

Научная статья

УДК 630.5

DOI 10.24419/LNI.2304-3083.2023.2.03

Ход роста древостоев в сосновых типах леса заповедника «Кологривский лес»

Николай Николаевич Дубенок¹*доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН***Александр Вячеславович Лебедев²***кандидат сельскохозяйственных наук***Сергей Анатольевич Чистяков³**

Аннотация. Изучен ход роста древостоев основных лесобразующих пород в сосновых типах леса на примере государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М.Г. Сеницына (Костромская обл.). Объектом исследования являлись древостои сосны, березы, осины и ольхи серой. Для изучения хода роста использованы материалы лесоустройства 1998 г. и 2009 г. В общей сложности проанализированы данные 3 934 элементов дендроценозов. Для анализа экспериментальных данных применяли общепринятые эмпирические регрессионные модели. В исследовании получены регрессионные уравнения, описывающие изменения средних высот и диаметров, запасов древесины в зависимости от возраста основных лесобразующих пород в сосновых типах леса заповедника «Кологривский лес». Выявлено, что лучший лесорастительный эффект по рассматриваемым таксационным показателям проявляется в типе леса сосняк кисличный, худший – в сосняках лишайниковых и долгомошных. При этом для всех рассматриваемых древесных пород установлена общая закономерность, что в лучших лесорастительных условиях древостои являются менее долговечными, чем в худших. По полученным регрессионным зависимостям могут быть составлены таблицы хода роста путем расчета сумм площадей сечений, числа деревьев, текущего и среднего изменения запасов по общепринятым в лесной таксации методам. Такие таблицы могут служить основой при прогнозировании изменений таксационных показателей совокупности древостоев на землях лесного фонда заповедника «Кологривский лес».

Ключевые слова: ход роста древостоев, Кологривский лес, заповедник, тип леса.

Для цитирования: Дубенок Н.Н., Лебедев А.В., Чистяков С.А. Ход роста древостоев в сосновых типах леса заповедника «Кологривский лес». Текст : электронный // Лесохозяйственная информация. 2023. № 2. С. 43–54. DOI 10.24419/LNI.2304-3083.2023.2.03.

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, заведующий кафедрой сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, профессор (Москва, Российская Федерация), ndubenok@mail.ru

² Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства (Москва, Российская Федерация); Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М.Г. Сеницына, научный сотрудник (Кологрив, Костромская область, Российская Федерация), alebedev@rgau-msha.ru

³ Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, аспирант кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства (Москва, Российская Федерация); Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М.Г. Сеницына, заместитель директора по научной работе (Кологрив, Костромская область, Российская Федерация), bober.vet@mail.ru

Original article

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.2.03

Course of Stand Growth and Yield in the Pine Forest Types of the Kologrivsky Forest Nature Reserve

Nikolay N. Dubenok¹

Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences

Aleksandr V. Lebedev²

Candidate of Agricultural Sciences

Sergey A. Chistyakov³

Abstract. The purpose of the study is to study the course of growth of forest stands of the main forest-forming species in pine forest types using the example of the Kologrivsky Forest Nature Reserve (Kostroma Region). The object of the study was the stands of pine, birch, aspen and gray alder growing in pine forest types (lichen, lingonberry, sorrel, bilberry and long moss) of the Kologrivsky Forest Nature Reserve. To study the course of growth, materials from the forest inventory of 1998 and 2009 were used. In total, data on 3934 elements of dendrocenoses were analyzed. The generally accepted empirical regression models were used to analyze the experimental data. In the study, regression equations were obtained that describe changes in average heights and diameters, wood stocks from the age of the main forest-forming species in pine forest types of the Kologrivsky Forest Nature Reserve. It was revealed that the best forest growth effect in terms of the stand indicators under consideration is manifested in the type of forest – oxalis pine forest, and the worst – in lichen and long-moss pine forests. At the same time, for all considered tree species, a general pattern is manifested that in the best forest growing conditions, forest stands are less durable than in the worst ones. Based on the obtained regression dependencies, tables of the course of growth can be compiled by calculating the basal areas, the number of trees, the current and average changes in stocks according to the methods generally accepted in forest measurement and inventory. Such tables can serve as a basis for predicting changes in the stand indicators of the totality of forest stands in the forest area of the Kologrivsky Forest Nature Reserve.

Key words: forest stands course of the growth, Kologrivsky Forest, nature reserve, forest type.

For citation: Dubenok N., Lebedev A., Chistyakov S. Course of Stand Growth and Yield in the Pine Forest Types of the Kologrivsky Forest Nature Reserve // Forestry information. 2023. № 2. P. 43–54. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.2.03.

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Head of the Department of Agricultural Land Reclamation, Forestry and Land Management (Moscow, Russian Federation), ndubenok@mail.ru

² Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Associate Professor of the Department of Agricultural Land Reclamation, Forestry and Land Management (Moscow, Russian Federation); Kologrivsky Forest Nature Reserve, Researcher (Kologriv, Kostroma region, Russian Federation), alebedev@rgau-msha.ru

³ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Graduate Student of the Department of Forestry and Land Management (Moscow, Russian Federation); Kologrivsky Forest Nature Reserve, Deputy Director for Research (Kologriv, Kostroma region, Russian Federation), bober.vet@mail.ru

Введение

Таблицы хода роста отражают изменение с возрастом таксационной характеристики совокупности древостоев, объединенных по одному или нескольким показателям (класс бонитета, тип леса или лесорастительных условий, положение в ландшафте, почвенные условия и др.) [1–4]. Их данные служат основой для характеристики изменений на землях лесного фонда, прироста и производительности древостоев. Они используются при обосновании возрастов спелости леса, установлении возрастов рубки, расчете объема экосистемных функций. Многочисленными исследованиями подтверждено, что данные таблиц хода роста могут применяться для характеристики не конкретного древостоя, а их совокупности [5–7].

