

woody shrubs: shiny cotoneaster (*Cotoneaster lucidus* Schlttdl.), common lilac (*Syringa vulgaris* L.), Siberian crab apple (*Malus baccata* L.), Japanese spiraea (*Spiraea japonica* L.f.). All plantings are in good condition. However, most of them are young, so they do not fully perform their functions to protect the space from adverse environmental factors. But they stand out against the background of the lawn, set the shape of the space and color accents during the season, improving aesthetic perception.

Key words: courtyard landscaping, building type, residential complexes, courtyard space structure, courtyard space classification, open local spaces.

For citation: Leyman E. O., Atkina L. I. The planning structure of courtyard spaces in the Akademicheskii district in the city of Yekaterinburg. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2024; 3(79): 58-65. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2024_3_58-65.

Authors:

E. O. Leyman , Postgraduate student, <https://orcid.org/0009-0001-9470-0184>;

L. I. Atkina, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0001-8578-936X>

Ural State Forest Engineering University, 37 Sibirskiy trakt St., Yekaterinburg, Russia, 620100

leymaneo@m.usfeu.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 02.04.2024; одобрена после рецензирования 18.04.2024; принята к публикации 06.09.2024.

The article was submitted 02.04.2024; approved after reviewing 18.04.2024; accepted for publication 06.09.2024.

Научная статья

УДК 630*5+630*17:582.681.81(470.51)

DOI 10.48012/1817-5457_2024_3_65-77

ДИНАМИКА ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОДАЛЬНЫХ ДРЕВОСТОЕВ ОСИНЫ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Поздеев Денис Александрович

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

dap219@mail.ru

Аннотация. Выявление особенностей роста и производительности насаждений – это не только теоретическая основа ведения лесного хозяйства, но и база для разработки лесотаксационных нормативов. Таблицы динамики таксационных показателей модальных насаждений могут применяться для составления региональных таблиц хода роста, которые используются для определения возрастов спелости и решения многих вопросов планирования лесопользования. В статье на основе данных учета лесного фонда Удмуртской Республики за период 2007–2022 гг. выявлена динамика площадей и запасов древостоев осины. С помощью таксационных описаний Красногорского, Селтинского, Увинского лесничеств проведена стратификация выделов второго класса бонитета в типе леса сосняк липняковый с участием осины в составе древостоя яруса от четырех единиц и выше. Выявлена изменчивость таксационных показателей в диапазоне от 1,4 до 37,5 %. Применен регрессионный анализ для выравнивания средней высоты, диаметра, относительной полноты и запаса. Адекватность моделей оценивалась значением коэффициента корреляции от 0,68 до 0,99. Выполнен сравнительный анализ таксационных показателей с региональными таблицами хода роста соответствующего лесорастительного района. Существенных различий в высотах и диаметрах не выявлено, однако по запасу наблюдаются расхождения в пределах $\pm 11-50$ %, что, вероятно, связано с полнотой модальных древостоев осины в исследуемых лесничествах. Проведенные исследования свидетельствуют о необходимости разработки регрессионных моделей таксационных показателей и построения на их основе таблиц динамики высоты, диаметра, запаса с последующим расчетом таблиц хода роста, отражающих особенности развития древостоев.

Ключевые слова: лесной фонд, модальные древостои осины, изменчивость и динамика таксационных показателей, регрессионный анализ.

Для цитирования: Поздеев Д. А. Динамика таксационных показателей модальных древостоев осины Удмуртской Республики // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 3(79). С. 65-77. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2024_3_65-77.

Актуальность. Изучение хода роста и развития древостоев основных лесообразующих пород представляет не только научный интерес, но и практическую значимость в решении вопросов планирования рационального и неистощительного использования древесных ресурсов.

Вид лиственных деревьев из рода Тополь (*Populus*) семейства Ивовые (*Salicaceae*) широко распространен в районах с умеренным и холодным климатом Европы и Азии. Безусловно, интерес лесного хозяйства к древостоям осины наблюдается в различных странах, где данная порода является лесообразующей.

Публикации с подробной характеристикой осиновых древостоев, а также сохранения [14] и ведения хозяйства в них [23, 26] характерны для России [3, 4, 6, 8, 9], Европы [24], Северной Америки [21, 29], Канады [27].

Tor Myking, Fredrik Bohler, Gunnar Austrheim, Erling J. Solberg провели анализ состояния осиновых древостоев Норвегии на основании данных государственной инвентаризации лесов [32]. В статье авторы освещают вопросы распространения, регенерации, скорости роста и долговечности древостоев осины, их генетическую изменчивость, требовательность к условиям местопроизрастания.

Президент и главный научный сотрудник института охраны природы Флориды Reed Noss [27], рассматривая проблемы осиновых лесов и парковых зон Канады, отмечает многообразие древесных, кустарниковых, травянистых растений, птиц и млекопитающих данных биогеоценозов, которые необходимы для сохранения биоразнообразия.

На сайте государственного университета Мичигана размещен научно-популярный информационный материал «Осиновые леса Мичигана» [21], где приведено экологическое значение лесов и особенности ведения хозяйства в них.

В России осина обыкновенная (*Populus tremula L.*) встречается повсеместно, за исключением полярных областей и пустынь юга, поэтому существует большое количество научных работ, отражающих состояние, использование, сохранение данной древесной породы: Данилин М. А. [9], Фокин Н. В. [17], Бурков А. В., Выводцев Н. В. [6], Румянцев Д. Е.,

Воробьева Н. С. [13], Чернов В. И. [18], Борисов А. Ю., Колесников Г. Н. [5].

В статье Н. Р. Гарипова, А. С. Пуряева [8] приведены результаты исследований осинников Татарстана, непосредственно граничащих с Удмуртской Республикой. Авторы отмечают, что в породном составе лесов региона растет доля осиновых насаждений, причем увеличение происходит за счет спелой и перестойной древесины. При этом древесина обладает низким качеством ввиду распространения сердцевинной стволовой гнили.

Характеристика древостоев осины в лесном фонде Пермского края приведена в статье Т. А. Беляева и соавт. [4]. Особенности биологии осины, связанные с высокими темпами роста, нетребовательностью к лесорастительным условиям, делают эту древесную породу весьма перспективной в Пермском крае. Авторы на основании детального анализа показателей лесного фонда с 1948 по 2018 г. выявили увеличение площадей осинников почти в два раза. Также определили три наиболее производительных типа леса (ельник кисличниковый, ельник травяной, ельник липняковый) для организации хозяйства в них.

Относительно мало работ встречается на тему заготовки и переработки осиновой древесины. Особенности заготовки древесины осины и ее переработки рассмотрены в статье А. Ю. Борисова, Г. Н. Колесникова [5]. Проведенные исследования свидетельствуют, что объемы использования древесины осины незначительны из-за сердцевинной гнили. Выход деловой древесины осины может составлять не более 10–15 %, что приводит к нерентабельности разработки лесосек с преобладанием осины в составе древостоя. Повысить использование древесины и увеличить выход деловой древесины возможно, если полноценно использовать среднюю часть ствола с имеющейся сердцевинной гнилью для производства дранки (шинделя, гонта) длиной от 50 см. В статье приводятся схемы оптимального раскроя короткомеров на дранку без использования пораженной сердцевины ствола.

Е. Yevdokimova, Т. М. Panova [34] рассмотрели варианты переработки древесины осины в угольные брикеты, активированный и окис-

ленный уголь. Авторы оценили зольность, влажность, механическую прочность получаемых брикетов и обосновали организацию перерабатывающего производства с соблюдением норм экологической безопасности.

Peter Ammann [24] отмечает возможность широкого использования осинового сырья в производстве шпона, древесностружечных плит, OSB, ДВП, в бумажно-целлюлозной промышленности, производстве спичек, автомобилестроении, для упаковки (футляры, корзины, коробки).

В различных отечественных, зарубежных периодических изданиях, освещающих теорию и практику лесного хозяйства, большое количество публикаций посвящено моделированию взаимосвязей [20, 22, 25, 28, 30] и динамике таксационных показателей [11, 33], роста [12, 19] и развития древостоев [1, 2, 7, 10, 13].

