

УДК 630\*161  
DOI 10.17513/use.38168

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЕЕ АРЕАЛА

<sup>1</sup>Корчагов С.А., <sup>2</sup>Щекалев Р.В., <sup>1</sup>Грибов С.Е.,  
<sup>1</sup>Михайлов К.Л., <sup>3</sup>Чавчавадзе Е.С.

<sup>1</sup>ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства», Архангельск,  
e-mail: korchagov@sevniilh-arh.ru, griboff.s.e@mail.ru, klm1958@sevniilh-arh.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
имени С.М. Кирова», Санкт-Петербург, e-mail: schekalevr@yandex.ru;

<sup>3</sup>ФГБУН «Ботанический институт имени В.Л. Комарова» Российской академии наук,  
Санкт-Петербург, e-mail: binadmin@binran.ru

Условия роста древесных растений, обусловленные климатическими факторами, почвенно-гидрологическим режимом, а также техногенными нагрузками, оказывают определенное влияние на формирование произрастающей древесины и ее плотность. Результаты проведенных ранее исследований не позволяют сделать однозначный вывод о влиянии условий местопроизрастания на базисную плотность формирующейся древесины сосны обыкновенной. Цель проведенных исследований – изучение изменчивости базисной плотности древесины сосны обыкновенной с учетом условий роста в северо-восточной части ее естественного ареала произрастания. Объектами исследования выступали насаждения сосны обыкновенной естественного происхождения, V–VI класса возраста, произрастающие в северо-восточной части ареала (северотаежный район европейской части Российской Федерации, Двинско-Вычегодский таежный район, район притундровых лесов и редкостойной тайги Европейско-Уральской части Российской Федерации). В результате проведенного исследования авторами выявлено, что базисная плотность древесины сосны обыкновенной, произрастающей в древостоях V–VI класса возраста в северо-восточной части ареала своего распространения, составляет 473 кг/м<sup>3</sup>. Базисная плотность древесины варьирует в пределах отдельных локаций, и результаты проведенных исследований носят фрагментарный характер. В результате исследований установлено, что с улучшением условий местопроизрастания величина базисной плотности снижается. Также установлено, что при увеличении расстояния от источников эмиссии вредных веществ в атмосферу базисная плотность древесины сосны уменьшается.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная, условия произрастания, техногенная нагрузка, процент поздней древесины, макроскопическое строение древесины, базисная плотность древесины

## VARIABILITY OF WOOD DENSITY OF SCOTS PINE IN THE NORTH-EASTERN PART OF ITS RANGE

<sup>1</sup>Korchagov S.A., <sup>2</sup>Schekalev R.V., <sup>1</sup>Gribov S.E.,  
<sup>1</sup>Mikhaylov K.L., <sup>3</sup>Chavchavadze E.S.

<sup>1</sup>Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk,  
e-mail: korchagov@sevniilh-arh.ru, griboff.s.e@mail.ru, klm1958@sevniilh-arh.ru;

<sup>2</sup>Saint Petersburg State Forestry Engineering University named after S.M. Kirov,  
Saint Petersburg, e-mail: schekalevr@yandex.ru;

<sup>3</sup>V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Science,  
Saint Petersburg, e-mail: binadmin@binran.ru

The growth conditions of woody plants, determined by climatic factors, soil-hydrological regime, as well as technogenic loads, have a certain impact on the formation of growing wood and its density. The results of previous studies do not allow us to draw an unambiguous conclusion about the influence of growing conditions on the basic density of developing Scots pine wood. The purpose of the research was to study the variability of the base density of Scots pine wood, taking into account growth conditions in the northeastern part of its natural growing area. The objects of the study were stands of Scots pine of natural origin, age class V-VI, growing in the north-eastern part of the range (North taiga region of the European part of the Russian Federation, Dvina-Vychedga taiga region, area of tundra forests and sparse taiga of the European-Ural part of the Russian Federation). As a result of the study, the authors found that the basic density of Scots pine wood growing in forest stands of V-VI age classes in the northeastern part of its distribution area is 473 kg/m<sup>3</sup>. The basic density of wood varies within individual locations and the results of the studies are fragmentary. As a result of research, it has been established that with the improvement of growing conditions, the value of the base density decreases. In addition, it has been established that with increasing distance from sources of emission of harmful substances into the atmosphere, the basic density of pine wood decreases.