На протяжении длительного времени дискуссионным оставался вопрос географического охвата разрабатываемых таблиц хода роста. Всеобщие таблицы хода роста характеризуют ареал произрастания древесной породы, а в основу их построения заложены наиболее общие закономерности изменения таксационных показателей. Общие – охватывают только часть ареала, а региональные – отражают частные соотношения между таксационными показателями и возрастом на ограниченной территории, где были собраны экспериментальные материалы [7]. В последние десятилетия изучение хода роста в основном проводится на региональной основе [8–12].

Исследования хода роста древостоев Костромской обл. проводятся с 1908 г., когда В.А. Чернеевским под руководством Н. Воробьева были составлены первые таблицы запаса и прироста насаждений [13]. В 1915 г. для южных уездов Костромской губернии в устье реки Унжи по материалам анализа модельных деревьев Д.И. Товстолесом были сформированы таблицы хода роста древостоев лиственницы сибирской, характеризующихся II и III классами бонитета [14]. В 1965 г. В.М. Павловым [15] опубликованы таблицы хода роста растущей части сосновых древостоев I–III классов бонитета для левобережья реки Унжи (Понизовский лесной массив).

Изучению особенностей хода роста березовых древостоев в бассейне реки Ветлуги посвящены исследования П.В. Алексева [16] и А.В. Алексева [17]. В 2016 и 2017 гг. В.К. Хлюстовым с соавт. [18, 19] опубликованы таблицы хода роста сосновых древостоев Костромской обл. по типам леса и типам лесорастительных условий. Эти таблицы дополнены сведениями о биологической и товарной продуктивности древостоев, рядах распределения таксационных показателей по классам толщины деревьев.

Таким образом, к настоящему времени в основном изучены региональные особенности хода роста только сосновых и березовых древостоев Костромской обл. при полноте 1,0. До 1970-х гг. изучение хода роста проводилось преимущественно по классам бонитета. На фоне изменений климата за последние 40–50 лет [20] и системы хозяйственного воздействия на леса (в том числе в условиях режима особо охраняемой природной территории) приобретают актуальность вопросы, связанные с изучением реакции древостоев основных лесобразующих пород на природные и антропогенные воздействия, выявление закономерностей хода роста в конкретных экологических условиях и оценка экосистемных услуг лесных насаждений в процессе их динамики.

Цель исследования – изучение хода роста древостоев основных лесобразующих пород в сосновых типах леса на примере заповедника «Кологривский лес» (Костромская обл.).

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлись древостои сосны, березы, осины и ольхи серой, произрастающие в сосновых типах леса (лишайниковые, брусничные, кисличные, черничные и долгомошные) государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М.Г. Синицына. Для изучения хода роста использованы материалы лесоустройства 1998 г. (Угорское участковое лесничество Мантуровского лесничества) и 2009 г. (Кастовское участковое лесничество заповедника

«Кологривский лес»). В общей сложности проанализированы данные 3 934 элементов дендроценозов на площади 10 549,5 га.

Заповедник расположен на территории Костромской обл. и включает 2 обособленных удаленных участка (рис. 1): Кологривский и Мантуровский. На первом из них в местах сплошнолесосечных рубок 1930–1990 гг. преобладают вторичные леса из березы повислой (*Betula pendula*), березы пушистой (*B. pubescens*), осины (*Populus tremula*), ольхи серой (*Alnus incana*). На территории памятника природы «Кологривский лес» (Кологривский участок) по берегам малых лесных рек сохранились участки коренных южно-таежных ельников, в составе древостоев которых доминируют ель обыкновенная (*Picea abies*) и ель финская (*Picea x fennica*), липа мелколистная (*Tilia cordata*). На Мантуровском участке типичными являются древостои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), произрастающие в местах крупного лесного пожара 1972 г. [21, 22].

Для выравнивания зависимости значений средних высот (H) от возраста (A) использовали ростовую функцию А. Митчерлиха,

в отечественной литературе также известную как функция Дракина-Вуевского [7, 23, 24]:

$$H = a_0(1 - \exp(-a_1A))^{a_2}.$$

Выравнивание зависимости средних диаметров (D) от возраста (A) выполнялось с применением квадратичной функции в логарифмическом масштабе зависимой и независимых переменных [18, 19], которая сводится к виду:

$$D = \exp(a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln^2 A).$$

Зависимость запаса древесины (M) от возраста (A) была аппроксимирована функцией оптимума, имеющей точку максимума, после которой начинается этап распада древостоев [25, 26]:

$$M = a_0 A^{a_1} \exp(-a_2 A).$$

В качестве показателя надежности регрессионных уравнений в исследовании использовали следующие метрики качества: коэффициент детерминации (R^2) и среднеквадратическую ошибку (SE).



Рис. 1. Местоположение объектов исследования: Кологривский участок заповедника (черный контур) и Мантуровский участок заповедника (красная заливка)

Результаты и обсуждение

Оценки параметров и достоверность уравнений хода роста по средней высоте основных лесообразующих пород (сосна, береза, осина и ольха серая) по типам леса представлены в табл. 1. Во всех случаях оценки параметров статистически значимы (при $p < 0,05$). Уравнения позволяют охватить от 82,2 до 96,9 % изменчивости средних высот. Среднеквадратическая ошибка находится в диапазоне от 0,9 до 2,6.

Графическая визуализация хода роста по средней высоте основных лесообразующих пород в сосновых типах леса в сравнении с линиями бонитетной шкалы [27] показана на рис. 2. Построенные по уравнениям кривые являются синхронными с бонитетными для сосновых древостоев в лишайниковом, брусничном, черничном и долгомошном типах леса. В черничном типе леса прослеживается тенденция к снижению

класса бонитета. Так, если до 40 лет древостой характеризуется Ia классом бонитета, то к 100 годам – I классом. Аналогичная закономерность характерна и для березовых древостоев: до 60 лет – Ia класс бонитета, а после 80 лет – I класс. В осиновых древостоях класс бонитета изменяется в брусничном типе леса (снижение на один класс). Наибольшие отклонения построенных по уравнениям кривых прослеживаются для древостоев ольхи серой: до 20 лет – Ia класс бонитета, после 70 лет – III класс бонитета.

