

**ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО, ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ, АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ,
ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ / FORESTRY, FORESTRY, FOREST CROPS, AGROFORESTRY,
LANDSCAPING, FOREST PYROLOGY AND TAXATION**

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.55.10>

**ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСНЫХ УЧАСТКОВ ПО ДАННЫМ ОБЪЕМОМ ОТДЕЛЬНЫХ ДЕРЕВЬЕВ
В УСЛОВИЯХ ЮЖНО-СИБИРСКОЙ ГОРНОЙ ЗОНЫ БАЙКАЛЬСКОГО ГОРНОГО ЛЕСНОГО РАЙОНА**

Научная статья

Мотырев Н.О.^{1,*}, Вайс А.А.², Вараксин Г.С.³

²ORCID : 0000-0003-4965-3670;

³ORCID : 0000-0003-4335-4784;

^{1,2} Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, Российская Федерация

³ Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Красноярск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (umkablood[at]yandex.ru)

Аннотация

Цель исследования – сравнить точность эмпирических формул по определению объёма растущих деревьев. Установить ландшафтные особенности наиболее производительных лесных участков с точки зрения продуцирования максимальных объёмов отдельных деревьев. Измерения высот и диаметров деревьев выполнялось в условиях Улан-Удэнского лесничества. Исследования проведены в сосновых насаждениях (4 лесных участка). Основной элемент леса – древостой сосны. В составе насаждений её участие занимает от 5 до 10 единиц. Максимальный возраст древостоев 130 лет, минимальный 90 лет. Средний диаметр составляет 24-28 см, средняя высота 19-21 м. Запас менялся от 140 до 300 м³/га. Полнота насаждений варьировала в пределах от 0,5 до 0,7; бонитет – II, III и IV классы по шкале М.М. Орлова. Сравнительный анализ объёмов, вычисленных по универсальным формулам (стандартная, Денцина, Н.В. Третьякова, Ли-Чан-Гена, Н.Н. Дементьева, С.И. Цая) показал, что все методы достаточно близки по итоговым значениям. Сравнение продуктивности участков выполнялось по двум представленным на всех участках ступеням толщины: 20 и 40 см. Результаты показали, что объём растущих деревьев зависит в большей степени от условий произрастания, а также значительное влияние оказывает экспозиция склона. В границах Улан-Удэнского лесничества наибольшего эффекта по увеличению продуктивности отдельных деревьев можно достичь с помощью хозяйственных мероприятий на равнинных чистых по составу насаждениях.

Ключевые слова: сосна, условия произрастания, продуктивность, объём дерева.

**EVALUATION OF FOREST AREA PRODUCTIVITY BASED ON INDIVIDUAL TREE VOLUME DATA IN THE
SOUTH SIBERIAN MOUNTAIN ZONE OF THE BAIKAL MOUNTAIN FOREST REGION**

Research article

Motyrev N.O.^{1,*}, Vais A.A.², Varaksin G.S.³

²ORCID : 0000-0003-4965-3670;

³ORCID : 0000-0003-4335-4784;

^{1,2} M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russian Federation

³ Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russian Federation

* Corresponding author (umkablood[at]yandex.ru)

Abstract

The aim of the study is to compare the accuracy of empirical formulae for determining the volume of growing trees. To identify landscape features of the most productive forest areas in terms of producing maximum volumes of individual trees. Measurements of tree heights and diameters were carried out in the conditions of Ulan-Ude forestry. The research was conducted in pine plantations (4 forest plots). The main forest element is a pine stand. Its participation in the composition of stands ranges from 5 to 10 units. The maximum age of stands is 130 years, the minimum age is 90 years. Average diameter is 24-28 cm, average height 19-21 m. The stock varied from 140 to 300 m³/ha. The density of stands varied from 0.5 to 0.7; bonitet – II, III and IV classes according to M.M. Orlov's scale. Comparative analysis of volumes calculated by universal formulas (standard, Dentsin, N.V. Tretyakov, Li-Chang-Gen, N.N. Dementiev, S.I. Tsai) showed that all methods are quite close in final values. Comparison of plot productivity was performed for two thickness steps presented in all plots: 20 and 40 cm. The results showed that the volume of growing trees depends to a greater extent on growing conditions, and also the slope exposure has a significant influence. Within the boundaries of Ulan-Ude forestry, the greatest effect on increasing the productivity of individual trees can be achieved by management measures in flat, clean stands.

Keywords: pine, growing conditions, productivity, tree volume.

