

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-3-106-111>

УДК 630\*5:621.311



## ДИНАМИКА ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСКУССТВЕННЫХ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ НА РЕКУЛЬТИВИРОВАННОМ ЗОЛОТВАЛЕ

И.Е. Корчагин<sup>✉</sup>, С.В. Залесов, Р.А. Осипенко

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»; 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, Россия

**Аннотация.** Целью исследований являлась оценка изменений основных таксационных показателей искусственных сосновых древостоев, произрастающих на рекультивированном золоотвале №1 Рефтинской ГРЭС. Район проведения исследований относится к округу предлесостепных сосново-березовых лесов Зауральской равнинной провинции Западно-Сибирской равнинной лесной области. Исследования проводились на пробных площадях. Проанализирована динамика таксационных показателей древостоев за период с 2011 по 2021 гг. на 6 пробных площадях. Установлено, что сосновые насаждения на золоотвале характеризуются бонитетами от Ia до II. Запас древостоев 31-летнего возраста достигает 290 м<sup>3</sup>/га при среднем ежегодном приросте 9,4 м<sup>3</sup>/га. Максимальным приростом по высоте за период с 2011 по 2021 гг. характеризуются древостои 1999 и 2005 гг. посадки по диаметру 1992 и 2005, а по запасу – 1992 и 1999 гг. посадки. Минимальное значение прироста по запасу характерно для ПП 3 (1997 г. посадки) и объясняется сильной внутривидовой борьбой при высокой густоте древостоя, что свидетельствует о необходимости проведения рубок ухода.

**Ключевые слова:** подзона южной тайги, золоотвал, рекультивация, искусственные насаждения, сосна обыкновенная

**Формат цитирования:** Корчагин И.Е., Залесов С.В., Осипенко Р.А. Динамика таксационных показателей искусственных сосновых древостоев на рекультивированном золоотвале // Природообустройство. 2024. № 3. С. 106-111. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-3-106-111>

Original article

## DYNAMICS OF TAXATION INDICATORS OF ARTIFICIAL PINE STANDS ON THE RECLAIMED ASH DUMP

I.E. Korchagin<sup>✉</sup>, S.V. Zalesov, R.A. Osipenko

FSBEI HE "Ural State Forestry University"; 37, Sibirsky tract, Yekaterinburg, 620100, Russia

**Abstract.** The aim of the research was to assess changes in the main taxation indicators of artificial pine stands growing on the reclaimed ash dump No 1 of Reftinskaya GRES (SDPS- State District Power Station). The study area belongs to the district of preforest-steppe pine-birch forests of the Trans-Ural plain province of the West Siberian lowland forest region. The studies were carried out on sample plots (PTP). The dynamics of forest stand inventory indicators for the period from 2011 to 2021 on six sample plots is analyzed. It has been established that pine plantations on the ash dump are characterized by bonitets from Ia to II. The stock of forest stands of 31 years of age reaches 290 m<sup>3</sup>/ha, with an average annual growth of 9.4 m<sup>3</sup>/ha. The maximum increase in height for the period from 2011 to 2021 is characterized by stands of 1999 and 2005 years of planting, in diameter of 1992 and 2005, and in terms of stock of 1992 and 1999 years of planting. The minimum value of growth in terms of stock is typical for PTP-3 (1997 planting year) and is explained by strong intraspecific struggle with high stand density.

**Keywords:** southern taiga subzone, ash dump, reclamation, artificial plantations, Scot's pine

**Format of citation:** Korchagin I.E., Zalesov S.V., Osipenko R.A. Dynamics of taxation indicators of artificial pine stands on the reclaimed ash dump // Prirodoobustrojstvo. 2024. No. 3. P. 106-111. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-3-106-111>

**Введение.** Деятельность человека, обусловленная современным уровнем жизни, требует огромного количества ресурсов и, следовательно, большого количества энергии для их добычи и преобразования. Уральский регион,

издавна являющийся промышленным центром нашей страны, характеризуется не только высокой концентрацией промышленных производств, но и наличием здесь крупнейших объектов промышленности и энергетики. Одним из таких,

можно сказать, исполинов является Рефтинская ГРЭС, начавшая свою работу в 1970 г. и являющаяся крупнейшей угольной электростанцией в России. Электростанция, работающая на экибастузском угле, который характеризуется повышенной зольностью, оказывает сильную нагрузку на окружающую среду. Вопрос рекультивации золоотвала Рефтинской ГРЭС освещался и ранее [1-5]. Исследования направлены на дальнейшее изучение данного вопроса.