Наилучшими лесорастительными условиями по показателю средней высоты для всех рассматриваемых пород отличается тип леса сосняк кисличный, именно здесь формируются наиболее производительные древостои. В переувлажненных и засушливых местообитаниях (типы леса сосняк долгомошный и сосняк лишайниковый) древостои менее производительны и характеризуются в среднем III классом бонитета.

ТАБЛИЦА 1. ПАРАМЕТРЫ УРАВНЕНИЙ ХОДА РОСТА ПО СРЕДНЕЙ ВЫСОТЕ

ДРЕВЕСНАЯ ПОРОДА	ТИП ЛЕСА	ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ УРАВНЕНИЯ			R^2	SE
		a_0	a_1	a_2		
Сосна (до 100 лет)	Слш	26,460	0,022	1,691	0,967	0,894
	Сбр	32,560	0,020	1,514	0,950	1,544
	Скис	31,458	0,027	1,382	0,960	1,421
	Сч	32,973	0,021	1,526	0,947	1,810
	Сдм	23,560	0,030	1,993	0,831	1,669
Береза (до 90 лет)	Слш	27,139	0,019	1,524	0,969	0,909
	Сбр	30,602	0,023	1,591	0,937	1,731
	Скис	32,433	0,026	1,294	0,972	1,278
	Сч	34,296	0,019	1,376	0,886	2,102
	Сдм	26,376	0,022	1,597	0,822	1,631
Осина (до 70 лет)	Сбр	24,791	0,033	1,629	0,838	2,609
	Скис	31,202	0,035	1,705	0,974	1,302
	Сч	35,304	0,016	1,151	0,849	2,577
	Сдм	27,569	0,020	1,398	0,910	1,774
Ольха серая (до 70 лет)	Скис	18,466	0,064	1,692	0,933	1,193
	Сч	20,679	0,031	1,029	0,880	1,152

Примечания.

1. Слш – сосняк лишайниковый, Сбр – сосняк брусничный, Скис – сосняк кисличный, Сч – сосняк черничный и Сдм – сосняк долгомошный.
2. R^2 – коэффициент детерминации, SE – среднеквадратическая ошибка.

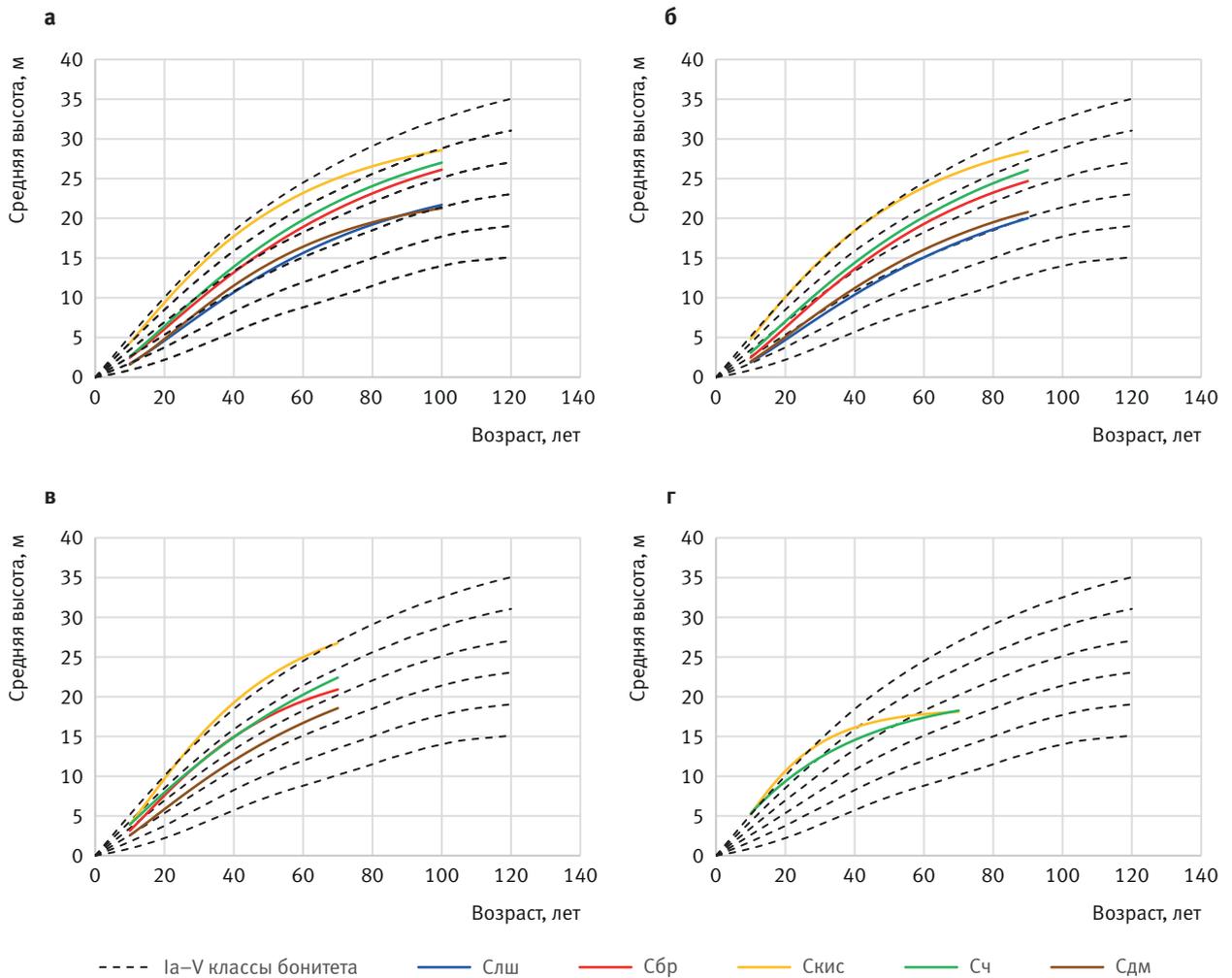


Рис. 2. Ход роста по средней высоте: а) сосна, б) береза, в) осина, г) ольха серая