Введение

В настоящее время интерес к оценке объёмов и запасов древесины теряет свою актуальность. Современные тренды связаны с оценкой биологической и углеродной продуктивностью лесов. Но необходимо иметь в виду, что точность определения древесных объёмов (отдельных деревьев) и запасов (насаждений) является основой, как процессов депонирования углерода, так и оценкой хозяйственной деятельности профильного предприятия.

Сегодня очень важно выполнять сравнение дистанционных и наземных методов оценки лесных ресурсов, а для этого нужно продолжать поиск эффективных аналитических подходов.

Такие исследования продолжаются, так М.Н. Ефремова, С.Л. Шевелёв предложили ряд упрощённых формул для определения объёмов стволов берёзы [1]. Н.В. Выводцев с соавторами [2] изучал факторы, влияющие на объём ствола лиственницы даурской. Р.Н. Матвеева с соавторами [3] использовала параметры древесной биомассы, превышающие средние показатели более чем на 50% для селекционных работ. А.В. Лебедев [4] на основе общих нормативов получил полиномиально-логарифмическое регрессионное уравнение для определения объёмов стволов деревьев сосны по всем диапазонам высот и диаметров. С.А. Демиденко составила таблицы для определения объёмов отдельных стволов берёзы и запасов чистых производных березовых древостоев северной и средней подзон тайги [5].

С внедрением новых программно-измерительных комплексов ГИС Field-Map определение объёмов растущих деревьев становится приемлемо точным и достаточно эффективным [6]. В другой публикации И.В. Шевелина с соавторами [7] предлагают использовать таблицы объёмов с тремя входами – диаметром на высоте груди, высотой и вторым коэффициентом формы, авторы предлагают её применять для условий города.

В более раннем исследовании установлено [8], что оптимальной формулой для определения запаса древесины в ельниках Богучанского района является уравнение Ли-Чан-Гена.

Современные системы лазерного сканирования позволяют определять геометрические параметры растущих деревьев (положение дерева, диаметры на разных высотах, ширину, площадь поверхности, объём кроны) с приемлемой точностью [9], [10]. Однако аналитические подходы также не потеряли свою актуальность.

Цель исследования. Сравнить различные формулы по определению объёма растущих деревьев. Установить ландшафтные особенности наиболее производительных лесных участков с точки зрения продуцирования максимальных объёмов отдельных деревьев.

Характеристика района исследований

Улан-Удэнское лесничество расположено в центральной части Республики Бурятия на территории муниципального образования «Иволгинский район». Согласно Перечню лесорастительных зон и лесных районов Российской Федерации, территория лесничества отнесена к Южно-Сибирской горной зоне Байкальского горного лесного района.

Климат района расположения лесничества резко континентальный. Зима безветренная, холодная, малоснежная. Климат характеризуется большой сухостью воздуха, обилием солнечных дней, малым количеством осадков в году и неравномерным их распределением по временам года, строгой периодичностью ветров и коротким вегетационным периодом. Средняя продолжительность вегетационного периода – 150 дней (с начала мая по конец сентября). Средняя сумма осадков за вегетационный период составляет 173 мм, максимальная – 291 мм. К положительным сторонам климата района следует отнести большую продолжительность и интенсивность солнечного сияния.

В целом климат района позволяет вполне успешно выращивать основные лесообразующие породы: сосну, лиственницу, кедр сибирский, березу, осину. Территория лесничества по характеру рельефа относится к горной местности. Основными почвообразующими породами являются коренные интрузивные и эффузивные породы различного возраста, кислого и среднего состава.

Лесистость составляет 59,7%. Исходя из того, что леса Улан-Удэнского лесничества относятся к защитным лесам, сплошные рубки в насаждениях не предусмотрены, в виду этого площади под лесовосстановление отсутствуют [1], [2].

Результаты и обсуждение

Исследованные сосновые древостои описаны набором таксационных характеристик (таблица 1).

Насаждения характеризуются следующими древесными породами: сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.); лиственницей сибирской (*Larix sibirica* L.); березой повислой (*Betula pendula* Roth.); осинкой или тополем дрожащим (*Populus tremula*). Основным элементом леса является древостой сосны. В составе насаждений его участие занимает от 5 до 10 единиц.

Максимальный возраст древостоев 130 лет, минимальный 90 лет. Средний диаметр составляет 24-28см, средняя высота 19-21 м. Запас менялся от 140 до 300 м³/га. Полнота насаждений варьировала в пределах от 0,5 до 0,7; бонитет – II, III и IV классы по шкале М.М. Орлова.