Моделирование роста древостоев основных лесообразующих пород Беларуси рассматривается в статье О. А. Атрощенко [2]. Автором предложены регрессионные уравнения связи таксационных показателей сосновых древостоев по режимам ухода и классам бонитета, а также регрессионные уравнения роста еловых, березовых, дубовых, осиновых, ольховых древостоев. Основное назначение моделей роста древостоев автор видит в актуализации повыделной информации лесного фонда и проектировании объема лесопользования.

Работа Ю. П. Демакова и соавт. [10] объясняет значимость биологического закона структурной корреляции Ж. Кювье, описываемого аллометрической функцией. Авторами было установлено, что в сомкнутых однопорядковых и разновозрастных насаждениях существует тесная зависимость запаса стволовой древесины и фитомассы различных фракций древостоя от его средней высоты, описываемая степенной функцией. В результате подобраны аллометрические уравнения, объясняющие более 99 % общей дисперсии значений зависимых переменных в древостоях разных пород Предкамья Республики Татарстан.

Thomas B. Lynch, Chakra Budhathoki, Robert F. Wittwer [31] выявили взаимосвязь между высотой, диаметром и параметрами кроны тополя восточного (*Populus Deltoides*) в прибрежной экосистеме Великих равнин Северной Америки. Отличительной особенностью представленных математических моделей является использование в качестве переменных уравнения категорий состояния кроны и плотности размещения деревьев на участке.

С учетом проведенного анализа литературных источников можно сделать вывод, что осинники Удмуртской Республики на сегодняшний день изучены явно недостаточно.

Цель работы заключается в моделировании динамики таксационных показателей модельных древостоев осины Удмуртской Республики, произрастающих в южно-таежном лесном районе европейской части РФ.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- анализ материалов учета лесного фонда Удмуртской Республики;
- анализ таксационных описаний Селтинского, Увинского, Красногорского лесничеств для проведения стратификации выделов;
- обработка данных методом описательной статистики;
- проведение моделирования динамики таксационных показателей с использованием регрессионных уравнений [2];
- сравнительный анализ вновь полученных данных динамики таксационных показателей с существующими таблицами хода роста [16].

Материал и методы исследований.

Для достижения целей научно-исследовательской работы были использованы данные таксационных описаний выделов участковых лесничеств (Ува-Туклинского, Нылгинского, Областновского, Северного) Увинского лесничества, участковых лесничеств (Нозинского, Сардыкского) Селтинского лесничества, Святогорского участкового лесничества Красногорского лесничества. Группировка (стратификация) таксационных выделов проводилась по типам леса и возрастным периодам в пределах классов возраста. Всего было обработано около 600 шт. таксационных описаний выделов второго класса бонитета в типе леса сосняк липняковый с осиной в составе древостоя яруса от четырех единиц и выше.

В качестве метода исследований использован метод Н. П. Анучина [1], И. В. Семечкина [15], которые обосновали составление таблиц динамики таксационных показателей на основе обработки материалов глазомерно-измерительной таксации древостоев (таксационные описания) в процессе проведения лесоустройства. Статистическая обработка материалов проведена с помощью программы Excel. Подбор регрессионных моделей проведен в программе Curve Expert 1.4. Моделирование выполнено в программе Excel.

Результаты исследований. Общая характеристика древостоев осины Удмуртской Ре-

спублики представлена в таблицах 1–3. Изменения площадей осинников Удмуртии за период с 2007 по 2022 г. приведены в таблице 1. Увеличение площади осинников в указанный период происходило постепенно с 89,0 до 119,4 тыс. га. Ежегодно увеличение происходило на 1,0–3,0 тыс. га.

Динамика площадей древостоев осины по группам возраста приведена в таблице 2.

Таблица 1 – Площади осинников Удмуртии за период с 2007 по 2022 г.

Год	Ед. изм., тыс. га	Процент от общей лесопокрытой площади
2007	90,5	5,0
2008	89,6	4,6
2009	89,0	4,6
2010	90,1	4,6
2011	92,0	4,7
2012	95,4	4,9
2013	96,5	5,0
2014	97,7	5,1
2015	99,7	5,2
2016	107,5	5,6
2017	110,0	5,8
2022	119,4	6,3

Таблица 2 – Площади осинников Удмуртии по группам возраста в 2007, 2017 и 2022 гг.

Год	Площадь всего, тыс. га / %	Площадь насаждений по группам возраста, тыс. га / %			
		молодняки	средневозрастные	приспевающие	спелые и перестойные
2007	90,5 / 100	14,5 / 16,0	10,6 / 11,7	26,7 / 29,5	38,7 / 42,8
2017	110,0 / 100	21,7 / 19,7	15,7 / 14,3	18,1 / 16,5	54,5 / 49,5
2022	119,4 / 100	25,2 / 21,1	19,2 / 16,1	17,7 / 14,8	57,3 / 48,0

Структура осинников по группам возраста имеет свои особенности. Значительно снизилась площадь приспевающих древостоев с 29,5 до 14,8 % от общей площади древостоев осины. Незначительно увеличилась площадь молодняков, средневозрастных, спелых и перестойных древостоев.

Динамика запасов и прироста древостоев осины приведена в таблице 3.

В структуре запасов молодняков, средневозрастных древостоев существенных изменений не произошло. Приспевающие древостой снизили запасы с 5,73 до 3,72 млн м³, а спелые и перестойные древостой увеличили запасы с 55,5 до 66,1 млн м³, что является негативным фактором, свидетельствующим о неполном освоении расчетной лесосеки.

Результаты описательной статистики таксационных показателей древостоя элемента леса приведены в таблицах 4–8. Изменчивость среднего возраста во 2–3-м классах возраста варьирует от 5,2 до 16,0 %. В старших возрастах изменчивость составляет 2,6–7,5 %. Точность опыта находится в пределах 10 %.

Таблица 3 – Запас и средний прирост осинников Удмуртии в 2007, 2017 и 2022 гг.

Год	Запас всего, млн м ³ / %	Запас насаждений по группам возраста, млн м ³ / %				Общий средний прирост, млн м ³	Средний возраст, лет
		молодняки	средневозрастные	приспевающие	спелые и перестойные		
2007	17,85 / 100	0,53 / 3,0	1,68 / 9,4	5,73 / 32,1	9,91 / 55,5	0,50	41
2017	21,24 / 100	0,97 / 4,6	2,47 / 11,6	3,78 / 17,8	14,02 / 66,0	0,51	42
2022	22,73 / 100	1,01 / 4,4	2,97 / 13,1	3,72 / 16,4	15,03 / 66,1	0,55	43

Таблица 4 – Средний возраст древостоев осины и его варьирование по классам возраста в лесничествах

Лесничество/участковое лесничество	Среднее значение (\bar{X} , лет – в числителе) и коэффициент изменчивости (V , % – в знаменателе) по классам возраста							
	2	3	4	5	6	7	8	9
	Красногорское/Святогорское	-	<u>27.7</u> 9,4	<u>38.0</u> 6,6	<u>46.8</u> 5,2	<u>55.8</u> 3,4	<u>65.9</u> 3,0	<u>78.3</u> 3,2
Селтинское/Нозинское	<u>19.0</u> 11,8	<u>29.5</u> 5,2	<u>37.6</u> 6,8	<u>48.3</u> 5,1	<u>56.9</u> 4,4	<u>68.1</u> 3,6	<u>78.3</u> 3,1	-
Селтинское/Сардыкское	-	<u>26.3</u> 9,3	<u>37.5</u> 6,8	<u>48.2</u> 5,1	<u>57.3</u> 4,5	<u>66.7</u> 3,6	<u>77.2</u> 3,3	<u>88.0</u> 2,9
Увинское/Нылгинское	<u>17.0</u> 16,1	<u>25.8</u> 7,9	<u>39.2</u> 5,9	<u>48.9</u> 4,4	<u>58.2</u> 4,3	<u>67.3</u> 3,8	<u>78.9</u> 2,8	-
Увинское/Областновское	<u>19.0</u> 13,1	<u>27.0</u> 10,1	<u>38.3</u> 7,5	<u>48.7</u> 4,6	<u>58.8</u> 3,7	<u>67.7</u> 3,8	<u>78.0</u> 3,5	-
Увинское/Северное	<u>18.3</u> 15,7	<u>28.9</u> 7,6	-	<u>48.8</u> 7,4	<u>58.1</u> 4,5	<u>67.4</u> 3,8	-	-
Увинское/Ува-Туклинское	<u>18.8</u> 12,3	<u>26.7</u> 9,2	<u>36.0</u> 6,2	<u>49.4</u> 3,4	<u>59.5</u> 2,6	<u>67.2</u> 3,4	<u>77.2</u> 3,4	-