Оценки параметров и достоверность уравнений хода роста по среднему диаметру для основных лесообразующих пород по типам леса представлены в табл. 2. Во всех случаях оценки параметров статистически значимы (при $p < 0,05$). Полученные уравнения объясняют от 89,8

до 96,7 % вариации средних диаметров. Среднеквадратическая ошибка находится в диапазоне от 1,0 до 2,5.

Кривые хода роста по среднему диаметру древостоев основных лесообразующих пород в разных сосновых типах леса показаны на рис. 3.

Таблица 2. ПАРАМЕТРЫ УРАВНЕНИЙ ХОДА РОСТА ПО СРЕДНЕМУ ДИАМЕТРУ

ДРЕВЕСНАЯ ПОРОДА	ТИП ЛЕСА*	ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ УРАВНЕНИЯ			R^2	SE
		a_0	a_1	a_2		
Сосна (до 100 лет)	Слш	-4,016	2,570	-0,210	0,956	1,297
	Сбр	-3,921	2,494	-0,191	0,966	1,539
	Скис	-6,826	4,144	-0,411	0,936	2,520
	Сч	-4,451	2,586	-0,181	0,957	1,625
	Сдм	-11,470	6,302	-0,672	0,910	1,526

ОКОНЧАНИЕ ТАБЛ. 2

ДРЕВЕСНАЯ ПОРОДА	ТИП ЛЕСА*	ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ УРАВНЕНИЯ			R^2	SE
		a_0	a_1	a_2		
Береза (до 90 лет)	Слш	-2,213	1,669	-0,105	0,950	1,257
	Сбр	-6,349	3,929	-0,400	0,959	1,528
	Скис	-3,278	2,322	-0,186	0,956	1,636
	Сч	-3,614	2,183	-0,136	0,950	1,497
	Сдм	-6,031	3,254	-0,257	0,898	1,389
Осина (до 70 лет)	Сбр	-4,928	3,254	-0,316	0,901	2,426
	Скис	-4,398	2,790	-0,224	0,966	1,772
	Сч	-3,567	2,212	-0,140	0,936	2,038
	Сдм	-7,981	4,447	-0,427	0,958	1,769
Ольха серая (до 70 лет)	Скис	-3,674	2,742	-0,278	0,926	1,511
	Сч	0,820	-0,154	0,170	0,967	1,008

*См. табл. 1.