Таблица 1 - Таксационная характеристика лесных участков

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.55.10.1>

Номер участка	Состав насаждения	Возраст насаждения, лет	Высота, м	Диаметр, см	Бонитет	Полнота	Тип леса	Запас, м ³ /га	Характеристика подраста
1	5С2ЛЗБ	105 105 105	21	28	3	0,7	С _{зл-рт}	300	Подлесок СПР редкий; склон – Ю-20
2	10С	90	21	24	2	0,7	С _{зл-рт}	200	Подлесок СПР, ШП редкий; склон 0 ⁰
3	5С4Б1Ос	90 90 90	19	24	2	0,5	С _{зл-рт}	140	Подрост: 5Б5Ос А-10, Н-2м, 2-тыс.шт/га-благонадёжный Подлесок: СПР ШП РД-редкий; ОЗУ: 100м опушка на гр. обезлесен, пр-в удв.<1,5 км от леса
4	10С	130	20	26	4	0,6	С _{гк}	200	Подрост: 10С А-10, лет, Н-1,5м, 8-тыс.шт/га-

Номер участка	Состав насаждения	Возраст насаждения, лет	Высота, м	Диаметр, см	Бонитет	Полнота	Тип леса	Запас, м ³ /га	Характеристика подроста
									благонадёжный Подлесок: СПР ШП - редкий; Склон Ю-22 ⁰ ОЗУ: уч-ки леса на каменистых россыпях

Примечание: СПР – спирея; ШП – шиповник; А – возраст, лет; Н – средняя высота, м; Сзл-рт – сосняк зеленомошно-разнотравный; Сгк – сосняк голубично-кустарниковый

Принципиальная разница установлена в местоположении участков, а следовательно, и в условиях произрастания. Первый участок размещён на склоне южной экспозиции, второй и третий участки в условиях равнинного рельефа местности. Для четвертого участка характерно положение на горно-каменистой местности, на крутом склоне южной экспозиции.

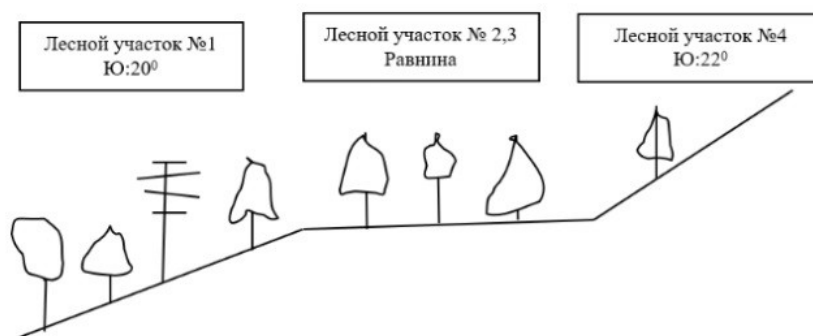


Рисунок 1 - Схема расположения опытных участков
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.55.10.2>

Подлесок состоит из следующих древесных пород: шиповник (*Rosa majalis Herrm.*); спирея (*Spiraea salicifolia L.*); рододендрон (*Rhododendron dauricum L.*).

Ствол растущего дерева является качественно иным объектом таксации по сравнению с объемом срубленного дерева. Основной особенностью является то, что достаточно сложно охарактеризовать форму древесного ствола растущего дерева без привлечения сложных современных технологий. На основании таксационных описаний выполнено сравнение лесных участков.

Участок 1: смешанное сосновое насаждение злаково-разнотравного типа леса, третьего бонитета на южном крутом склоне.

Участок 2: чистое сосновое насаждение второго бонитета, равнина, злаково-разнотравного типа леса.

Участок 3: смешанное сосновое насаждение второго бонитета, равнина, злаково-разнотравного типа леса.

Участок 4: чистое сосновое насаждение четвертого бонитета на южном крутом склоне горно-каменистого типа леса.

Запас насаждений зависит от условий произрастания, а объем растущих деревьев в насаждении это первичная основа определения запаса. В таблице 2 представлены объемы и их изменчивость в конкретных условиях произрастания. Сравнению подлежат, только ступени толщины, которые встречались на всех четырех участках. В нашем случае диапазон ступеней составлял по всем участкам пределах от 8 до 52 см. Особое внимание обращали на условия произрастания и рельеф лесных участков.