Таблица 5 – Средняя высота древостоев осины и ее варьирование по классам возраста в лесничествах

Лесничество/ участковое лесничество	Среднее значение (\bar{X} , м – в числителе) и коэффициент изменчивости (V , % – в знаменателе) по классам возраста								Процент резуль- татов точности опыта со значе- нием менее 10 %	Процент результа- тов точности опы- та со значением от 10,1 до 15,0 %
	2	3	4	5	6	7	8	9		
Красногорское/ Святогорское	-	$\frac{13,7}{17,5}$	$\frac{17,7}{8,9}$	$\frac{20,0}{7,3}$	$\frac{22,8}{9,0}$	$\frac{24,9}{4,9}$	$\frac{24,9}{5,3}$	$\frac{25,5}{7,1}$	85,7	14,3
Селтинское/ Нозинское	$\frac{11,2}{19,4}$	$\frac{15,5}{9,7}$	$\frac{17,3}{16,4}$	$\frac{22,5}{5,8}$	$\frac{23,0}{8,9}$	$\frac{24,6}{6,8}$	$\frac{24,8}{6,9}$	-	100	0
Селтинское/ Сардыкское	-	$\frac{13,3}{14,3}$	$\frac{17,6}{10,4}$	$\frac{20,0}{12,9}$	$\frac{22,2}{9,8}$	$\frac{24,5}{6,5}$	$\frac{25,3}{4,9}$	$\frac{25,9}{1,4}$	85,7	14,3
Увинское/ Нылгинское	$\frac{11,4}{11,7}$	$\frac{14,5}{7,2}$	$\frac{19,4}{7,2}$	$\frac{19,8}{8,2}$	$\frac{23,7}{4,0}$	$\frac{25,3}{4,9}$	$\frac{25,7}{4,8}$	-	100	0
Увинское/ Областновское	$\frac{11,7}{13,1}$	$\frac{15,0}{6,7}$	$\frac{18,0}{5,6}$	$\frac{19,1}{9,1}$	$\frac{27,7}{9,3}$	$\frac{23,2}{7,7}$	$\frac{26,4}{3,4}$	-	100	0
Увинское/ Северное	$\frac{12,0}{16,7}$	$\frac{14,3}{8,5}$	-	$\frac{20,9}{9,1}$	$\frac{23,4}{5,6}$	$\frac{25,1}{5,1}$	-	-	100	0
Увинское/ Ува-Туклинское	$\frac{11,5}{20,3}$	$\frac{14,3}{12,6}$	$\frac{17,4}{14,4}$	$\frac{19,8}{13,1}$	$\frac{23,4}{4,3}$	$\frac{24,8}{3,3}$	$\frac{25,4}{2,9}$	-	100	0

Таблица 6 – Средний диаметр древостоев осины и его варьирование по классам возраста в лесничествах

Лесничество/ участковое лесничество	Среднее значение (\bar{X} , см – в числителе) и коэффициент изменчивости (V , % – в знаменателе) по классам возраста								Процент резуль- татов точности опыта со значе- нием менее 10 %	Процент результа- тов точности опы- та со значением от 10,1 до 15,0 %
	2	3	4	5	6	7	8	9		
Красногорское/ Святогорское	-	$\frac{12,0}{25,4}$	$\frac{16,7}{13,9}$	$\frac{19,1}{14,2}$	$\frac{22,6}{16,4}$	$\frac{26,8}{13,4}$	$\frac{27,3}{12,3}$	$\frac{26,5}{11,3}$	100	0
Селтинское/ Нозинское	$\frac{9,6}{17,4}$	$\frac{14,2}{12,0}$	$\frac{15,9}{21,8}$	$\frac{22,7}{11,4}$	$\frac{22,9}{13,6}$	$\frac{25,5}{10,2}$	$\frac{26,3}{14,8}$	-	100	0
Селтинское/ Сардыкское	-	$\frac{11,5}{16,7}$	$\frac{16,6}{15,5}$	$\frac{19,2}{17,0}$	$\frac{22,5}{12,6}$	$\frac{25,1}{10,5}$	$\frac{26,4}{10,2}$	$\frac{27,7}{9,8}$	100	0
Увинское/ Нылгинское	$\frac{9,6}{17,4}$	$\frac{13,0}{12,9}$	$\frac{20,0}{8,2}$	$\frac{21,0}{8,9}$	$\frac{24,1}{12,8}$	$\frac{26,7}{9,2}$	$\frac{28,9}{7,0}$	-	100	0
Увинское/ Областновское	$\frac{9,3}{12,4}$	$\frac{14,4}{6,2}$	$\frac{17,3}{24,0}$	$\frac{20,7}{7,5}$	$\frac{24,2}{6,5}$	$\frac{25,1}{7,5}$	$\frac{30,8}{10,8}$	-	85,7	14,3
Увинское/ Северное	$\frac{11,3}{10,2}$	$\frac{14,9}{9,7}$	-	$\frac{21,1}{12,6}$	$\frac{24,8}{8,6}$	$\frac{25,4}{11,5}$	-	-	100	0
Увинское/ Ува-Туклинское	$\frac{11,5}{19,2}$	$\frac{13,5}{14,3}$	$\frac{16,4}{20,0}$	$\frac{22,7}{16,5}$	$\frac{24,6}{10,5}$	$\frac{28,1}{10,0}$	$\frac{29,8}{9,8}$	-	100	0

Таблица 7 – Средняя относительная полнота древостоев осины и ее варьирование по классам возраста в лесничествах

Лесничество/ участковое лесничество	Среднее значение (\bar{X} – в числителе) и коэффициент изменчивости (V , % – в знаменателе) по классам возраста								Процент резуль- татов точности опыта со значе- нием менее 10 %	Процент резуль- татов точности опыта со значени- ем от 10,1 до 15,0 %
	2	3	4	5	6	7	8	9		
Красногорское/ Святогорское	-	$\frac{0,70}{14,3}$	$\frac{0,70}{15,7}$	$\frac{0,77}{12,0}$	$\frac{0,64}{20,3}$	$\frac{0,69}{12,4}$	$\frac{0,62}{7,1}$	$\frac{0,55}{23,5}$	85,7	14,3
Селтинское/ Нозинское	$\frac{0,78}{16,7}$	$\frac{0,69}{15,9}$	$\frac{0,72}{9,5}$	$\frac{0,70}{14,3}$	$\frac{0,67}{18,5}$	$\frac{0,62}{24,6}$	$\frac{0,53}{23,1}$	-	100	0
Селтинское/ Сардыкское	-	$\frac{0,70}{16,5}$	$\frac{0,69}{14,4}$	$\frac{0,68}{10,0}$	$\frac{0,66}{15,1}$	$\frac{0,63}{26,0}$	$\frac{0,59}{13,5}$	$\frac{0,57}{15,8}$	100	0
Увинское/ Нылгинское	$\frac{0,92}{19,4}$	$\frac{0,82}{27,3}$	$\frac{0,71}{22,0}$	$\frac{0,71}{22,5}$	$\frac{0,71}{12,0}$	$\frac{0,63}{28,4}$	$\frac{0,47}{26,2}$	-	85,7	14,3
Увинское/ Областновское	$\frac{0,87}{13,3}$	$\frac{0,78}{29,2}$	$\frac{0,80}{33,1}$	$\frac{0,58}{10,8}$	$\frac{0,58}{14,4}$	$\frac{0,56}{27,8}$	$\frac{0,54}{16,1}$	-	71,4	28,6