**Цель исследований:** оценка изменений основных таксационных показателей искусственных сосновых древостоев, произрастающих на рекультивированном золоотвале № 1 Рефтинской ГРЭС.

**Материалы и методы исследований.** Объект исследований располагается на территории бывшего золоотвала № 1 Рефтинской ГРЭС, прошедшего рекультивацию в 1992-2007 гг. В результате рекультивации создано 355 га сосновых насаждений. Территория золоотвала № 1 располагается в пределах Рефтинского участкового лесничества, площадь которого составляет 17579,0 га. Согласно исследованиям Г.А. Годовалова, с соавторами, объект исследований расположен в равнинном подрайоне Средне-Уральского таежного лесного района [6, 7].

В соответствии с действующим Перечнем лесных районов РФ [8] район проведения исследований относится к Средне-Уральскому таежному лесному району. По районированию Б.П. Колесникова с соавт. [9] район проведения исследований относится к округу предлесостепных сосново-березовых лесов Зауральской равнинной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области. Климат района, где проводились исследования, – континентальный.

В среднем здесь выпадает 447 мм осадков в год с преобладанием (49%) летних осадков [10].

В ходе исследований был применен общепринятый метод пробных площадей (далее – ПП). Пробные площади закладывались в том же квартале и выделе, что и в исследованиях А.А. Терина [3]. Каждая пробная площадь располагалась в пределах одного выдела в наиболее характерном для данного участка месте. Форма ПП – прямоугольная, размер подбирался с условием наличия в пределах ПП минимум 200 деревьев. На ПП производился сплошной перебор деревьев по диаметру на высоте 1,3 м. Замер высот производился у 25 деревьев по различным ступеням толщины пропорционально представительству каждой ступени [11]. Местонахождение и описание объекта исследований приведены в таблице 1. Общее представление об исследуемых древостоях отражено на рисунке 1.

**Результаты и их обсуждение.** Данные переборов, выполненных на ПП в 2011 и 2021 гг., позволили проанализировать динамику основных таксационных показателей искусственных сосновых древостоев, произрастающих на золоотвале № 1 Рефтинской ГРЭС.

Таксационная характеристика исследуемых искусственных сосняков приведена в таблице 2. Таксационная характеристика древостоев на 2011 г. приведена по данным А.А. Терина [3], на 2021 г. – по данным наших исследований.

Как и следовало ожидать, за десятилетний период средняя высота, средний диаметр, абсолютная полнота и запас исследуемых древостоев увеличились. При этом четыре древостоя из шести стали соответствовать более низкому классу бонитета.

**Таблица 1. Местонахождение и описание объектов исследования**

*Table 1. Location and description of research objects*

№ ПП № SP	№ квартала № quarter	№ выдела № plot	Координаты GPS GPS coordinates	Год посадки Year of planting	Средний шаг посадки, м Average landing step, m	Ширина междурядий, м Distance between rows, m	Густота посадки, тыс. шт./га Planting density, thousand pieces / ha	Межленточное пространство, м Inter-tape spaces, m	Средняя толщина насыпного грунта, см The average thickness of the filled soil, cm
1	107	8	57°06.667' 061°43.827'	1992	0,70	3,3	4,3	-	17
2	107	4	57°07.686' 061°45.939'	1996	0,55	3,3	5,5	5,0	47
3	107	3	57°07.614' 061°44.953'	1997	0,75	3,4	3,9	6,0	39
4	107	13	57°06.883' 061°45.430'	1999	0,64	3,2	4,9	-	39
5	107	24	57°07.421' 061°46.023'	2002	0,65	4,4	3,5	-	22
6	107	29	57°07.523' 061°45.994'	2005	0,60	3,0	5,6	-	15

В культурах на ПП 1, 2, 4 наблюдается процесс самоизреживания, то есть снижение густоты. Увеличение густоты древостоев на ПП 3, 5, 6 объясняется тем, что не все ПП были восстановлены в прежних границах предыдущих исследований [3]. Часть ПП была расширена, а часть – заложена на другом месте (в пределах того же выдела), так как найти столбы, установленные 10 лет назад, не удалось. Кроме того, увеличение густоты могло произойти за счет самосева и достижения частью высаженных ранее растений высоты 1,3 м. Другими словами, ранее не учитывавшиеся растения при последующем пересчете вошли в него.

