представлены одним поколением, достигая среднего возраста 100 лет. Берёза, сопутствующая в смешанных насаждениях, появляется синхронно с хвойными породами, однако отличается меньшей долговечностью. Деревья берёзы в возрасте 80–90 лет переходят в категорию перестойных, отмирают, а их место занимают особи новых генераций.

Анализ пробных площадей показал отставание ели от сосны по высоте и диаметру, что объясняется конкурентным угнетением со стороны последней. Следовательно, динамика развития ели должна изучаться исключительно в контексте её существования с сосной.

Естественный отпад – закономерный процесс внутриценозной конкуренции, интенсивность которого зависит от экологических условий. Этой проблематике посвящены труды А.А. Дударева (1956), В.И. Левина (1959), А.В. Афанасьева (1963), А.В. Бугаева (1967), В.С. Мирошникова (1970), П.М. Верхунова и И.В. Дашко (1972), Н.В. Воропанова (1974), И.В. Логвинова и А.И. Кострюкова (1978), О.Н. Кранкиной (1986), О.А. Соколова и Бахтина (2001), О.А. Неволина и др. (2002). В.И. Левин и В.И. Калинин (1976) доказали возможность прогнозирования деревьев, обречённых на отпад в ближайшие 10–15 лет, что позволяет своевременно изымать их и повышать продуктивность лесов. Длительные наблюдения О.А. Неволина, С.В. Третьякова и О.О. Ереминой (2002) на постоянных пробных площадях показали, что в высокопродуктивных сосново-берёзовых древостоях отпад происходит преимущественно в тонкомерных ступенях толщины. За 41 год (к 69-летнему возрасту) на гектаре погибло: сосен – 3219 (86 % от исходного числа), берёз – 2047 (73 %) и осин – 367 (76 %). Суммарно погибло 5633 дерева или 80 % [4].

Наши исследования за 20-летний период выявили следующую картину отпада: сосна – 56 %, берёза – 64 %, ель с пихтой – 68 %, на долю второстепенных пород пришлось до 42 % погибших деревьев.

Разные породы в составе смешанного древостоя предъявляют неодинаковые требования к абиотической среде и оказывают взаимное влияние, что отражается на их росте и морфогенезе [10].

Заключение. По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. В лесах Приангарья смешанные леса занимают примерно около 12 % покрытой лесом площади.

2. Горизонтальная структура в средневозрастных насаждениях соответствует групповому расположению, а в спелых лесах наблюдается равномерное распределение деревьев по площади.

3. В зависимости от возрастной структуры хвойных пород, можно проследить закономерность лучших условий для развития подроста. Сосна в возрасте 120–140 лет регулирует равномерное размещение молодняков.

4. В смешанных древостоях деревья сосны имеют диаметры от 16 см до 44 см, ели от 10 см до 32 см, лиственницы от 14 см до 44 см, пихты от 12см до 24 см, кедра от14 см до 28 см, берёзы от 12 см до 20 см, осины от 18 см до 24 см.

5. Высоты у хвойных деревьев в чистых и смешанных древостоях практически не отличаются.

6. Установлена динамика состава для каждой породы, входящей в смешанный древостой.

7. Древесные породы в смешанных насаждениях функционируют как единая взаимосвязанная система, их комплексное изучение с обязательным учётом межвидового влияния является необходимым условием исследований.