Таблица 2 - Изменчивость объема деревьев

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.55.10.3>

Степень толщины, см	Изменчивость объема на лесных участках, м ³	Максимальная разница, м ³
<i>Стандартная формула</i>		
8	0,033	-
12	0,065-0,079	0,014
16	0,156-0,180	0,024
20	0,261-0,309	0,048
24	0,386-0,479	0,093
28	0,561-0,652	0,091
32	0,739-0,855	0,116
36	0,936-1,168	0,232
40	1,123-1,428	0,305
44	1,372-1,794	0,422
48	2,105	-
52	2,508	-

<i>Формула Денцина</i>		
8	0,031	-
12	0,062-0,073	0,012
16	0,142-0,161	0,019
20	0,236-0,274	0,038
24	0,377-0,420	0,072
28	0,502-0,572	0,071
32	0,660-0,773	0,113
36	0,836-1,011	0,175
40	1,008-1,240	0,232
44	1,229-1,558	0,329
48	1,832	-
52	2,163	-
<i>Формула Н.В. Третьякова</i>		
8	0,032	-
12	0,064-0,075	0,012
16	0,146-0,164	0,020
20	0,243-0,282	0,039
24	0,358-0,433	0,074
28	0,516-0,589	0,073
32	0,679-0,795	0,116
36	0,859-1,040	0,181
40	1,036-1,276	0,240
44	1,264-1,604	0,340
48	1,885	-
52	2,226	-
<i>Формула Ли-Чан-Гена</i>		
8	0,032	-
12	0,063-0,075	0,012
16	0,146-0,166	0,020
20	0,243-0,283	0,040
24	0,359-0,434	0,075
28	0,517-0,591	0,074
32	0,681-0,799	0,118
36	0,862-1,045	0,183
40	1,039-1,282	0,243
44	1,267-1,379	0,345
48	1,894	-
52	2,237	-
<i>Формула Н.Н. Дементьева</i>		
8	0,034	-
12	0,067-0,080	0,013
16	0,155-0,176	0,021
20	0,258-0,300	0,042
24	0,381-0,461	0,080
28	0,549-0,627	0,078
32	0,722-0,848	0,125
36	0,914-1,109	0,194
40	1,102-1,360	0,258
44	1,344-1,710	0,366
48	2,01	-

52	2,374	-
<i>Формула С.И. Цая</i>		
8	0,035	-
12	0,063-0,078	0,015
16	0,148-0,172	0,024
20	0,242-0,289	0,047
24	0,354-0,441	0,087
28	0,508-0,593	0,085
32	0,664-0,798	0,135
36	0,834-1,042	0,208
40	0,995-1,270	0,275
44	1,210-1,598	0,388
48	1,867	-
52	2,2	-

Сравнение производительности участков выполнялось по двум ступеням толщины (20 см – среденерные деревья и 40 см – крупномерные деревья). Изменчивость объемов по стандартной формуле составила от 0,048 до 0,305 м³. Максимальный объем на 20 ступени толщины установлен на втором участке, минимальный – на четвертом, на 40 ступени максимальный объем показали первый и второй участки, минимальный – третий участок.

Изменчивость объемов по формуле Денцина варьировала в диапазоне от 0,038 до 0,232 м³. Максимальный объем на 20 ступени толщины наблюдался на втором участке, минимальный – на четвертом, на 40 ступени максимальный объем показали первый и второй участки, минимальный – третий участок.

Варьирование объемов по формуле Третьякова Н.В. 0,039-0,240 м³. Максимальный объем 20 ступени толщины на втором участке, минимальный – на четвертом, на 40 ступени максимальный объем показали первый и второй участки, минимальный – третий участок.

Изменение объемов по формуле Ли-Чан-Гена наблюдалась в диапазоне от 0,040 до 0,243 м³. Максимальный объем на 20 ступени толщины выявлен на втором участке, минимальный – на четвертом, на 40 ступени максимальный объем показали первый и второй участки, минимальный – третий участок.

По формуле Дементьева Н.Н. разница 0,042-0,258 м³. Максимальный объем на 20 ступени толщины на втором участке, минимальный – на четвертом, на 40 ступени максимальный объем показали первый и второй участки, минимальный – третий участок.

Максимальная разница по формуле Дементьева Н.Н. установлена в диапазоне от 0,047 до 0,275 м³. Максимальный объем на 20 ступени толщины составил на втором участке, минимальный – на четвертом, на 40 ступени максимальный объем показали первый и второй участки, минимальный – третий участок.