В целом можно отметить, что лучшими показателями прироста по высоте как по абсолютной, так и по относительной величине, характеризуются сосновые насаждения, произрастающие на ПП 4 и 6, созданные в 1999 и 2005 гг. (рис. 2).



Рис. 1. Культуры сосны на золоотвале Рефтинской ГРЭС (ПП 1)

Fig. 1. Crops of pine on the ash dump of Reftinskaya GRES (SP 1)

Увеличение значений среднего диаметра идет несинхронно по отношению к увеличению средней высоты. Так, если максимальные значения прироста по высоте наблюдались за период с 2011 по 2021 гг. в лесных культурах 1999 и 2005 гг. посадки, то максимальный прирост по диаметру за тот же период наблюдался у лесных культур 1992 и 2005 гг. посадки (рис. 3).

Минимальные значения прироста культур по диаметру зафиксированы на ПП 2 и 3 (1996, 1997 гг. посадки), что можно объяснить меньшей равномерностью размещения деревьев на данных участках. Культуры на ПП 2 и 3 являются ленточными (полосными).

Помимо средней высоты и среднего диаметра, важнейшей характеристикой древостоев является их запас. В искусственных сосновых насаждениях, созданных на золоотвале Рефтинской ГРЭС, увеличение запаса происходит весьма интенсивно.

Материалы (рис. 4) свидетельствуют о том, что особенно существенное увеличение запаса за десятилетний период произошло на ПП-1 (1992 г. посадки), ПП-2 (1996 г. посадки) и ПП-4 (1999 г. посадки).

Культуры 1997 г. посадки характеризуются наименьшим приростом по запасу как в абсолютных, так и в относительных величинах. Вероятной причиной этого может быть высокая густота древостоя в сочетании с неравномерным размещением деревьев по площади. Полученные нами закономерности влияния густоты на другие таксационные показатели сосновых древостоев согласуются с результатами подобных исследований, посвященных изучению вопроса выращивания искусственных сосняков [12-14].

Таблица 2. Таксационная характеристика искусственных сосняков

Table 2. Taxation characteristic of cultivated forest stands

№ ПП № SP	Год посадки Years of planting	Год наблюдения Year of observation	Состав древостоя The composition of the stand	Густота, шт./га Density, pcs / ha	Возраст биологического, лет Biological age, years	Средние / Average		Полнота абсолютная, м <sup>2</sup> /га Absolute thickness, m <sup>2</sup> / ha ensity, m <sup>2</sup> / ha	Запас древостоя, м <sup>3</sup> /га Stand stock, m <sup>3</sup> / ha	Класс бонитета Quality class
						Высота, м Height, m	Диаметр, см Diameter, cm			
1	1992	2011	10С	3390	21	11,5	9,1	22,11	141	Ia
		2021	10С	2628	31	14,6	13,4	37,00	290	Ia
2	1996	2011	10С	3467	17	8,8	9,0	13,74	75	Ia
		2021	10С	2894	27	12,5	11,0	27,70	195	I
3	1997	2011	10С	3632	16	7,8	7,9	17,82	88	Ia
		2021	10С	3659	26	10,5	8,6	21,40	137	II
4	1999	2011	10С	4377	14	6,4	6,4	14,07	61	Ia
		2021	10С	3880	24	11,5	9,5	27,70	188	I
5	2002	2011	10С	2142	13	5,4	5,4	4,85	18	Ia
		2021	10С	2362	23	7,8	9,4	16,30	81	I
6	2005	2011	10С	3016	10	2,4	2,4	1,423	3	II
		2021	10С	3200	20	7,0	8,0	16,10	68	II



На рисунках 5-7 приведены линии хода роста исследуемых древостоев по средней высоте, среднему диаметру и запасу древостоя. Точками обозначены аппроксимируемые значения таксационных показателей, а серыми линиями – направления изменений таксационных показателей древостоев за 10 лет. Вспомогательные (серые) линии хода роста позволяют оценить, насколько однонаправленны процессы роста исследуемых культур. При этом чем круче направлена линия, тем интенсивнее идет рост.