Окончание таблицы 7

Лесничество/ участковое лесничество	Среднее значение ($\bar{X}_{ср}$ – в числителе) и коэффициент изменчивости (V , % – в знаменателе) по классам возраста								Процент резуль- татов точности опыта со значе- нием менее 10 %	Процент резуль- татов точности опыта со значени- ем от 10,1 до 15,0 %
	2	3	4	5	6	7	8	9		
Увинское/ Северное	0,90 25,0	0,70 27,0	-	0,62 19,3	0,69 9,3	0,67 31,9	-	-	100	0
Увинское/ Ува-Туклинское	0,90 20,8	0,90 26,7	0,90 12,5	0,61 37,5	0,64 19,0	0,60 30,3	0,44 25,4	-	71,4	28,6

Таблица 8 – Средний запас древостоев осины и его варьирование по классам возраста в лесничествах

Лесничество/ участковое лесничество	Среднее значение ($\bar{X}_{ср}$, м ³ /га – в числите- ле) и коэффициент изменчивости (V , % – в знаменателе) по классам возраста								Процент резуль- татов точности опыта со значе- нием менее 10 %	Процент резуль- татов точности опыта со значени- ем от 10,1 до 15,0 %
	2	3	4	5	6	7	8	9		
Красногорское/ Святогорское	-	100 19,2	136 21,0	170 21,3	190 16,2	226 14,1	207 19,9	198 15,4	100	0
Селтинское/ Нозинское	83 21,1	114 21,0	132 30,3	188 21,7	198 21,5	201 16,1	195 25,4	-	100	0
Селтинское/ Сардыкское	-	103 33,7	145 33,0	162 24,6	228 27,2	226 26,0	246 25,8	239 24,2	87,5	12,5
Увинское/ Нылгинское	104 12,6	106 7,2	183 20,2	217 26,9	251 13,7	227 23,8	205 20,8	-	100	0
Увинское/ Областновское	108 18,1	113 20,9	140 25,8	118 18,7	173 30,2	185 23,3	147 29,7	-	42,9	57,1
Увинское/ Северное	130 40,7	114 36,5	-	187 24,8	217 19,1	269 25,1	-	-	60,0	40,0
Увинское/ Ува-Туклинское	99 29,3	135 20,6	177 25,4	127 10,8	209 25,4	206 15,7	145 2,9	-	85,7	14,3

Различия средних высот по классам возраста отмечается в пределах 0,1–2,5 м. Коэффициент изменчивости высоты варьирует от 1,4 до 17,5 %. Наблюдается общее снижение процента изменчивости с увеличением возраста древостоя.

Различие средних диаметров находится в диапазоне 0,1–4,0 см. Изменчивость с возрастом не снижается и достигает 8,0–14,8 % в 5–9-м классах возраста.

Относительные полноты в классах возраста различаются в среднем на 0,01–0,2 ед. Коэффициент вариации меняется от 9,3 до 37,5 %. С увеличением возраста наблюдается снижение относительной полноты с 0,9 до 0,4. Ввиду выявленной большой изменчивости относительной полноты отмечается увеличение показателя точности опыта до 15,0 %.

Различие запасов в классах возраста достигает максимума в 8-м классе и составляет 106 м³/га. Минимальные различия в запасах отмечаются во 2-м и 3-м классах возраста и составляют 23 и 36 м³/га соответственно. Коэффициент вариации меняется от 2,9 до 40,7 %. Значение точности опыта в основном отмечается до 10 %, и только в Областновском участковом лесничестве Увинского лесничества от-

мечается увеличение данного показателя до 15 %

С помощью средних значений таксационных показателей были получены регрессионные модели их динамики. Параметры и показатели оценки адекватности моделей приведены в таблице 9. Анализ таблицы показал, что подавляющее большинство уравнений характеризуется достаточно высокими коэффициентами корреляции (r) от 0,68 до 0,99, но отмечаются высокие стандартные ошибки уравнений моделирования запаса.

Полученная на основе моделей динамика таксационных показателей сопоставлена с существующими региональными таблицами хода роста модальных древостоев осины европейской части [16] (табл. 10–12).

Отмечаются минимальные отрицательные отклонения, не превышающие 8,8 % с 20 до 60 лет. При этом максимальные положительные отклонения имеют тенденцию к снижению с увеличением возраста.

Аналогичная ситуация складывается с отклонениями среднего диаметра. Только отмечается меньший разброс данных отклонений в пределах от -10,0 до +33,7 %.

Таблица 9 – Параметры и показатели оценки адекватности моделей динамики таксационных показателей модальных древостоев осины

Лесничество/ участковое лесничество	Таксационный показатель	Уравнение	Параметры уравнений				Статистические показатели	
			a	b	c	d	коэффициент корреляции	стандартная ошибка
Красногорское/ Святогорское	H_{cp} , м	$y = a + bx + cx^2$	-0,1093	0,6051	-0,0036	-	0,99	0,450
	D_{cp} , см	$y = a + bx + cx^2$	-4,987	0,7144	-0,0039	-	0,99	0,892
	$P_{отн.}$	$y = a - be^{-cx^d}$	0,7143	3168,572	69,8681	-0,4372	0,86	0,051
	M_{cp} , м ³ /Га	$y = a + bx + cx^2$	-83,9332	8,0179	-0,0543	-	0,98	10,122
Селтинское/ Нозинское	H_{cp} , м	$y = a + bx + cx^2$	0,9436	0,6052	-0,00379	-	0,99	0,789
	D_{cp} , см	$y = ae^{-b \cdot cx}$	29,7427	0,90059	0,0403	-	0,99	1,162
	$P_{отн.}$	$y = a + bx + cx^2$	0,7957	-0,0013	-0,0000221	-	0,94	0,003
	M_{cp} , м ³ /Га	$y = a + bx + cx^2$	-17,6142	5,7934	-0,0380	-	0,98	12,455
Селтинское/ Сардыкское	H_{cp} , м	$y = a + bx + cx^2$	1,3870	0,5307	-0,00285	-	0,99	0,301
	D_{cp} , см	$y = ax^{bx}$	53,8290	-12,4086	-	-	0,99	0,700
	$P_{отн.}$	$y = ab^x \times x^c$	0,5813	0,9951	0,0979	-	0,97	0,014
	M_{cp} , м ³ /Га	$y = a + bx + cx^2$	-59,9156	7,1589	-0,0431	-	0,97	15,046
Увинское/ Нылгинское	H_{cp} , м	$y = \frac{ax}{b+x}$	41,1102	45,7004	-	-	0,99	0,855
	D_{cp} , см	$y = a(1 - e^{-bx})$	40,6161	0,0157	-	-	0,99	0,740
	$P_{отн.}$	$y = ax^{bx}$	0,9830	-0,0018	-	-	0,94	0,051
	M_{cp} , м ³ /Га	$y = \frac{a+bx}{1+cx+dx^2}$	48,8402	0,4974	-0,0252	0,00023	0,98	16,655
Увинское/ Областновское	H_{cp} , м	$y = ax^b$	2,4099	0,5448	-	-	0,99	0,701
	D_{cp} , см	$y = ax^b$	1,0433	0,7695	-	-	0,99	1,073
	$P_{отн.}$	$y = a + bx$	1,0197	-0,0077	-	-	0,95	0,064
	M_{cp} , м ³ /Га	$y = ax^b$	39,3532	0,3341	-	-	0,77	20,974
Увинское/ Северное	H_{cp} , м	$y = a + bx + cx^2$	3,6177	0,3131	-0,000477	-	0,79	6,350
	D_{cp} , см	$y = \frac{ax}{b+x}$	54,6963	75,0011	-	-	0,99	0,668
	$P_{отн.}$	$y = \frac{1}{ax+b}$	0,00877	0,9975	-	-	0,81	0,097
	M_{cp} , м ³ /Га	$y = ax^b$	7,1010	0,8551	-	-	0,96	26,739
Увинское/ Ува- Туклинское	H_{cp} , м	$y = a + bx + cx^2$	3,8699	0,4412	-0,00204	-	0,99	0,563
	D_{cp} , см	$y = ax^b$	1,2845	0,7264	-	-	0,99	0,863
	$P_{отн.}$	$y = a + bx + cx^2$	0,9796	-0,00192	-0,000065	-	0,93	0,078
	M_{cp} , м ³ /Га	$y = a + bx + cx^2$	1,8802	6,2889	-0,0543	-	0,68	33,318