**Keywords:** Scots pine, growing conditions, anthropogenic load, macroscopic structure of wood, percentage of late wood, basic wood density

Вопрос о влиянии условий произрастания на плотность древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) имеет богатую научно-практическую историю. Установлено, что условия местопроизрастания могут вызвать ответную реакцию живых растительных организмов. Одно из проявлений ответной реакции – формирование определенной структуры древесины, обуславливающей ее плотность.

Опубликованные ранее результаты исследований, проведенных в условиях Европейского Севера России, не дают однозначного ответа о влиянии лесорастительных условий на плотность древесины сосны обыкновенной. Так, в исследованиях авторов выявлен незначительный рост плотности древесины по мере улучшения условий произрастания в зональном аспекте (Балтийско-Белозерский таежный район – 450, Южно-таежный район – 458 кг/м<sup>3</sup>). Д.Ю. Коноваловым [1] отмечается более высокая плотность древесины сосны в Южно-таежном районе и снижение показателя в Северо-таежном районе. О.Н. Тюкавина с соавторами утверждают, что древесина с минимальными показателями плотности формируется в сосняках черничных, кисличных и брусничных (380, 390 и 400 кг/м<sup>3</sup>), однако на почвах с избыточным увлажнением (болотистых) данный показатель достигает максимального значения и составляет 440 кг/м<sup>3</sup> [2]. Исследованиями П.А. Феклистова, С.Н. Тарханова [3] и др., кроме того, отмечается неоднозначность реакции сосны обыкновенной на техногенное воздействие.

Цель исследования – изучить изменчивость базисной плотности древесины сосны обыкновенной с учетом условий роста в северо-восточной части ее естественного ареала произрастания.

#### Материалы и методы исследования

Объектами исследования выступали насаждения сосны обыкновенной естественного происхождения, V–VI класса возраста, произрастающие в северо-восточной части ареала (Северо-таежный район европейской части Российской Федерации, Двинско-Вычегодский таежный район, район притундровых лесов и редкостойной тайги Европейско-Уральской части Российской Федерации).

Методической базой при проведении исследования являлись основополагающие труды в области лесоводства, таксации и древесиноведения [4], а также положения национальных стандартов. Степень атмосферного загрязнения учитывалась на основании положений, изложенных ранее [3].

Определение лесоводственно-таксационных показателей насаждений выполнено на основе материалов таксации пробных площадей, заложенных в различных типах леса, а также на различных расстояниях от центра аэротехногенного загрязнения (в радиусе до 50 км от соответствующего населенного пункта). Класс бонитета установлен по шкале М.М. Орлова, тип леса – по классификации В.Н. Сукачева.

Для исследования макроструктуры и базисной плотности использовали керны, отобранные возрастным буровом с 15–20 средних деревьев. Отбор кернов осуществляли на высоте 1,3 м от корневой шейки в направлении север-юг. Базисная плотность древесины определена методом максимальной влажности, показатели макростроения – с использованием микроскопа МБС-1. Полученные экспериментальные материалы обработаны общеизвестными методами вариационной статистики.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Древостои сосны обыкновенной произрастают в различных условиях, что характеризуется типом леса и бонитетом. С ухудшением лесорастительных условий класс бонитета снижается (табл. 1).

В результате проведенных исследований авторами установлено, что средняя базисная плотность древесины сосны обыкновенной спелых древостоев, произрастающих в северо-восточной части ареала распространения, составляет 473 кг/м<sup>3</sup>. Базисная плотность древесины сосны обыкновенной изменяется в интервале от 507 до 439 кг/м<sup>3</sup> в зависимости от условий местопроизрастания. По мере продвижения с юга на север в границах исследуемого региона, то есть по мере ухудшения лесорастительных условий, наметилась некоторая тенденция снижения базисной плотности древесины (табл. 2). Однако существенность различий средних значений по базисной плотности между отдельными районами выявлена лишь при сопоставлении данных в кустарничково-сфагновом типе леса ( $t_{факт.} > t_{0,10}$ ).

Учитывая результаты проведенных исследований и полученные ранее авторами данные, а также данные ряда других авторов [4, 5], можно сделать вывод, что изменчивость базисной плотности древесины сосны обыкновенной носит фрагментарный характер и скорее всего закреплена на генетическом уровне, выход за пределы которого нарушает адаптационную способность отдельного дерева к внешним условиям среды.