Максимальная разница в объемах отдельных деревьев наблюдалась в чистых насаждениях на равнине, далее в смешанных насаждениях на склоне, затем на равнине в смешанных насаждениях и самый минимальный объем отдельных деревьев установлен для чистых насаждений на склоне. Выполненные исследования еще раз доказывают, что объем растущих деревьев зависит от условий произрастания и при планировании каких-либо лесохозяйственных мероприятий нужно учитывать характер рельефа местности, тип леса и состав насаждения. С точки зрения полученных результатов, максимальный эффект от хозяйственных мероприятий, связанных с увеличением объема растущих деревьев, можно получить на равнинных участках в чистых насаждениях.

Заключение

Исследования по определению объема растущих деревьев позволили получить следующие выводы:

1. Лесные участки, в которых провели измерения и определение объёмов характеризовались модальной полнотой, чистым и смешанным составом, а также различным месторасположением по отношению к рельефу.

2. Сравнительный анализ объёмов отдельных деревьев, вычисленных по универсальным формулам (стандартная, Денцина, Н.В. Третьякова, Ли-Чан-Гена, Н.Н. Дементьева, С.И. Цая) показал, что все методы достаточно близки по значениям объёмов. Уравнение С.И. Цая составлено на основе данных срубленных деревьев сосны указанного района, что подтверждает вывод о корректности использования любой формулы для расчёта объёма деревьев.

3. Сравнение продуктивности участков выполнялось по двум представленным на всех участках ступеням толщины: 20 и 40 см. Результаты показали, что объем растущих деревьев зависит в большей степени от условий произрастания, а также значительное влияние оказывает экспозиция склона.