Таблица 10 – Динамика средней высоты древостоев осины в лесничествах и ее отклонение от региональных таблиц хода роста

Показатель, лесничество	Средняя высота (м) в возрасте						
	20 лет	30 лет	40 лет	50 лет	60 лет	70 лет	80 лет
Региональные таблицы хода роста II класса бонитета	10,0	13,7	16,7	19,1	21,0	22,5	23,7
Красногорское/Святогорское	10,5	14,8	18,3	21,1	23,2	24,6	25,3
Селтинское/Нозинское	11,5	15,6	19,1	21,7	23,6	24,7	25,1
Селтинское/Сардыкское	10,8	14,7	18,0	20,8	22,9	24,5	25,6
Увинское/Нылгинское	12,5	16,3	19,2	21,4	23,3	24,8	26,1
Увинское/Областновское	12,3	15,3	17,9	20,3	22,4	24,4	26,2
Увинское/Северное	9,6	12,5	15,3	18,1	20,7	23,2	25,6
Увинское/Ува-Туклинское	11,8	15,2	18,3	20,8	23,0	24,7	26,1
Минимальные и максимальные проценты отклонения от региональных таблиц хода роста	-4,0... +25,0	-8,8... +18,9	-8,4... +14,9	-5,3... +13,6	-1,4... +12,3	+3,1... +10,2	+5,9... +10,1

Таблица 11 – Динамика среднего диаметра древостоев осины в лесничествах и его отклонение от региональных таблиц хода роста

Показатель, лесничество	Средний диаметр (см) в возрасте						
	20 лет	30 лет	40 лет	50 лет	60 лет	70 лет	80 лет
Региональные таблицы хода роста II класса бонитета	8,6	13,2	17,4	21,1	24,4	27,3	29,9
Красногорское/ Святогорское	7,7	12,9	17,3	20,9	23,8	25,9	27,2
Селтинское/ Нозинское	9,9	14,3	18,2	21,4	23,8	25,6	26,9
Селтинское/ Сардыкское	8,4	13,1	17,1	20,4	23,1	25,3	27,3
Увинское/ Нылгинское	10,9	15,3	18,9	22,1	24,7	27,1	29,0
Увинское/ Областновское	10,4	14,3	17,8	21,1	24,3	27,4	30,3
Увинское/ Северное	11,5	15,6	19,0	21,8	24,3	26,4	28,2
Увинское/ Ува-Туклинское	11,3	15,2	18,7	22,0	25,1	28,1	30,9
Минимальные и максимальные проценты отклонения от региональных таблиц хода роста	-10,4... +33,7	-2,3... +18,2	-1,8... +9,2	-4,6... +4,7	-5,3... +2,8	-7,3... +2,9	-10,0... +3,3

Таблица 12 – Динамика среднего запаса древостоев осины в лесничествах и его отклонение от региональных таблиц хода роста

Показатель, лесничество	Запас (м ³ /га) в возрасте						
	20 лет	30 лет	40 лет	50 лет	60 лет	70 лет	80 лет
Региональные таблицы хода роста II класса бонитета	80	122	153	174	187	196	201
Красногорское/Святогорское	55	108	150	181	201	211	209
Селтинское/Нозинское	83	121	153	177	193	201	202
Селтинское/Сардыкское	66	116	157	190	214	230	236
Увинское/Нылгинское	100	141	190	234	249	230	194
Увинское/Областновское	107	122	134	145	154	162	170
Увинское/Северное	92	130	166	201	235	268	301
Увинское/Ува-Туклинское	105	141	166	180	183	176	157
Минимальные и максимальные проценты отклонения от региональных таблиц хода роста	-31,3... +33,8	-11,5... +15,5	-12,4... +24,2	-16,6... +34,4	-17,6... +33,2	-17,3... +36,7	-21,9... +49,7

Отклонения в запасах имеют наибольший диапазон практически во всех возрастах. Можно предположить, что различия объясняются относительной полнотой модальных древостоев в лесничествах, но корректное сравнение относительной полноты, полученной в результате моделирования, с суммой площадей сечений, приведенной в региональных таблицах хода роста, невозможно.

Выводы:

1. Древостои осины Удмуртской Республики ежегодно увеличивают площадь и запас в спелых и перестойных группах возраста.
2. Изменчивость таксационных показателей варьирует в пределах 1,4–40,7 %, что включает диапазон характеристики от слабой до большой. Значительная и большая изменчивость характерна для относительной полноты и запаса древостоев.
3. При моделировании средней высоты, диаметра, относительной полноты и запаса ис-

пользованы регрессионные модели, имеющие высокий коэффициент корреляции 0,68–0,99.

4. Сравнительный анализ моделируемых таксационных показателей не выявил существенных различий в высотах и диаметрах, однако по запасу наблюдаются расхождения в пределах ± 11 –50 % с существующими региональными таблицами хода роста. С большой долей вероятности это связано с полнотой модальных древостоев осины в исследуемых лесничествах.

Список литературы

1. Анучин Н. П. Перспективы использования математических методов и вычислительной техники в лесном хозяйстве // Вестник сельскохозяйственной науки. 1970. № 3. С. 99–105.
2. Атрощенко О. А. Модели прогноза роста древостоев // Труды БГТУ. № 1. Лесное хозяйство. 2013. № 1. С. 3–5. URL: <https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/2654/1/o.-a.-atroschenko.pdf> (дата обращения: 06.03.2024).