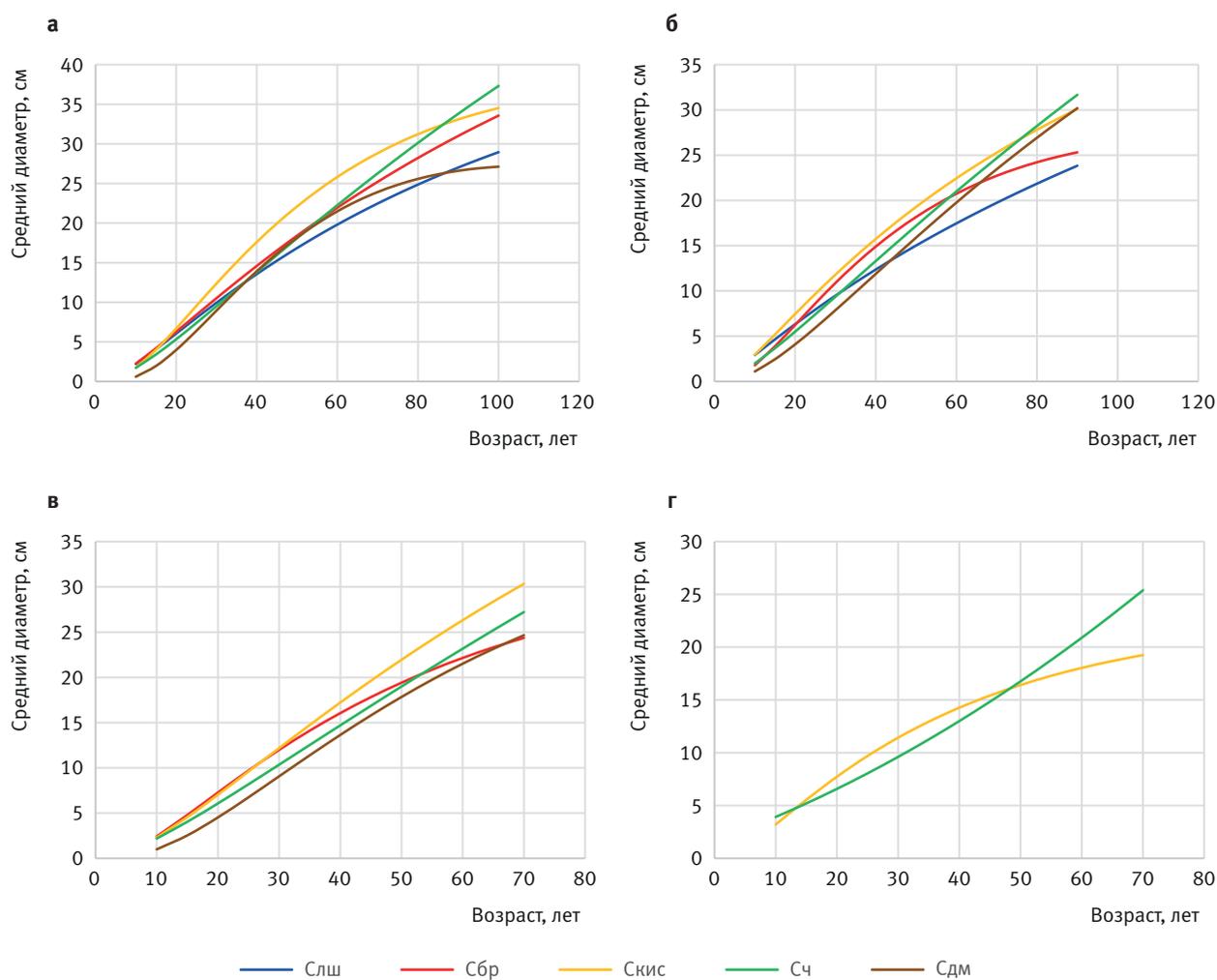


Рис. 3. Ход роста по среднему диаметру: а) СОСНА, б) БЕРЕЗА, в) ОСИНА, г) ОЛЬХА СЕРАЯ

Наибольшие значения средних диаметров стволов для всех рассматриваемых древесных пород зафиксированы в сосняках кисличных; наименьшие – в сосняках лишайниковых и долгомошных, что связано с особенностями водного режима почв.

Запасы древесины элементов леса были приведены к 100 %-му участию породы в составе древостоя, но при этом полученные уравнения отражают их зависимость от возраста при фактической средней полноте (0,6–0,7 ед.). Оценки параметров и достоверность уравнений хода роста по запасу чистых древостоев основных лесобразующих пород по типам леса представлены в табл. 3. Во всех случаях оценки параметров статистически значимы (при $p < 0,05$). Уравнения позволяют охватить от 66,5 до 94,8 % изменчивости запасов. Среднеквадратическая ошибка находится в диапазоне от 9,4 до 36,1.

Согласно полученным регрессионным уравнениям, в среднем максимальный запас на всех временных этапах в чистых древостоях сосны и березы не превышает 300–350 м³/га,

в осиновых – 250 м³/га и в сероольховых – 200 м³/га (рис. 4).

Для всех древесных пород прослеживается общая закономерность, что в лучших лесорастительных условиях древостои являются менее долговечными, чем в худших. Данный факт необходимо принимать во внимание при установлении возрастов рубки лесных насаждений в сосновых типах леса в зоне сотрудничества биосферного резервата «Кологривский лес» и при оценке интенсивности выполнения древостоями экосистемных функций.

Выводы

В проведенном исследовании впервые выявлены особенности хода роста сосны, березы, осины и ольхи серой в сосновых типах леса левобережья реки Унжи (заповедник «Кологривский лес»), что позволило оценить вклад конкретных экологических условий в производительность

ТАБЛИЦА 3. ПАРАМЕТРЫ УРАВНЕНИЙ ХОДА РОСТА ПО ЗАПАСУ ЧИСТЫХ ДРЕВОСТОЕВ

ДРЕВЕСНАЯ ПОРОДА	ТИП ЛЕСА*	ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ УРАВНЕНИЯ			R ²	SE
		a ₀	a ₁	a ₂		
Сосна (до 100 лет)	Слш	0,028	2,311	0,019	0,948	9,471
	Сбр	0,336	1,683	0,011	0,840	30,863
	Скис	0,347	1,776	0,014	0,855	33,421
	Сч	0,289	1,779	0,012	0,899	21,758
	Сдм	0,553	1,412	0,008	0,674	12,586
Береза (до 90 лет)	Слш	0,113	1,792	0,007	0,945	11,200
	Сбр	0,394	1,604	0,007	0,804	36,078
	Скис	0,560	1,626	0,012	0,897	27,321
	Сч	0,056	2,452	0,030	0,894	21,774
	Сдм	0,642	1,327	0,003	0,793	9,136
Осина (до 70 лет)	Сбр	0,854	1,420	0,006	0,819	35,516
	Скис	0,699	1,567	0,012	0,858	29,031
	Сч	0,211	1,985	0,020	0,860	25,271
	Сдм	0,215	1,971	0,024	0,649	24,601
Ольха серая (до 70 лет)	Скис	2,842	1,072	0,005	0,926	14,349
	Сч	0,224	2,050	0,027	0,665	25,914

* См. табл. 1.