В границах Улан-Удэнского лесничества объем растущих деревьев зависит от условий произрастания и наибольший эффект по его увеличению можно достичь с помощью хозяйственной деятельности на равнинных чистых по составу насаждениях. Полученные результаты исследования позволят, в том числе повысить точность вычисления сортиментного запаса, а значит более рационально использовать древесные ресурсы.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Ефремова М.Н. Упрощенные формулы для определения объемов стволов березы / М.Н. Ефремова, С.Л. Шевелев // Лесохозяйственная информация. — 2018. — № 3. — С. 81–86. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2018.3.10.
2. Выводцев Н.В. Формирование объемов стволов лиственницы даурской / Н.В. Выводцев, П.В. Соловьев, А.В. Середюк [и др.] // Ученые заметки ТОГУ. — 2017. — № 2. — С. 12–19.
3. Матвеева Р. Н. Изменчивость объема ствола 49-летней сосны кедровой сибирской на плантациях Учебно-опытного лесхоза СибГТУ / Р. Н. Матвеева, Н. Л. Братилова, О.Ф. Буторова // Хвойные boreальной зоны. — 2014. — № 3-4. — С. 35–37.
4. Лебедев А. В. Оценка объема стволов сосны (*Pinus sylvestris*) в Костромской области / А. В. Лебедев // Научные труды государственного природного заповедника "Кологривский лес". — 2017. — № 1. — С. 24–32.
5. Демиденко С. А. Объемы стволов березы в чистых березовых древостоях северной и средней подзон тайги Архангельской области / С. А. Демиденко // Вестник Поморского университета. Серия: Естественные науки. — 2011. — № 3. — С. 20–24.
6. Шевелина И. В. Оценка возможности применения программно-измерительного комплекса на базе ГИС Field-Mar при разработке таблиц объемов стволов в городских условиях / И. В. Шевелина, А. В. Суслов, Д. Н. Нуриев // Успехи современного естествознания. — 2018. — № 1. — С. 62–67.
7. Шевелина И. В. Разработка таблиц объемов стволов деревьев сосны, произрастающих в городских условиях / И. В. Шевелина, М. И. Касумов, И. С. Дунаев [и др.] // Леса России и хозяйство в них. — 2020. — № 1(72). — С. 46–54.
8. Вайс А. А. Оптимизация методов определения запаса древесины в еловых древостоях Среднесибирского плоскогорья / А. А. Вайс // Международный научно-исследовательский журнал. — 2021. — № 5-1(107). — С. 148–151. DOI: 10.23670/IRJ.2021.107.5.024.
9. Константинов В. Н. Разработка измерительной системы на основе лазерного сканирования для измерения геометрических параметров citrusовых деревьев (высота, ширина, площадь и объем кроны) / В. Н. Константинов // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. — 2011. — № 2. — С. 517.
10. Chen M. Stem Detection from Terrestrial Laser Scanning Data with Features Selected via Stem-Based Evaluation / M. Chen, X. Liu, J. Pan [et al.] // Forests. — 2023. — № 14. DOI: 10.3390/f14102035.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Efremova M.N. Uproschennye formuly dlja opredelenija ob'emov stvolov berezy [Simplified formulas for determining volumes of birch trunks] / M.N. Efremova, S.L. Shevelev // Forestry Information. — 2018. — № 3. — P. 81–86. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2018.3.10. [in Russian]
2. Vyvotsev N.V. Formirovanie ob'emov stvolov listvennitsy daurskoj [Formation of volumes of Daurian larch trunks] / N.V. Vyvotsev, P.V. Solov'ev, A.V. Seredjuk, N. V. Bessonova // Scientific Notes of TOSU. — 2017. — № 2. — P. 12–19. [in Russian]
3. Matveeva R. N. Izmenchivost' ob'ema stvola 49-letnej sosny kedrovoj sibirskoj na plantatsijah Uchebno-opytного leshoza SibGTU [Variability of trunk volume of 49-year-old Siberian pine on plantations of SibGTU Training and Experimental Forestry Center] / R. N. Matveeva, N. L. Bratilova, O.F. Butorova // Conifers of the Boreal Zone. — 2014. — № 3-4. — P. 35–37. [in Russian]
4. Lebedev A. V. Otsenka ob'ema stvolov sosny (*Pinus sylvestris*) v Kostromskoj oblasti [Estimation of the volume of pine tree trunks (*Pinus sylves*) in the Kostroma region] / A. V. Lebedev // Scientific Proceedings of the State Natural Reserve "Kologrivsky les". — 2017. — № 1. — P. 24–32. [in Russian]
5. Demidenko S. A. Ob'emy stvolov berezy v chistyh berezovyh drevostojah severnoj i srednej podzon tajgi Arhangel'skoj oblasti [Volumes of birch trunks in pure birch stands in the northern and middle taiga subzones of the Arkhangelsk region] / S. A. Demidenko // Bulletin of Pomorsky University. Series: Natural Sciences. — 2011. — № 3. — P. 20–24. [in Russian]
6. Shevelina I. V. Otsenka vozmozhnosti primeneniya programmo-izmeritel'nogo kompleksa na baze GIS Field-Mar pri razrabotke tablits ob'emov stvolov v gorodskih uslovijah [Assessment of the possibility of using Field-Mar GIS-based software and measuring complex in developing tables of trunk volumes in urban conditions] / I. V. Shevelina, A. V. Suslov, D. N. Nuriev // Advances in Modern Natural Science. — 2018. — № 1. — P. 62–67. [in Russian]
7. Shevelina I. V. Razrabotka tablits ob'emov stvolov derev'ev sosny, proizrastajuschih v gorodskih uslovijah [Development of stem volume tables for pine trees growing in urban areas] / I. V. Shevelina, M. I. Kasumov, I. S. Dunaev [et al.] // Russian Forests and Their Management. — 2020. — № 1(72). — P. 46–54. [in Russian]
8. Vajs A. A. Optimizatsija metodov opredelenija zapasa drevesiny v elovyh drevostojah Srednesibirskogo ploskogor'ja [Optimization of methods for determining wood stock in spruce stands of the Middle Siberian Plateau] / A. A. Vajs // International Research Journal. — 2021. — № 5-1(107). — P. 148–151. DOI: 10.23670/IRJ.2021.107.5.024. [in Russian]
9. Konstantinov V. N. Razrabotka izmeritel'noj sistemy na osnove lazernogo skanirovaniya dlja izmereniya geometricheskikh parametrov tsitrusovyh derev'ev (vysota, shirina, ploshchad' i ob'em krony) [Development of a laser scanning

based measurement system for measuring geometric parameters of citrus trees (height, width, crown area and volume)] / V. N. Konstantinov // Engineering and Technical Support of Agro-industrial complex. Abstract Journal. — 2011. — № 2. — P. 517. [in Russian]

10. Chen M. Stem Detection from Terrestrial Laser Scanning Data with Features Selected via Stem-Based Evaluation / M. Chen, X. Liu, J. Pan [et al.] // Forests. — 2023. — № 14. DOI: 10.3390/f14102035.