3. Багаев Е. С., Макаров С. С. Особенности роста и продуктивности осины триплоидной (*Populus tremulagigas*) в условиях Костромской области // Актуальные проблемы ботаники и охраны природы: сб. науч. статей Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Г. Ф. Морозова, Симферополь, 28–30 ноября 2017 г. / Под ред. С. Ф. Котова. Симферополь: ООО «Издательство Типография «Ариал», 2017. С. 220–223. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=31995315> (дата обращения: 20.03.2024).
4. Беляев Т. А., Нагимов З. Я., Шевелина И. В. Осина в лесном фонде Пермского края // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: материалы XIII Международной научно-технической конференции, Екатеринбург, 02–04 февраля 2021 г. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2021. С. 46–50. URL: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/10080/1/konf_13-21-010.pdf (дата обращения: 06.03.2024).
5. Борисов А. Ю., Колесников Г. Н. Особенности заготовки древесины осины и использование отходов ее переработки на складах лесозаготовительных предприятий // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=18629> (дата обращения: 11.02.2024).
6. Бурков А. В., Выводцев Н. В. Оценка продуктивности осинового древостоев по данным государственной инвентаризации лесов // Ученые заметки ТОГУ. 2017. Т. 8, № 1. С. 173–177. URL: https://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles-2017/TGU_8_31.pdf (дата обращения: 06.03.2024).
7. Вайс А. А., Кербис Е. С. Аллометрические закономерности биологической продуктивности еловых насаждений // Хвойные бореальной зоны. 2019. Т. 37, № 3–4. С. 214–222. URL: <https://cloud.sibsau.ru/s/cSi8oWRdLQtxESW> (дата обращения: 06.03.2024).
8. Гарипов Н. Р., Пуряев А. С. Структура осинников Закамья Республики Татарстан // Лесохозяйственная информация. 2017. № 4. С. 19–27. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_32589019_83088967.pdf (дата обращения: 03.02.2024).
9. Данилин М. А. Строение, рост и товарная структура осинового древостоев центральных районов Красноярского края: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук: АН СССР. Сиб. отд.-ние. Ин-т леса и древесины. Красноярск, 1967. 22 с. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_006104760/ (дата обращения: 05.02.2024).
10. Демаков Ю. П., Смыков А. Е., Гаврицкова Н. Н. Структура, продуктивность и динамика осинников Республики Марий Эл // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2011. № 2. С. 24–38. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_16925449_12846505.pdf (дата обращения: 06.03.2024).
11. Пальчиков С. Б. Возрастная динамика роста и товарной структуры осинников центрального лесотаксационного района: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук / Моск. гос. ун-т леса. Москва, 2006. 21 с. <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01003272620?page=1&rotate=0&theme=black> (дата обращения: 06.03.2024).
12. Петрова Г. А., Калашникова Е. А., Мухаметшина А. Р. Анализ роста осины (*Populus tremula L.*), полученной методом *in vitro* в условиях Республики Татарстан // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 5. С. 15–22. DOI 10.18698/2542-1468-2022-5-15-22. <https://elibrary.ru/item.asp?id=49515838> (дата обращения: 06.03.2024).
13. Румянцев Д. Е., Воробьева Н. С. Дендрохронологическое исследование роста осины в условиях центрально-лесного заповедника // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 1 (103). URL: <https://research-journal.org/archive/1-103-2021-january/dendroxronologicheskoe-issledovanie-rosta-osiny-v-usloviyax-centralno-lesnogo-zapovednika> (дата обращения: 06.03.2024).
14. Рыжкова Г. А., Рыжков О. В., Рыжков Д. О. Распад осиновых насаждений Центрально-Черноземного заповедника (2008–2017 годы) // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2018: материалы Межрегион. науч. конф. (г. Курск, 21 апреля 2018 г.). Курск: Мечта, 2018. С. 105–111. URL: <http://zapoved-kursk.ru/assets/files/books/Flora-i-rastitelnost-Centralnogo-Chernozemiya-2012.pdf> (дата обращения: 08.03.2024).
15. Семечкин И. В. Опыт использования данных глазомерной таксации для изучения динамики насаждений // Организация лесного хозяйства и инвентаризация лесов: сб. ст. Вып. 1. Красноярск: Красноярское книжное изд-во, 1962. С. 119–131.
16. Таблицы и модели роста и продуктивности основных лесобразующих пород Северной Евразии: нормативно-справочные материалы / А. З. Швиденко, Д. Г. Щепашенко, С. Нильссон, Ю. И. Булуй. Москва, 2006. 803 с.
17. Фокин В. Н. Формирование осинового древостоев в зоне елово-широколиственных лесов: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Моск. гос. ун-т леса. Москва, 2002. 21 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002814341> (дата обращения: 10.02.2024).
18. Чернов В. И. Формирование хозяйственно-ценных насаждений осины (*Populus tremula L.*) в лесах Республики Татарстан: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02. Уфа, 2014. 22 с. URL: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01005557932?page=1&rotate=0&theme=black> (дата обращения: 08.03.2024).
19. Chen J., Fang X., Wu A. et al. Allometric equations for estimating biomass of natural shrubs and young trees of subtropical forests. *New Forests* 55, 15–46 (2024). URL: <https://doi.org/10.1007/s11056-023-09963-z> (дата обращения: 15.02.2024).

20. Ciceu A., Bronisz K., Garcia-Duro J. et al. Age-independent diameter increment models for mixed mountain forests. *Eur J Forest Res* 141, 781–800 (2022). URL: <https://doi.org/10.1007/s10342-022-01473-5> (дата обращения: 08.03.2024).
21. Forest Types of Michigan: Aspen. Forest Management Guidelines for Michigan. Michigan State University. E3202 Bulletin 3. November 2014. URL: [https://www.canr.msu.edu/uploads/resources/pdfs/forest_types_of_michigan_-_aspen_\(e3202-3\).pdf](https://www.canr.msu.edu/uploads/resources/pdfs/forest_types_of_michigan_-_aspen_(e3202-3).pdf) (дата обращения: 08.03.2024).
22. Jaakko Repola, Hannu Hökkä, Hannu Salminen. (2018). Models for diameter and height growth of Scots pine, Norway spruce and pubescent birch in drained peatland sites in Finland. *Silva Fennica*. Vol. 52 no. 5 article id 10055. URL: <https://doi.org/10.14214/sf.10055> (дата обращения: 09.03.2024).
23. King C. M., Landhäuser S. M. Regeneration dynamics of planted seedling-origin aspen (*Populus tremuloides Michx.*). *New Forests* 49, 215–229 (2018). URL: <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9614-4> (дата обращения: 28.02.2024).
24. Peter Ammann. Die Aspe – eine Pionierbaumart mit waldbaulichem Potential (2022). Swiss Federal Research Institute WSL. URL: <https://www.waldwissen.net/en/forestry/silviculture/forest-regeneration/the-aspen-a-pioneer-tree-species-with-silvicultural-potential> (дата обращения: 08.03.2024).
25. Qila Sa, Xingji Jin, Timo Pukkala, Fengri Li. (2023). Developing Weibull-based diameter distributions for the major coniferous species in Heilongjiang Province, China. *Journal of Forestry*. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-023-01610-9>. Research (дата обращения: 09.03.2024).
26. Hjelm K., Rytter L. (2018). The demand of hybrid aspen (*Populus tremula* × *P. tremuloides*) on site conditions for a successful establishment on forest land. *Silva Fennica* vol. 52 no. 5 article id 10036. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=18629> (дата обращения: 11.04.2024).
27. Reed Noss. Canadian Aspen Forests and Parklands. URL: <https://www.oneearth.org/ecoregions/canadian-aspen-forests-and-parklands/> (дата обращения: 08.03.2024).
28. Russell M. B., Windmuller-Campione M. A., Anderson B. D. et al. Assessing and modeling total height and diameter increment of ponderosa pine planted in Minnesota, USA. *New Forests* 51, 507–522 (2020). URL: <https://doi.org/10.1007/s11056-019-09746-5> (дата обращения: 09.03.2024).
29. Shepperd Wayne D., Binkley Dan, Bartos Dale L., Stohlgren Thomas J., and Eskew, Lane G., compilers. 2001. Sustaining Aspen in Western Landscapes: Symposium Proceedings; 13–15 June 2000; Grand Junction, CO. Proceedings RMRS-P-18. Fort Collins, CO: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 460 p. URL: https://www.fs.usda.gov/rm/pubs/rmrs_p018.pdf (дата обращения: 06.03.2024).
30. Şükrü Teoman, Güner Maria, J. Diamantopoulou, Ramazan Özçelik. (2023). Diameter distributions in *Pinus sylvestris* L. stands: evaluating modelling approaches including a machine learning technique. *Journal of Forestry Research*. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-023-01625-2> (дата обращения: 10.03.2024).
31. Thomas B. Lynch, Chakra Budhathoki, Robert F. Wittwer, Relationships between Height, Diameter, and Crown for Eastern Cottonwood (*Populus Deltoides*) in a Great Plains Riparian Ecosystem, *Western Journal of Applied Forestry*, Volume 27, Issue 4, October 2012, Pages 176–186. <https://doi.org/10.5849/wjaf.11-030> (дата обращения: 10.03.2024).
32. Tor Myking, Fredrik Bohler, Gunnar Austrheim, Erling J. Solberg, Life history strategies of aspen (*Populus tremula* L.) and browsing effects: a literature review, *Forestry: An International Journal of Forest Research*, Volume 84, Issue 1, January 2011, Pages 61–71. URL: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpq044> (дата обращения: 06.03.2024).
33. Tran H., Woeste K. Li, et al. Measuring tree stem diameters and straightness with depth-image computer vision. *J. For. Res.* 34, 1395–1405 (2023). URL: <https://doi.org/10.1007/s11676-023-01600-x> (дата обращения: 10.03.2024).
34. Yevdokimova E. Panova T. M. Options for processing of aspen wood to carbon materials. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. T. 316. Iss. 1. № 12082. URL: <https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/9237/1/2-s2.0-85072988608.pdf> (дата обращения: 10.03.2024).