Таблица 1

Бонитеты сосновых древостоев по районам исследования и типам леса

Класс бонитета		
Сосняк черничный свежий	Сосняк черничный влажный	Сосняк кустарничково-сфагновый
Северо-таежный район европейской части Российской Федерации (район г. Архангельска)		
III–IV	IV–V	V–Vб
Двинско-Вычегодский таежный район (район г. Сыктывкара)		
III–V	III–V	V–IV
Двинско-Вычегодский таежный район (район г. Котласа)		
IV–V	IV	V–Va
Район притундровых лесов и редкостойной тайги Европейско-Уральской части Российской Федерации (район г. Нарьян-Мара)		
н/д	н/д	V–Va

Таблица 2

Базисная плотность древесины сосны обыкновенной

Среднее значение с его ошибкой	Базисная плотность по типам леса, кг/м <sup>3</sup>		
	Сосняк черничный свежий	Сосняк черничный влажный	Сосняк кустарничково-сфагновый
Северо-таежный район европейской части Российской Федерации (район г. Архангельска)			
M ± m	467±13	473±12	507±13
Двинско-Вычегодский таежный район (район г. Сыктывкара)			
M ± m	442±12	457±11	469±11
Двинско-Вычегодский таежный район (район г. Котласа)			
M ± m	439±13	448±12	476±10
Район притундровых лесов и редкостойной тайги Европейско-Уральской части Российской Федерации (район г. Нарьян-Мара)			
M ± m	н/д	н/д	478±12

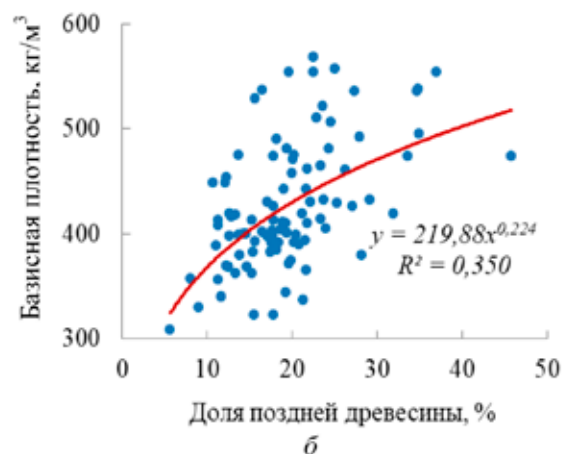
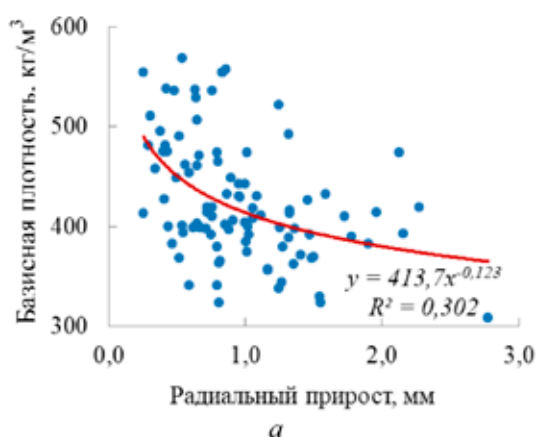


Рис. 1. Связь базисной плотности древесины со средней шириной годичного кольца (а) и процентом поздней древесины (б)

При статистической обработке полученных данных установлено, что изменчивость базисной плотности древесины сосны в разрезе отдельных изучаемых районов находится в пределах низкого уровня по шкале С.А. Мамаева. Для древостоев кустарничково-сфагновых коэффициент изменчивости составляет 12% для Архангельска, 12% для Сыктывкара, 10% для Котласа и 7% для Нарьян-Мара. В более производительном

типе леса (сосняках черничных свежих) изменчивость показателя менее выражена (для Архангельска – 8%; для Сыктывкара – 9%, для Котласа – 9%).

Корреляционный анализ полученных данных для древостоев, произрастающих в районе Архангельска, выявил средний уровень связи между базисной плотностью древесины и средней шириной годичного кольца и процентом поздней древесины (рис. 1).