Например, рост культур по диаметру на ПП 2 и 3 явно замедлен, и, вероятно, эта тенденция будет сохраняться, пока древостой не будет прорежен.

Снижение класса бонитета на четырех из шести пробных площадей можно объяснить тем, что технический этап рекультивации золоотвала заключался в размещении на его поверхности слоя грунта толщиной 15-47 см, и на начальном этапе роста лесные культуры осваивали корневыми системами этот слой. В настоящее время корневые системы развиваются в слое золы, что

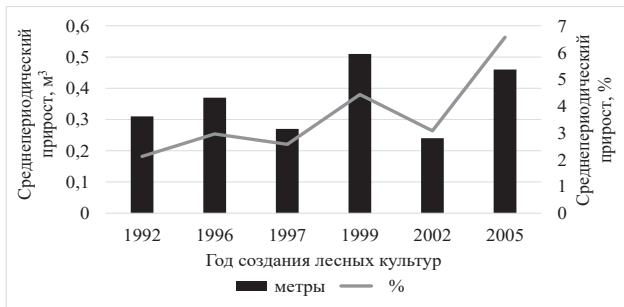


Рис. 2. Среднепериодический прирост культур сосны по высоте

Fig. 2. Average periodic height growth in artificial crops of pine trees



Рис. 3. Среднепериодический прирост культур сосны по диаметру

Fig. 3. Average periodic diameter growth in artificial crops of pine trees



Рис. 4. Относительный и абсолютный показатели среднепериодического прироста по запасу за период с 2011 по 2021 гг.

Fig. 4. Relative and absolute indicators of average periodic growth of a stock for the period from 2011 to 2021