Литература

1. Неволин О.А. Продуктивность смешанных сосняков Европейского Севера и организация хозяйства в них / О.А. Неволин, С.В. Третьяков, О.О. Еремина // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2004. – № 3. – С. 26–36.
2. Неволин О.А. Динамика высокопродуктивных сосново-березовых насаждений / О.А. Неволин, С.В. Третьяков, О.О. Еремина // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2008. № 1. С. 39–43.
3. Третьяков С.В. Прирост сосны и ели в смешанных древостоях средней подзоны тайги Европейского Севера России, затронутых хозяйственной деятельностью / С.В. Третьяков // Вестник московского государственного университета леса. Лесной вестник. 2007. № 5 (54). С. 137–139.
4. Третьяков С.В. Лесоводственные основы организации хозяйства в смешанных сосняках таежной зоны / С.В. Третьяков // Антропогенная трансформация природной среды: мат-лы Междунар. конф. (18–21 октября 2010 г.) Пермь: Ид-во Пермского гос. ун-та, 2010. Т. 3. С. 425–431.
5. Влияние долевого участия сосны и ели на таксационные показатели смешанных древостоев / Д.А. Данилов, Н.В. Беляева, А.Н. Мартынов, Д.А. Зайцев // Лесотехнический журнал. 2017. № 1. С. 49–58.
6. Севко О.А. Анализ влияния пространственной структуры на таксационные показатели в сложном древостое / О.А. Севко, В.В. Коцан // Труды БГТУ. № 1. Лесное хозяйство. 2020. № 2. С. 16-21.
7. Севко О.А. Влияние изменения пространственной структуры на прирост второго яруса ели в сложном древостое / О.А. Севко // Труды БГТУ. Серия 1. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2021. № 2. С. 28–35.
8. Севко О.А. Влияние внутривидовой и межвидовой конкуренции на таксационные показатели древесных пород в сложном древостое / О.А. Севко, В.В. Коцан, А.А. Мусский // Труды БГТУ. Серия 1. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2023. № 2. С. 5–13.
9. Беляева Н.В. Определение конкурентных межвидовых взаимоотношений в лиственно-хвойных древостоях / Н.В. Беляева, Д.А. Данилов, Т.А. Ищук // Лесотехнический журнал. 2014. № 3. С. 9–20.
10. 10.Чжан С.А., Пузанова О.А. Пространственно-временная структура лесов Приангарья // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 2(54). С. 95–99.

References

1. Nevolin O.A. Productivity of mixed pine forests of the European North and the organization of agriculture in them / O.A. Nevolin, S.V. Tretyakov, O.O. Eremina // News of higher educational institutions. Lesnoy zhurnal, 2004. No. 3, pp. 26–36.
2. Nevolin O.A. Dynamics of highly productive pine and birch plantations / O.A. Nevolin, S.V. Tretyakov, O.O. Eremina // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal, 2008, No. 1, pp. 39–43.
3. Tretyakov S.V. Growth of pine and spruce in mixed stands of the middle taiga subzone of the European North of Russia affected by economic activity / S.V. Tretyakov // Bulletin of the Moscow State University of Forests // Lesnoy vestnik. 2007. № 5 (54). Pp. 137–139.
4. Tretyakov S.V. The forestry foundations of the organization of agriculture in the mixed pine forests of the taiga zone / S.V. Tretyakov // Anthropogenic transformation of the natural environment: proceedings of the International Conference (October 18-21, 2010). Perm: Publishing House of Perm State University, 2010, vol. 3, pp. 425–431.
5. The influence of shared participation of pine and spruce on the taxation indicators of mixed stands / D.A. Danilov, N.V. Belyaeva, A.N. Martynov, D.A. Zaitsev // Lesotechnical Journal, 2017. No. 1, pp. 49–58.
6. Sevko O.A. Analysis of the influence of spatial structure on taxation indicators in a complex tree stand / O.A. Sevko, V.V. Kotsan // Proceedings of BSTU. No. 1. Forestry. 2020. No. 2. pp. 16–21.
7. Sevko O.A. The influence of spatial structure changes on the growth of the second tier of spruce in a complex stand / O.A. Sevko // Proceedings of BSTU. Series 1. Forestry, environmental management and processing of renewable resources. 2021. No. 2. pp. 28–35.
8. Sevko O.A. The influence of intraspecific and interspecific competition on the taxation indicators of tree species in a complex stand / O.A. Sevko, V.V. Kotsan, A.A. Mussky // Proceedings of BSTU. Series 1. Forestry, environmental management and processing of renewable resources. 2023. No. 2. pp. 5–13.
9. Belyaeva N.V. Determination of competitive interspecific relationships in deciduous and coniferous stands / N.V. Belyaeva, D.A. Danilov, T.A. Ishchuk // Forestry Engineering Journal, 2014, No. 3, pp. 9–20.
10. Zhang S.A., Puzanova O.A. The spatial and temporal structure of the forests of the Angara region // The system. Methods. Technologies. 2022. No. 2 (54). pp. 95–99.