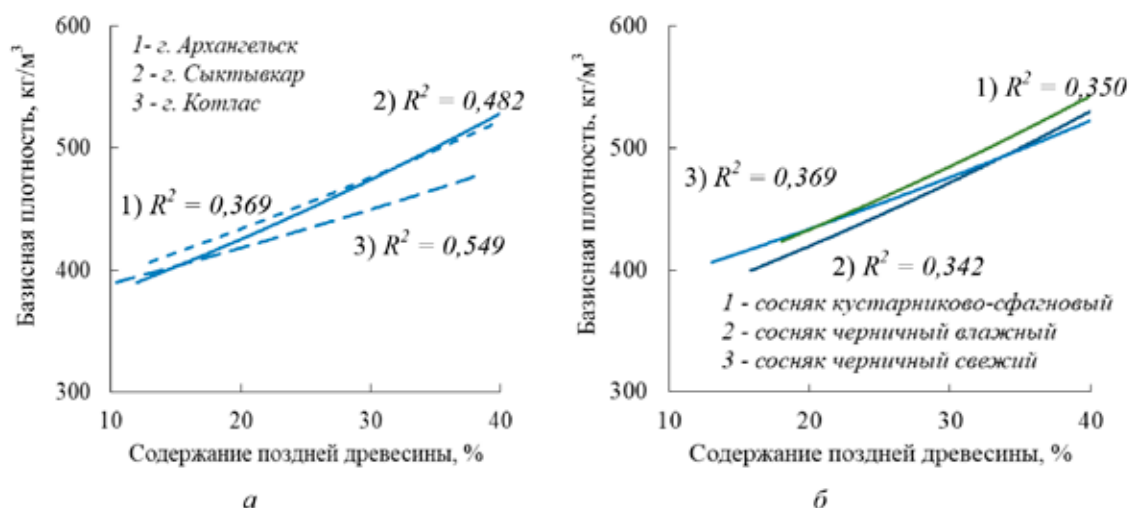


Рис. 2. Взаимосвязь базисной плотности древесины сосны обыкновенной с процентом поздней древесины в годичном слое (сосняк черничный свежий) (а); типы леса (б)

Таблица 3

Корреляция плотности древесины сосны обыкновенной с шириной годичного кольца и долей поздних зон по районам исследования и типам леса

Показатель	Сосняк		
	кустарничково-сфагновый	черничный влажный	черничный свежий
Северо-таежный район европейской части Российской Федерации (район г. Архангельска)			
Средняя ширина годичного слоя	-0,548±0,071	-0,530±0,081	-0,472±0,092
% поздней древесины	0,591±0,066	0,584±0,071	0,607±0,103
Двинско-Вычегодский таежный район (район г. Сыктывкара)			
Средняя ширина годичного слоя	-0,515±0,093	-0,546±0,085	-0,394±0,118*
% поздней древесины	0,686±0,082	0,711±0,061	0,693±0,091
Двинско-Вычегодский таежный район (район г. Котласа)			
Средняя ширина годичного слоя	-0,408±0,112*	-0,420±0,102	-0,391±0,108*
% поздней древесины	0,723±0,101	0,719±0,094	0,742±0,114
Район притундровых лесов и редкостойной тайги Европейско-Уральской части Российской Федерации (район г. Нарьян-Мара)			
Средняя ширина годичного слоя	-0,537±0,095	н/д	н/д
% поздней древесины	0,601±0,087	н/д	н/д

Примечание. \*соотношение корреляции к величине ошибки менее 4,0.