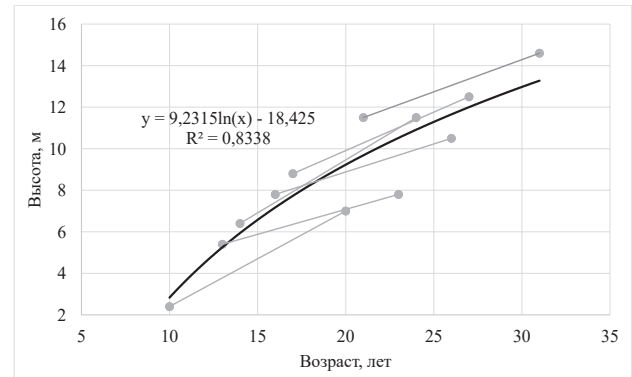


Рис. 5. Ход роста культур сосны по средней высоте

Fig. 5. Growth course of pine crops on average height

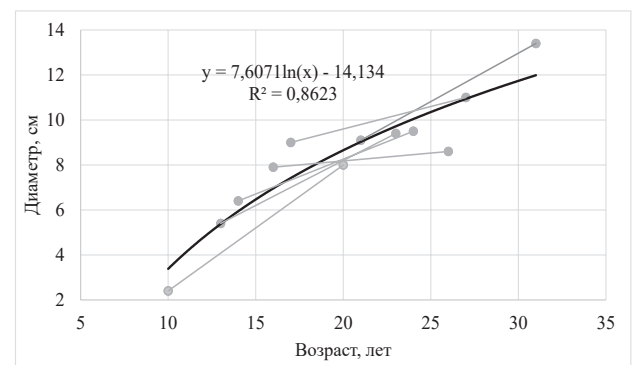


Рис. 6. Ход роста культур сосны по среднему диаметру

Fig. 6. Growth course of pine crops on average diameter

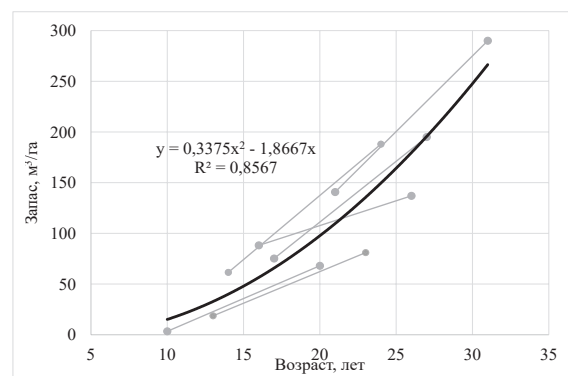


Рис. 7. Ход роста культур сосны по запасу древостоя

Fig. 7. Growth course of pine crops on stand stock

не может не сказаться на производительности древостоев. Также одним из факторов снижения класса бонитета может являться накопление большого количества угнетенных и отставших в росте деревьев. Их накопление обусловлено недостаточно интенсивными процессами самоизреживания древостоев, что в свою очередь приводит к ослаблению исследуемых сосняков и ухудшению их санитарного состояния [15]. Для нивелирования данной негативной тенденции в исследуемых сосняках следует проводить рубки ухода по низовому методу, что увеличит площадь питания деревьев, оставленных на доращивание, и позволит сформировать более устойчивые насаждения [16, 17].

### Выводы

1. За десятилетний период таксационные показатели исследуемых древостоев довольно сильно увеличились: средняя высота –

в 1,3...2,9 раза; средний диаметр – в 1,1...3,3 раза; абсолютная полнота – в 1,2...11,3 раза; запас древостоя – в 1,6...22,7 раза. Наибольшие изменения произошли в самом молодом древостое.

2. На рекультивированном золоотвале № 1 Рефтинской ГРЭС произрастают основные насаждения Ia-II классов бонитета. При этом за десятилетний период большая часть древостоев сменила класс бонитета на более низкий.

3. Запас искусственных сосновых древостоев на рекультивированных золоотвалах Среднего Урала к 31-летнему возрасту может достигать 290 м<sup>3</sup>/га при среднем годовом приросте 9,4 м<sup>3</sup>/га.

4. Lentочные культуры сосны ввиду неравномерного размещения деревьев по площади раньше замедляют свой рост по диаметру, а следовательно, такие культуры нуждаются в рубках ухода в более раннем возрасте по сравнению с рядовыми культурами.

### Список использованных источников

1. **Махнев А.К.** Экологические основы и методы биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций на Урале / Махнев А.К., Чибрик Т.С., Трубина М.Р. и др. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 356 с.
2. **Залесов С.В.** Формирование искусственных насаждений на золоотвале Рефтинской ГРЭС / Залесов С.В., Залесова Е.С., Зверев А.А. и др. // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2013. № 2 (332). С. 66-73.
3. **Терин А.А.** Формирование лесных насаждений на мелиорированных землях в подзоне лесостепи для сосновых и березовых лесов Свердловской области: специальность 06.03.02 "Лесное хозяйство, лесохозяйственная практика, лесоустройство и лесная таксация": диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Терин Алексей Александрович. Екатеринбург, 2014. 134 с.
4. **Zalesov S.V., Ayan S., Zalesova E.S., Opletaev A.S.** Experiences on Establishment of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Plantation in Ash Dump Sites of Reftinskaya Power Plant, Russia // *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*. 2020. V. 35 (1).
5. **Осипенко Р.А.** Характеристика живого напочвенного покрова под пологом искусственных сосняков, произрастающих на рекультивированном золоотвале Рефтинской ГРЭС / Осипенко Р.А., Осипенко А.Е., Корчагин И.Е., Зведеннинова Е.В. и др. // *Journal of Agriculture and Environment*. 2024. № 2 (42). DOI: 10.23649/JAE.2024.42.8.
6. **Годовалов Г.А., Залесов С.В., Лежнина Е.Н.** Районирование лесов Свердловской области // *Аграрный вестник Урала*. 2011. № 8 (87). С. 35-36.
7. **Годовалов Г.А.** К вопросу о необходимости уточнения перечня лесных районов Свердловской области / Годовалов Г.А., Залесов С.В., Залесова Е.С., Чермных А.И. // *Леса России и хозяйство в них*. 2016. № 3 (58). С. 12-19.
8. Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации: утв. приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18 августа 2014 г. № 367, ред. от 2 августа 2023 г. URL:

### References

1. **Makhnev A.K.** Ecological fundamentals and methods of biological recultivation of ash dumps of thermal power plants in the Urals / Makhnev A.K., Chibrik T.S., Trubina M.R., Lukina N.V. *Ekatereburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2002. 356 p.
2. **Zalesov S.V.** Method of growing artificial pine stands at the ash dumps of the Reftinskaya Power Plant / Zalesov S.V., Zalesova E.S., Zverev A.A. // *Russian Forestry Journal*. 2013. No. 2 (332). P. 66-73.
3. **Terin A.A.** Formation of forest plantings on the reclaimed lands in the underzone of forest-steppe for the pine and birch woods of the Sverdlovsk region: specialty 06.03.02 "Forestry, forestry practice, forest management, and forest taxation": dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Terin Alexey Alexandrovich. Yekaterinburg, 2014. 134 p.
4. **Zalesov S.V., Ayan S., Zalesova E.S., Opletaev A.S.** Experiences on Establishment of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Plantation in Ash Dump Sites of Reftinskaya Power Plant, Russia // *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 2020, V. 35 (1)
5. **Osipenko R.A.** Characteristics of the living ground cover under the canopy of artificial pine forests growing on the reclaimed ash dump of Reftinskaya GRES / Osipenko R.A., Osipenko A.E., Korchagin I.E., Zvedeninova E.V., Klinov A.S. // *Journal of Agriculture and Environment*. 2024. No. 2 (42), DOI: 10.23649/JAE.2024.42.8.
6. **Godovalov G.A.** Zoning of forests of the Sverdlovsk region / Godovalov G.A., Zalesov S.V., Lezhnina E.N. // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2011. No. 8 (87). P. 38-39.
7. **Godovalov G.A.** On the necessity to specify the list of forest regions in the Sverdlovsk region / Godovalov G.A., Zalesov S.V., Zalesova E.S., Chermnyh A.I. // *Forests of Russia and economy in them*. 2016. No. 3 (58). P. 12-19.
8. About the approval of the List of forest-growing zones of the Russian Federation and the List of forest areas of the Russian Federation: [Approved by Decree of the Ministry of Natural Resources of Russia dated 18.08.2014 No. 367. (editorial board from 02.08.2023)] // URL: <https://docs.cntd.ru/document/420224339> (date of application 12.01.2024).

<https://docs.cntd.ru/document/420224339> (дата обращения: 12.01.2024).

9. **Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П.** Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 177 с.

10. **Мошкин А.М., Оленев А.М., Шувалов Е.М.** География Свердловской области. Свердловск: Средне-Уральское книжное изд-во, 1970. 110 с.

11. **Бунькова Н.П.** Основы фитомониторинга: учебное пособие. Изд. 3-е, доп. и перераб. / Бунькова Н.П., Залесов С.В., Залесова Е.С. и др. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2020. 90 с. ISBN 978-5-94984-727-5.

12. **Залесов С.В., Лобанов А.Н., Луганский Н.А.** Рост и продуктивность сосняков искусственного и естественного происхождения. Екатеринбург: УГЛТУ, 2002. 112 с.

13. **Ebel A.V., Ebel Y.I., Zalesov S.V. et al.** The Effects of Different Intensity of Thinning on the Development in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Stands in Kazakh Uplands // *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*. 2019. 34 (2). Pp. 182-187. DOI: 10.28955/alinterzbd.639014.

14. **Осипенко А.Е., Башегуров К.А., Осипенко Р.А.** Лесоводственная эффективность прореживания в загущенном сосняке в заброшенном лесном питомнике // *Леса России и хозяйство в них*. 2023. № 4 (87). С. 28-39. DOI: 10.51318/FRET.2023.87.4.002.

15. **Корчагин И.Е., Дегтярев И.С., Осипенко А.Е.** Санитарное состояние лесных культур на золоотвале № 1 Рефтинской ГРЭС // *Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: Материалы XIX Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов*. Екатеринбург: УГЛУ, 2023. С. 154-158.

16. **Эбель А.В., Залесов С.В., Муканов Б.М.** Влияние полноты и густоты на рост сосновых древостоев Казахского мелкосопочника и эффективность рубок ухода в них: монография. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2015. 221 с.

17. **Осипенко А.Е., Клинов А.С.** Качественные характеристики деревьев сосны в искусственных древостоях после рубок ухода // *Леса России и хозяйство в них*. 2022. № 3 (82). С. 56-64. DOI: 10.51318/FRET.2022.99.30.007.