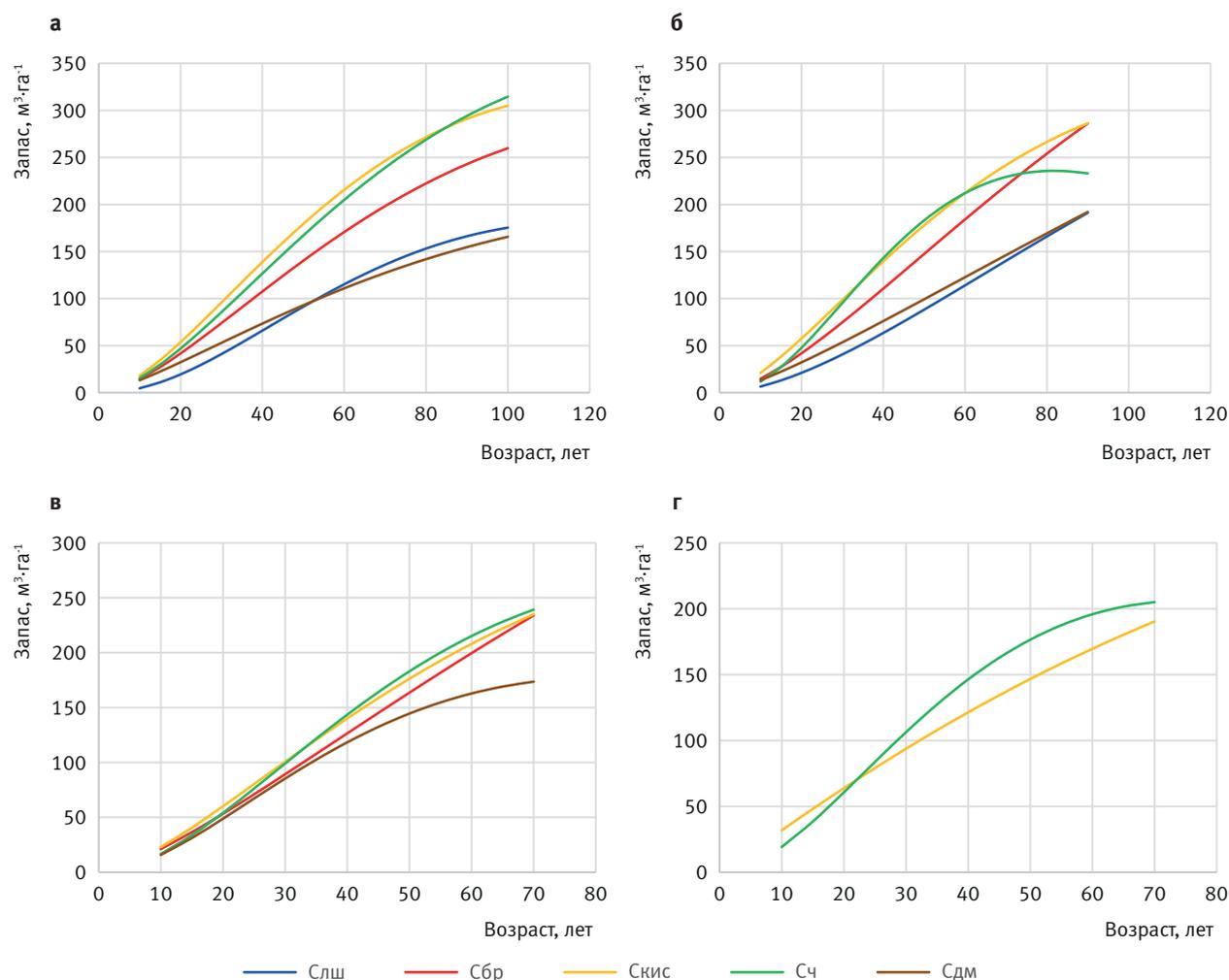


Рис. 4. Ход роста по запасу чистых древостоев: а) СОСНА, б) БЕРЕЗА, в) ОСИНА, г) ОЛЬХА СЕРАЯ

древостоев данного района. Показано, что оптимальное сочетание экологических факторов для формирования продуктивных древостоев сосны, березы, осины и ольхи серой наблюдается в типе леса сосняк кисличный. Выявленные в ходе исследований закономерности хода роста сосновых древостоев в целом согласуются с ранее полученными по типам леса и типам лесорастительных условий Костромской обл. [3, 18, 19]. Сопоставление численных рядов возрастных изменений таксационных показателей древостоев рассматриваемых древесных пород с данными общих и региональных таблиц хода роста [27], составленных по классам бонитета, показывает наличие значительных отклонений между ними, что подтверждает необходимость проведения подобных исследований.

По полученным в исследовании регрессионным зависимостям таксационных показателей от возраста древостоев могут быть составлены таблицы хода роста путем расчета сумм площадей сечений, числа деревьев, текущего и среднего изменения запасов по общепринятым в лесной таксации методам. Такие таблицы могут служить основой при прогнозировании изменений таксационных показателей совокупности древостоев, при проведении лесоустроительных работ на землях лесного фонда заповедника «Кологривский лес». В будущем сопоставление составленных таблиц хода роста с оценками средних таксационных показателей древостоев по типам леса позволит сделать вывод о влиянии особо охраняемого режима территории и происходящих климатических изменений на производительность лесов.