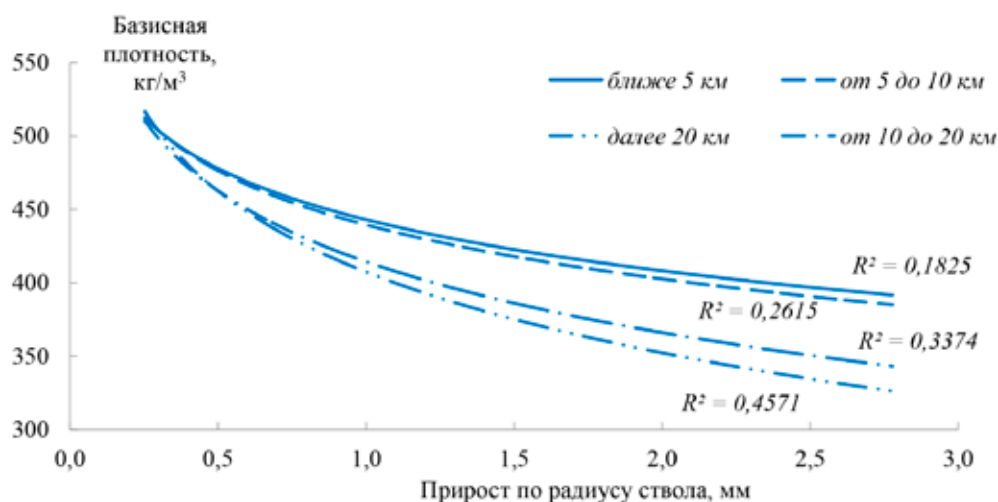


Рис. 3. Взаимосвязь базисной плотности древесины со средней шириной годичного слоя по мере удаления от источника аэротехногенных загрязнений

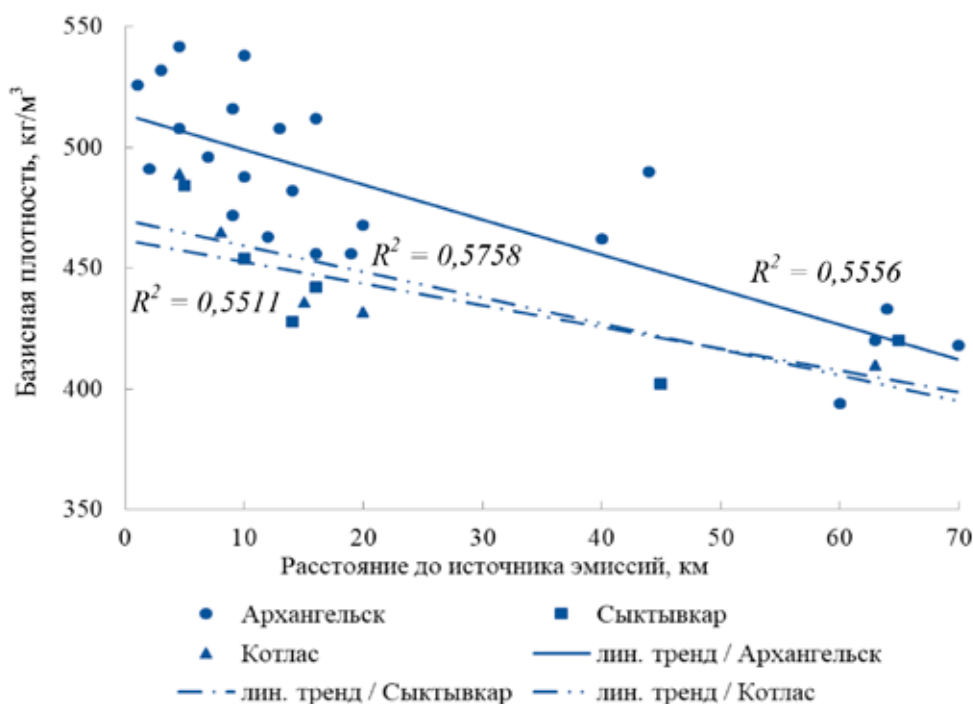


Рис. 4. Значение базисной плотности древесины на различном удалении от источников эмиссий

Увеличение содержания процента поздней древесины соответственно вызывает увеличение базисной плотности древесины сосны ( $r = 0,592 \pm 0,067$ ;  $t_{\text{факт.}} = 8,87 > t_{0,01} = 2,62$ ). Наличие обратной связи между плотностью и средней шириной годичного слоя ( $r = -0,549 \pm 0,072$ ;  $t_{\text{факт.}} = 7,62 > t_{0,01} = 2,62$ ) не противоречит имеющимся литературным данным, так как доказано, что прирост

годичного слоя происходит в основном за счет увеличения зоны ранней древесины. Аналогичные выводы для сосны обыкновенной в условиях Европейского Севера России ранее были сформулированы нами и рядом других авторов [4–8].

Отмечаются две разнонаправленные зависимости. Установлено, что при продвижении с севера на юг, в границах районов

исследования, происходит увеличение взаимосвязи базисной плотности с содержанием поздней древесины в годичном кольце, однако при этом происходит снижение зависимости плотности древесины от ширины годичного кольца (рис. 2, табл. 3).