References

- Anuchin N. P. Perspektivy ispol'zovaniya matematicheskikh metodov i vychislitel'noj tekhniki v lesnom hozyajstve // *Vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki*. 1970. № 3. S. 99–105.
- Atroshchenko O. A. Modeli prognoza rosta drevostoev // *Trudy BGTU*. № 1. Lesnoe hozyajstvo. 2013. № 1. S. 3–5. URL: <https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/2654/1/o.-a.-atroshhenko.pdf> (data obrashcheniya: 06.03.2024).
- Bagaev E. S., Makarov S. S. Osobennosti rosta i produktivnosti osiny triploidnoj (*Populus tremulagigas*) v usloviyah Kostromskoy oblasti // *Aktual'nye problemy botaniki i ohrany prirody: sb. nauch. statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 150-letiyu so dnya rozhdeniya professora G. F. Morozova, Simferopol', 28–30 noyabrya 2017 g. / Pod red. S. F. Kotova. Simferopol': OOO «Izdatel'stvo Tipografiya «Arial», 2017. S. 220–223. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=31995315* (data obrashcheniya: 20.03.2024).
- Belyaev T. A., Nagimov Z. Ya., Shevelina I. V. Osina v lesnom fonde Permskogo kraja // *Effektivnyj otvet na sovremennye vyzovy s uchetoм vzaimodejstviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologij: social'no-ekonomicheskie i ekologicheskie problemy lesnogo kompleksa: materialy XIII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy*

konferencii, Ekaterinburg, 02–04 fevralya 2021 g. Ekaterinburg: FGBOU VO «Ural'skij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet», 2021. S. 46–50. URL: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/10080/1/konf_13-21-010.pdf (data obrashcheniya: 06.03.2024).

5. Borisov A. Yu., Kolesnikov G. N. Osobennosti zagotovki drevesiny osiny i ispol'zovanie othodov ee pererabotki na skladah lesozagotovitel'nyh predpriyatij // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015. № 1-1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=18629> (data obrashcheniya: 11.02.2024).

6. Burkov A. V., Vyvodcev N. V. Ocenka produktivnosti osinovyh drevostoev po dannym gosudarstvennoj inventarizacii lesov // *Uchenye zametki TOGU*. 2017. T. 8, № 1. S. 173–177. URL: https://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles-2017/TGU_8_31.pdf (data obrashcheniya: 06.03.2024).

7. Vajs A. A., Kerbis E. S. Allometricheskie zakonomernosti biologicheskoy produktivnosti elovyh nasazhdenij // *Hvojnye boreal'noj zony*. 2019. T. 37, № 3–4. S. 214–222. URL: <https://cloud.sibsau.ru/s/ci8oWRdLQtxESW> (data obrashcheniya: 06.03.2024).

8. Garipov N. R., Puryaev A. S. Struktura osinnikov Zakam'ya Respubliki Tatarstan // *Lesohozyajstvennaya informaciya*. 2017. № 4. S. 19–27. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_32589019_83088967.pdf (data obrashcheniya: 03.02.2024).

9. Danilinn M. A. Stroenie, rost i tovarnaya struktura osinovyh drevostoev central'nyh rajonov Krasnoyarskogo kraya: avtoreferat dis. ... kand. s.-h. nauk: AN SSSR. Sib. otd.nie. In-t lesa i drevesiny. Krasnoyarsk, 1967. 22 s. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_006104760/ (data obrashcheniya: 05.02.2024).

10. Demakov Yu. P., Smykov A. E., Gavrickova N. N. Struktura, produktivnost' i dinamika osinnikov Respubliki Marij El // *Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie*. 2011. № 2. S. 24–38. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_16925449_12846505.pdf (data obrashcheniya: 06.03.2024).

11. Pal'chikov S. B. Vozrastnaya dinamika rosta i tovarnoj struktury osinnikov central'nogo lesotaksacionnogo rajona: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk / Mosk. gos. un-t lesa. Moskva, 2006. 21 s. <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01003272620?page=1&rotate=0&theme=black> (data obrashcheniya: 06.03.2024).

12. Petrova G. A., Kalashnikova E. A., Muhametshina A. R. Analiz rosta osiny (*Populus tremula L.*), poluchennoj metodom in vitro v usloviyah Respubliki Tatarstan // *Lesnoj vestnik. Forestry Bulletin*. 2022. T. 26, № 5. S. 15–22. DOI 10.18698/2542-1468-2022-5-15-22. <https://elibrary.ru/item.asp?id=49515838> (data obrashcheniya: 06.03.2024).

13. Rumyanec D. E., Vorob'eva N. S. Dendrochronologicheskoe issledovanie rosta osiny v usloviyah central'no-lesnogo zapovednika // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2021. № 1 (103). URL: <https://research-journal.org/archive/1-103-2021->

[january/dendrochronologicheskoe-issledovanie-rosta-osiny-v-usloviyah-centralno-lesnogo-zapovednika](#) (data obrashcheniya: 06.03.2024).

14. Ryzhkova G. A., Ryzhkov O. V., Ryzhkov D. O. Raspad osinovyh nasazhdenij Central'no-Chernozemnogo zapovednika (2008–2017 gody) // *Flora i rastitel'nost' Central'nogo Chernozem'ya – 2018: materialy Mezhrregion. nauch. konf. (g. Kursk, 21 aprelya 2018 g.)*. Kursk: Mechta, 2018. S. 105–111. URL: <http://zapoved-kursk.ru/assets/files/books/Flora-i-rastitel'nost-Centralnogo-Chernozemiya-2012.pdf> (data obrashcheniya: 08.03.2024).

15. Semechkin I. V. Opyt ispol'zovaniya dannyh glazomernoj taksacii dlya izucheniya dinamiki nasazhdenij // *Organizaciya lesnogo hozyajstva i inventarizaciya lesov: sb. st. Vyp. 1*. Krasnoyarsk: Krasnoyarskoe knizhnoe izd-vo, 1962. S. 119–131.

16. Tablicy i modeli rosta i produktivnosti osinovyh lesoobrazuyushchih porod Severnoj Evrazii: normativno-spravochnye materialy / A. Z. Shvidenko, D. G. Shchepashchenko, S. Nil'sson, Yu. I. Buluj. Moskva, 2006. 803 s.

17. Fokin V. N. Formirovanie osinovyh drevostoev v zone elovo-shirokolistvennyh lesov: avtoreferat dis. ... kand. s.-h. nauk: 06.03.03 / Mosk. gos. un-t lesa. Moskva, 2002. 21 s. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002814341> (data obrashcheniya: 10.02.2024).

18. Chernov V. I. Formirovanie hozyajstvenno-cennyh nasazhdenij osiny (*Populus tremula L.*) v lesah Respubliki Tatarstan: avtoreferat dis. ... kand. s.-h. nauk: 06.03.02. Ufa, 2014. 22 s. URL: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01005557932?page=1&rotate=0&theme=black> (data obrashcheniya: 08.03.2024).

19. Chen J., Fang X., Wu A. et al. Allometric equations for estimating biomass of natural shrubs and young trees of subtropical forests. *New Forests* 55, 15–46 (2024). URL: <https://doi.org/10.1007/s11056-023-09963-z> (data obrashcheniya: 15.02.2024).

20. Ciceu A., Bronisz K., Garcia-Duro J. et al. Age-independent diameter increment models for mixed mountain forests. *Eur J Forest Res* 141, 781–800 (2022). URL: <https://doi.org/10.1007/s10342-022-01473-5> (data obrashcheniya: 08.03.2024).

21. Forest Types of Michigan: Aspen. Forest Management Guidelines for Michigan. Michigan State University. E3202 Bulletin 3. November 2014. URL: [https://www.canr.msu.edu/uploads/resources/pdfs/forest_types_of_michigan_-_aspen_\(e3202-3\).pdf](https://www.canr.msu.edu/uploads/resources/pdfs/forest_types_of_michigan_-_aspen_(e3202-3).pdf) (data obrashcheniya: 08.03.2024).

22. Jaakko Repola, Hannu Hökkä, Hannu Salminen. (2018). Models for diameter and height growth of Scots pine, Norway spruce and pubescent birch in drained peatland sites in Finland. *Silva Fennica*. Vol. 52 no. 5 article id 10055. URL: <https://doi.org/10.14214/sf.10055> (data obrashcheniya: 09.03.2024).