Список источников

1. Двойцова, И.Н. Математические методы и модели прогнозирования запасов древостоев / И.Н. Двойцова // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2004. – № 9. – С. 15–17.
2. Соловьев, В.М. Особенности роста и формирования древостоев как важнейшие динамические признаки типов леса / В.М. Соловьев // Леса Урала и хозяйство в них. – Вып. 21. – Екатеринбург, 2001. – С. 113–120.
3. Хлюстов, В.К. Экологическая типизация хода роста древостоев / В.К. Хлюстов, А.В. Лебедев // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2016. – № 4(32). – С. 5–18. – DOI 10.15350/2306-2827.2016.4.5.
4. Заварзин, В.В. Ход роста, товарная структура и продуктивность древостоев кедра сибирского (*Pinus sibirica*) / В.В. Заварзин, А.В. Лебедев, А.В. Гемонов. – Москва : МЭСХ, 2020. – 160 с.
5. Богачев, А.В. Лесотаксационные исследования / А.В. Богачев. – Москва : ВНИИЛМ, 2007. – 344 с.
6. Дубенок, Н.Н. Результаты экспериментальных работ за 150 лет в Лесной опытной даче Тимирязевской сельскохозяйственной академии / Н.Н. Дубенок, В.В. Кузьмичев, А.В. Лебедев. – Москва : Наука, 2020. – 382 с.
7. Кузьмичев, В.В. Закономерности роста древостоев / В.В. Кузьмичев. – Новосибирск : Наука, 1977. – 160 с.
8. Выводцев, Н.В. Региональные закономерности хода роста насаждений сосны кедровой корейской (ход роста кедровников в ХГТЛ КД1) / Н.В. Выводцев, Д.Е. Сердюкова // Ученые заметки ТОГУ. – Т. 8. – 2017. – № 1. – С. 111–115.
9. Батвенкина, Т.В. Ход роста сосняков чернично-зеленомошных Хребтовского лесничества Красноярского края / Т.В. Батвенкина // Вестник современных исследований. – 2018. – № 10.5(25). – С. 125–127.
10. Осипенко, А.Е. Ход роста по запасу искусственных сосновых древостоев в ленточных борах Алтайского края / А.Е. Осипенко, С.В. Залесов // Лесотехнический журнал. – 2017. – Т. 7. – № 2(26). – С. 34–41. – DOI 10.12737/article_5967e8f7531f03.43457948.
11. Кокорина, Е.Г. Эскиз таблицы хода роста модальных сосновых насаждений на основе принципов динамической типологии / Е.Г. Кокорина, А.А. Вайс // Хвойные бореальной зоны. – 2021. – Т. 39. – № 4. – С. 257–262.
12. Рост и продуктивность элементов леса в осокорниках поймы реки Урал / В.К. Хлюстов, М.М. Елекешева, Т.С. Изтелеу, А.Р. Байсынова, Н.К. Нурадинова // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 1. – С. 32–38. – DOI 10.28983/asj.v0i1.688.
13. Материалы для оценки земель Костромской губернии. Определение доходности земельных угодий. – Вып. 1. Запас и прирост лесных насаждений Костромской губернии. – Кострома : Тип. Т.П. Андрониковой, 1908. – 33 с.
14. Товстолес, Д.И. Ход роста сибирской лиственницы по исследованию в Пермской и Костромской губерниях / Д.И. Товстолес. – Петроград : Тип. М.А. Александрова, 1915. – С. 33–64.
15. Павлов, В.М. Особенности хода роста сосны в бассейне реки Унжи / В.М. Павлов // Новое в лесной таксации и лесоустройстве. – Сб. 2. – 1965. – С. 37–39.
16. Алексеев, П.В. Исследование хода роста генетически эталонных березняков Приветлужья на почвенно-типологической основе : сб. тр. МарПИ. – Вып. 3. – Йошкар-Ола, 1972. – № 59. – С. 126–140.
17. Алексеев, А.В. Зависимость роста пирогенных березняков от ландшафтов в лесорастительных условиях Поветлужья / А.С. Алексеев // Вавиловские чтения: материалы междисциплинарной научной конференции. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 1997. – С. 18–20.
18. Хлюстов, В.К. Экобиоэнергетический потенциал сосняков Костромской области / В.К. Хлюстов, А.В. Лебедев, О.Е. Ефимов. – Москва : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. – 292 с.
19. Хлюстов, В.К. Товарно-денежный потенциал древостоев и оптимизация лесопользования / В.К. Хлюстов, А.В. Лебедев. – Иркутск : Мегапринт, 2017. – 328 с.

20. Дубенок, Н.Н. Влияние климатических изменений на динамику природных процессов в заповеднике «Кологривский лес» / Н.Н. Дубенок, А.В. Лебедев, С.А. Чистяков // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2022. – № 4. – С. 52–56.
21. Криницын, И.Г. Экологическая характеристика местообитаний ценопопуляций липы сердцевидной и ели обыкновенной в заповеднике «Кологривский лес» / И.Г. Криницын, А.В. Лебедев // Природообустройство. – 2019. – № 3. – С. 121–126. DOI 10.34677/1997-6011/2019-3-121-126.
22. Лебедев, А.В. Таксономическая структура флоры сосудистых растений заповедника «Кологривский лес» / А.В. Лебедев, И.Г. Криницын, В.В. Гостев // Природообустройство. – 2022. – № 3. – С. 115–121. DOI 10.26897/1997-6011-2022-3-115-121.
23. Демаков, Ю.П. Диагностика устойчивости лесных экосистем (методические и методологические аспекты) / Ю.П. Демаков. – Йошкар-Ола, 2000. – 415 с.
24. Лебедев, А.В. Использование функции Чапмана-Ричардса для выравнивания зависимости высот деревьев от диаметров на высоте груди / А.В. Лебедев // Матер. междунар. научной конф. молодых учёных и специалистов, посвящ. 160-летию В.А. Михельсона : сб. ст. (Москва, 09–11 июня 2020 г.). – Т. 1. – Москва : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – С. 251–253.
25. Лебедев, А.В. Возрастные изменения структуры и продуктивности пихтового элемента леса в насаждениях заповедника «Кологривский лес» / А.В. Лебедев // Научные труды государственного природного заповедника «Кологривский лес». – Вып. 1. – Кологрив, 2017. – С. 33–45.
26. Демаков, Ю.П. Структура и закономерности развития лесов Республики Марий Эл / Ю.П. Демаков. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2018. – 432 с.
27. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии : нормативно-справочные материалы : 2-е изд., доп. / А.З. Швиденко, Д.Г. Щепаченко, С. Нильсон, Ю.И. Булуй. – Москва, 2008. – 886 с.

References

1. Dvojčova, I.N. Matematicheskie metody i modeli prognozirovaniya zapasov drevostoev / I.N. Dvojčova // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa. – 2004. – № 9. – С. 15–17.
2. Solov'ev, V.M. Osobennosti rosta i formirovaniya drevostoev kak vazhnejšie dinamicheskie priznaki tipov lesa / V.M. Solov'ev // Lesa Urala i hozyajstvo v nih. – Вып. 21. – Екатеринбург, 2001. – С. 113–120.
3. Hlyustov, V.K. Ekologicheskaya tipizaciya hoda rosta drevostoev / V.K. Hlyustov, A.V. Lebedev // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie. – 2016. – № 4(32). – С. 5–18. DOI 10.15350/2306-2827.2016.4.5.
4. Zavarzin, V.V. Hod rosta, tovarnaya struktura i produktivnost' drevostoev kedra sibirskogo (*Pinus sibirica*) / V.V. Zavarzin, A.V. Lebedev, A.V. Gemonov. – Москва : MESKH, 2020. – 160 с.
5. Bogachev, A.V. Lesotaksacionnye issledovaniya / A.V. Bogachev. – Москва : VNIILM, 2007. – 344 с.
6. Dubenok, N.N. Rezul'taty eksperimental'nyh rabot za 150 let v Lesnoj opytnoj dache Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii / N.N. Dubenok, V.V. Kuz'michev, A.V. Lebedev. – Москва : Nauka, 2020. – 382 с.
7. Kuz'michev, V.V. Zakonomernosti rosta drevostoev / V.V. Kuz'michev. – Novosibirsk : Nauka, 1977. – 160 с.
8. Vyvodcev, N.V. Regional'nye zakonomernosti hoda rosta nasazhdenij sosny kedrovoj korejskoj (hod rosta kedrovnikov v HGTL KD1) / N.V. Vyvodcev, D.E. Serdyukova // Uchenye zametki TOGU. – Т. 8. – 2017. – № 1. – С. 111–115.
9. Batvenkina, T.V. Hod rosta sosnyakov chernichno-zelenomoshnyh Hrebtovskogo lesnichestva Krasnoyarskogo kraja / T.V. Batvenkina // Vestnik sovremennyh issledovanij. – 2018. – № 10.5(25). – С. 125–127.