#### Об авторах

**Иван Евгеньевич Корчагин**, ассистент кафедры лесоводства, аспирант; ORCID: 0000-0003-1272-8579; AuthorID: 1115308; korchagini@m.usfeu.ru

**Сергей Вениаминович Залесов**, д-р с.-х. наук, профессор; заведующий кафедрой лесоводства, ORCID: 0000-0003-3779-410x; AuthorID: 185418; zalesovsv@m.usfeu.ru

**Регина Александровна Осипенко**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры лесоводства; ORCID: 0000-0003-3359-3079; AuthorID: 1026584; osipenkora@m.usfeu.ru

#### Критерии авторства / Authorship criteria

Корчагин И.Е., Залесов С.В., Осипенко Р.А. выполнили экспериментальные и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

#### Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов / The authors declare that there are no conflicts of interest

#### Вклад авторов / Contribution of authors

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации / All the authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 28.12.2023

Поступила после рецензирования / Received after peer review 14.02.2024

Принята к публикации / Accepted for publication 14.02.2024

9. **Kolesnikov B.P.** Forest conditions and forest types of the Sverdlovsk region / Kolesnikov B.P., Zubareva R.S., Smolonogov E.P. Sverdlovsk: USC of the USSR Academy of Sciences, 1973. 177 p.

10. **Moshkin A.M.** Geography of the Sverdlovsk region / Moshkin A.M., Olenov A.M., Shuvalov E.M.. Sverdlovsk: Sredne-Ural. book publishing house, 1970. 110 p.

11. **Bunyikova N.P.** Base phytomonitoring: training manual / Bunykova N.P., Zalesov S.V., Zalesova E.S., Magasumova A.G., Osipenko R.A.. – 3rd edition, expanded and revised. – Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering un-t, 2020. 90 p. ISBN 978-5-94984-727-5.

12. **Zalesov S.V.** Growth and productivity of pine forests of artificial and natural origin / Zalesov S.V., Lobanov A.N., Lugansky N.A.. Ekaterinburg: UGLTU, 2002. 112 p.

13. **Ebel A.V.** The Effects of Different Intensity of Thinning on the Development in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Stands in Kazakh Uplands / A.V. Ebel, Y.I. Ebel, S.V. Zalesov et al. // *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 2019; No. 34 (2). P. 182-187. DOI: 10.28955/alinterzbd.639014.

14. **Osipenko A.E.** Forestry efficiency of logging in a thickened pine forest in an abandoned forest nursery / Osipenko A.E., Bashegurov K.A., Osipenko R.A. // *Forests of Russia and economy in them*. 2023. No. 4 (87). P. 28-39. – DOI 10.51318/FRET.2023.87.4.002.

15. **Korchagin I.E.** Sanitary condition of forest crops at the ash dump no. 1 at Reftinskaya GRES / Korchagin I.E., Degtyarev I.S., Osipenko A.E. // *Scientific creativity of youth – to the forest complex of Russia: materials of the XIX All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of students and postgraduates*. Ekaterinburg, Uralsky GLU, 2023. P. 154-158.

16. **Ebel A.V.** Influence of normality and density on the growth of pine stands in the Kazakh Uplands forests and the effectiveness of improvement cutting in it / Ebel A.V., Ebel E.I., Zalesov S.V., Mukanov B.M. Monograph. Ekaterinburg. Ural. gos. lesotechn. un. university, 2015. 221 p.

17. **Osipenko A.E.** Qualitative characteristics of pine trees in artificial stands after improvement thinning / Osipenko A.E., Klinov A.S. // *Forests of Russia and economy in them*. 2022. No. 3 (82). P. 56-64. DOI 10.51318/FRET.2022.99.30.007.

#### Author information

**Ivan E. Korchagin**, Assistant of Forestry Department, postgraduate student; ORCID: 0000-0003-1272-8579; AuthorID: 1115308; korchagini@m.usfeu.ru

**Sergey V. Zalesov**, Head of the Department of Forestry, DSc (Agro), Professor; ORCID: 0000-0003-3779-410x; AuthorID: 185418; Researcher ID (WoS): H-2605-2019 Author ID (Scopus): 6504195275; zalesovsv@m.usfeu.ru

**Regina A. Osipenko**, CSc (Agro), Associate Professor of Forestry Department; ORCID: 0000-0003-3359-3079; AuthorID: 1026584; osipenkora@m.usfeu.ru

Korchagin I.E., Zalesov S.V., Osipenko R.A. carried out experimental and theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript, they have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.