23. King C. M., Landhäusser S. M. Regeneration dynamics of planted seedling-origin aspen (*Populus tremuloides Michx.*). *New Forests* 49, 215–229 (2018). URL: <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9614-4> (data obrashcheniya: 28.02.2024).

24. Peter Ammann. Die Aspe – eine Pionierbaumart mit waldbaulichem Potential (2022). Swiss Federal Research Institute WSL. URL: <https://www.waldwissen.net/en/forestry/silviculture/forest-regeneration/the-aspen-a-pioneer-tree-species-with-silvicultural-potential> (data obrashcheniya: 08.03.2024).

25. Qila Sa, Xingji Jin, Timo Pukkala, Fengri Li. (2023). Developing Weibull-based diameter distributions for the major coniferous species in Heilongjiang Province, China. *Journal of Forestry*. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-023-01610-9>. Research (data obrashcheniya: 09.03.2024).

26. Hjelm K., Rytter L. (2018). The demand of hybrid aspen (*Populus tremula* × *P. tremuloides*) on site conditions for a successful establishment on forest land. *Silva Fennica* vol. 52 no. 5 article id 10036. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=18629> (data obrashcheniya: 11.04.2024).

27. Reed Noss. Canadian Aspen Forests and Parklands. URL: <https://www.oneearth.org/ecoregions/canadian-aspen-forests-and-parklands/> (data obrashcheniya: 08.03.2024).

28. Russell M. B., Windmuller-Campione M. A., Anderson B. D. et al. Assessing and modeling total height and diameter increment of ponderosa pine planted in Minnesota, USA. *New Forests* 51, 507–522 (2020). URL: <https://doi.org/10.1007/s11056-019-09746-5> (data obrashcheniya: 09.03.2024).

29. Shepperd Wayne D., Binkley Dan, Bartos Dale L., Stohlgren Thomas J., and Eskew, Lane G., compilers. 2001. Sustaining Aspen in Western Landscapes: Symposium Proceedings; 13–15 June 2000; Grand Junction, CO. Proceedings RMRS-P-18. Fort Collins, CO: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Re-

search Station. 460 p. URL: https://www.fs.usda.gov/rm/pubs/rmrs_p018.pdf (data obrashcheniya: 06.03.2024).

30. Şükrü Teoman, Güner Maria, J. Diamantopoulou, Ramazan Özçelik. (2023). Diameter distributions in *Pinus sylvestris* L. stands: evaluating modelling approaches including a machine learning technique. *Journal of Forestry Research*. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-023-01625-2> (data obrashcheniya: 10.03.2024).

31. Thomas B. Lynch, Chakra Budhathoki, Robert F. Wittwer, Relationships between Height, Diameter, and Crown for Eastern Cottonwood (*Populus Deltoides*) in a Great Plains Riparian Ecosystem, *Western Journal of Applied Forestry*, Volume 27, Issue 4, October 2012, Pages 176–186. <https://doi.org/10.5849/wjaf.11-030> (data obrashcheniya: 10.03.2024).

32. Tor Myking, Fredrik Bohler, Gunnar Austrheim, Erling J. Solberg, Life history strategies of aspen (*Populus tremula* L.) and browsing effects: a literature review, *Forestry: An International Journal of Forest Research*, Volume 84, Issue 1, January 2011, Pages 61–71. URL: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpq044> (data obrashcheniya: 06.03.2024).

33. Tran H., Woeste K. Li, et al. Measuring tree stem diameters and straightness with depth-image computer vision. *J. For. Res.* 34, 1395–1405 (2023). URL: <https://doi.org/10.1007/s11676-023-01600-x> (data obrashcheniya: 10.03.2024).

34. Yevdokimova E. Panova T. M. Options for processing of aspen wood to carbon materials. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. T. 316. Iss. 1. № 12082. URL: <https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/9237/1/2-s2.0-85072988608.pdf> (data obrashcheniya: 10.03.2024).

Сведения об авторе:

Д. А. Поздеев, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0001-8962-0780>
Удмуртский ГАУ, ул. Кирова, 16, Ижевск, Россия, 426033
dap219@mail.ru

Original article

DYNAMICS OF TAXATION INDICATORS OF MODAL ASPEN STANDS IN THE UDMURT REPUBLIC

Denis A. Pozdeev

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia
dap219@mail.ru

Abstract. *The identification of the characteristics of growth and productivity of plantations is not only a theoretical basis for forestry, but also a basis for the development of forest conservation standards. Tables of the dynamics of taxation indicators of modal plantations can be used to compile regional tables of the growth process, which are used to determine the age of ripeness and solve many issues of forest management planning. The article revealed the dynamics of the areas and volumes of aspen growing stock on the basis of accounting of the forest fund of the Udmurt Republic in the period 2007–2022. Using the taxation descriptions of the Krasnogorsky, Seltinsky, and Uvinsky Forestries, the stratification of the allotments of the second quality class in the linden pine forest with the aspen in the stand composition of the tier from four units and above was carried out. The variability of taxation indicators in the range from 1.4 to 37.5 % was revealed. The regression analysis was applied to equalize the aver-*

age height, diameter, relative density and growing stock. The adequacy of the models was assessed by the value of the correlation coefficient from 0.68 to 0.99. A comparative analysis of taxation indicators with regional tables of the growth rate of the corresponding forest area has been performed. No significant differences in heights and diameters were revealed, however, discrepancies in the limits of $\pm 11\text{--}50\%$ were observed in the stock, which was probably due to the density of modal aspen stands in the studied forest areas. The conducted research indicates the need to develop regression models of taxation indicators and build tables of height, diameter, and stock dynamics based on them, followed by calculation of growth tables reflecting the peculiarities of the development of stands.

Key words: forest fund, modal stands of aspen, variability and dynamics of taxation indicators, regression analysis.

For citation: Pozdeev D. A. Dynamics of taxation indicators of modal aspen stands in the Udmurt Republic. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2024; 3(79): 65-77. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2024_3_65-77.

Author:

D. A. Pozdeev, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0001-8962-0780>
Udmurt State Agricultural University, 16 Kirova St., Izhevsk, Russia, 426033
dap219@mail.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest: the author declares that there is no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 27.12.2023; одобрена после рецензирования 18.06.2024;
принята к публикации 06.09.2024.
The article was submitted 27.12.2023; approved after reviewing 18.06.2024; accepted for publication 06.09.2024.

Научная статья

УДК 630*114.351(470.40/43)

DOI 10.48012/1817-5457_2024_3_77-85

ЛЕСНАЯ ПОДСТИЛКА СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ: ФОРМИРОВАНИЕ И КЛАССИФИКАЦИОННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Сабиров Айрат Тагирзянович¹✉, Ульданова Раиля Анасовна²,
Абсалям Рафаэль Рамзиевич³, Сабиров Артур Айратович⁴

¹Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, Россия

²МБУ ДО «ДЭБЦ» НМР РТ, Нижнекамск, Россия

³Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

⁴ООО «ГК «ИННОТЕХ», Москва, Россия

¹tasat@list.ru

Аннотация. Изучение состава и свойств подстилок позволяет познать экологию функционирующей лесных биогеоценозов, направленность процессов почвообразования. Цель исследования – определение характера формирования и квалификационного положения лесных подстилок центральных районов Среднего Поволжья. Проведены биогеоценологические исследования еловых, пихтовых, сосновых, лиственничных, дубовых, липовых, кленовых и березовых лесов южных районах Кировской области, Республики Марий Эл и Республики Татарстан. Выявлены морфологические признаки, мощность, запас, физико-химические свойства лесных подстилок. Формирование биогеогоризонта А0 определяется составом и структурой лесных насаждений, почвенно-грунтовыми факторами, условиями увлажнения. Разработано классификационное положение подстилок лесных экосистем Среднего Поволжья. Для названия типов биогеогоризонта А0 употребили термины: муль, модер, мор. Подстилку типа модер подразделили на подтипы: муль-модер, модер, мор-модер. Показаны диагностические параметры характеристики подстилок темнохвойных биогеоценозов региона. В лиственных формациях мощность лес-