Как показывают исследования, взаимосвязь плотности древесины с шириной годичного слоя и процентом поздней древесины незначительно ослабевает при продвижении с севера на юг и по мере улучшения почвенно-гидрологических условий. Множественный коэффициент корреляции плотности с шириной годичного кольца и процентом поздней древесины составляет для сосняков кустарничково-сфагновых, расположенных в районе Архангельска – 0,588; Сыктывкара – 0,560; Котласа – 0,516; Нарьян-Мара – 0,543. Для сосняков черничных свежих по районам исследования получены следующие значения множественной корреляции: 0,540 для Архангельска; 0,521 для Сыктывкара и 0,506 для Котласа. При статистическом анализе полученных данных установлено, что в однотипных условиях произрастания из различных районов исследования и различных условиях в рамках отдельного района фактическое значение показателя достоверности различий не превышает табличного ( $t_{факт.} < t_{0,10}$ ) – достоверность различий не установлена.

Дополнительным критерием, определяющим условия произрастания, является величина техногенной нагрузки. В ходе исследований установлено, что степень атмосферного загрязнения корректирует зависимость базисной плотности от величины и структуры годичного кольца. Выявлено, что по мере приближения к источнику загрязнения связь плотности древесины со средней шириной годичного слоя ослабевает, что может быть вызвано уменьшением вариативности стратегий роста дерева с ухудшением условий произрастания (рис. 3).

Дифференцированное расположение объектов исследования по удалению от промышленных предприятий позволяет установить степень влияния атмосферного загрязнения на значения базисной плотности (рис. 4). Техногенный прессинг со стороны промышленных предприятий накладывает определенный отпечаток на процессы, про-

исходящие внутри ствола растущего дерева. Ряды динамики плотности указывают на ее склонность к росту по мере увеличения техногенной нагрузки.

### Заключение

Средняя базисная плотность древесины сосны обыкновенной, произрастающей в древостоях V–VI класса возраста в северо-восточной части ареала ее распространения, варьирует в пределах от 507 до 439 кг/м<sup>3</sup>.

Наибольшие показатели соответствуют древостоям кустарничково-сфагнового типа леса в Северо-таежном районе европейской части Российской Федерации (район г. Архангельска).

Изменения базисной плотности древесины сосны в пределах отдельных локаций на территории Европейского северо-востока носят фрагментарный характер и снижаются по мере улучшения условий произрастания древостоя. Кроме этого на формирование древесины влияет техногенная нагрузка. Установлено, что по мере увеличения расстояния от произрастающего древостоя до источника загрязнения базисная плотность древесины сосны уменьшается.

### Список литературы

1. Коновалов Д.Ю. Качество древесины культур сосны в северной и южной подзонах тайги: автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук. Архангельск, 2007. 16 с.
2. Тюкавина О.Н., Клевцов Д.Н., Дроздов И.И., Мелехов В.И. Плотность древесины сосны обыкновенной в различных условиях произрастания // Лесной журнал. 2017. № 6. С. 56–64.
3. Щекалев Р.В., Тарханов С.Н. Радиальный прирост и качество древесины сосны обыкновенной в условиях атмосферного загрязнения. Екатеринбург: УРО РАН, 2006. 127 с.
4. Потыкалова М.В. Лесное товароведение с основами древесиноведения. М.: Юрайт, 2023. 155 с.
5. Соколов А.И., Пеккоев А.Н., Харитонов В.А. Влияние периодического внесения азотных удобрений на качество древесины сосны обыкновенной в культурах // Успехи современного естествознания. 2016. № 11. С. 75–79.
6. Неронова Я.А. Последствие лесохозяйственных мероприятий на структуру годичного кольца древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в долговременном аспекте: дис. ... канд. сельхоз. наук. Петрозаводск, 2018. 149 с.
7. Ребко С.В., Мельник П.Г., Козел А.В., Поплавская Л.Ф., Тулик П.В., Носников В.В. Сравнительная оценка физико-механических свойств древесины различных климатипов сосны обыкновенной // Лесной журнал. 2023. № 4. С. 26–40.
8. Мелехов В.И., Бабич Н.А., Корчагов С.А., Щекалев Р.В. Комплексная оценка качества древесины сосны в лесных культурах разных условий произрастания // Лесоведение. 2021. № 2. С. 208–216.