10. Osipenko, A.E. Hod rosta po zapasu iskusstvennyh sosnovykh drevostoev v lentochnyh borah Altajskogo kraja / A.E. Osipenko, S.V. Zalesov // Lesotekhnicheskij zhurnal. – 2017. – T. 7. – № 2(26). – S. 34–41. – DOI 10.12737/article_5967e8f7531f03.43457948.
11. Kokorina, E.G. Eskiz tablicy hoda rosta modal'nyh sosnovykh nasazhdenij na osnove principov dinamicheskoj tipologii / E.G. Kokorina, A.A. Vajs // Hvojnye boreal'noj zony. – 2021. – T. 39. – № 4. – S. 257–262.
12. Rost i produktivnost' elementov lesa v osokornikah pojmy reki Ural / V.K. Hlyustov, M.M. Elekesheva, T.S. Izteleu, A.R. Bajsynova, N.K. Nuradinova // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. – 2019. – № 1. – S. 32–38. – DOI 10.28983/asj.v0i1.688.
13. Materialy dlya ocenki zemel' Kostromskoj gubernii. Opredelenie dohodnosti zemel'nyh ugodij. – Vyp. 1. Zapas i prirost lesnyh nasazhdenij Kostromskoj gubernii. – Kostroma : Tip. T.P. Andronikovej, 1908. – 33 s.
14. Tovstoles, D.I. Hod rosta sibirskoj listvennicy po issledovaniyu v Permskoj i Kostromskoj guberniyah / D.I. Tovstoles. – Petrograd : Tip. M.A. Aleksandrova, 1915. – S. 33–64.
15. Pavlov, V.M. Osobennosti hoda rosta sosny v bassejne reki Unzhi / V.M. Pavlov // Novoe v lesnoj taksacii i lesoustrojstve. – Sb. 2. – 1965. – S. 37–39.
16. Alekseev, P.V. Issledovanie hoda rosta geneticheski etalonnnyh bereznyakov Privetluzh'ya na pochvenno-tipologicheskoy osnove : sb. tr. MarPI. – Vyp. 3. – Ioshkar-Ola, 1972. – № 59, – S. 126–140.
17. Alekseev, A.V. Zavisimost' rosta pirogennyh bereznyakov ot landshaftov v lesorastitel'nyh usloviyah Povetluzh'ya / A.S. Alekseev // Vavilovskie chteniya: materialy mezhdisciplinarnoj nauchnoj konferencii. – Joshkar-Ola : MarGTU, 1997. – S. 18–20.
18. Hlyustov, V.K. Ekobioenergeticheskij potencial sosnyakov Kostromskoj oblasti / V.K. Hlyustov, A.V. Lebedev, O.E. Efimov. – Moskva : Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet – MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2016. – 292 s.
19. Hlyustov, V.K. Tovarno-denezhnyj potencial drevostoev i optimizaciya lesopol'zovaniya / V.K. Hlyustov, A.V. Lebedev. – Irkutsk : Megaprint, 2017. – 328 s.
20. Dubenok, N.N. Vliyanie klimaticeskikh izmenenij na dinamiku prirodnyh processov v zapovednike «Kologrivskij les» / N.N. Dubenok, A.V. Lebedev, S.A. Chistyakov // Ispol'zovanie i ohrana prirodnyh resursov v Rossii. – 2022. – № 4. – S. 52–56.
21. Krinicyн, I.G. Ekologicheskaya harakteristika mestoobitanij cenopopulyacij lipy serdcevidnoj i eli obyknovennoj v zapovednike “Kologrivskij les” / I.G. Krinicyн, A.V. Lebedev // Prirodoobustrojstvo. – 2019. – № 3. – S. 121–126. DOI 10.34677/1997-6011/2019-3-121-126.
22. Lebedev, A.V. Taksonomicheskaya struktura flory sosudistykh rastenij zapovednika “Kologrivskij les” / A.V. Lebedev, I.G. Krinicyн, V.V. Gostev // Prirodoobustrojstvo. – 2022. – № 3. – S. 115–121. DOI 10.26897/1997-6011-2022-3-115-121.
23. Demakov, Yu.P. Diagnostika ustojchivosti lesnyh ekosistem (metodicheskie i metodologicheskie aspekty) / Yu.P. Demakov. – Joshkar-Ola, 2000. – 415 s.
24. Lebedev, A.V. Ispol'zovanie funkcii Chapmana-Richardsa dlya vyravnivaniya zavisimosti vysot derev'ev ot diametrov na vysote grudi / A.V. Lebedev // Mater. mezhdunar. nauchnoj konf. molodyh uchyonyh i specialistov, posvyashch. 160-letiyu V.A. Mihel'sona : sb. st. (Moskva, 09–11 iyunya 2020 g.). – T. 1. – Moskva : Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet – MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2020. – S. 251–253.
25. Lebedev, A.V. Vozrastnye izmeneniya struktury i produktivnosti pihtovogo elementa lesa v nasazhdeniyah zapovednika “Kologrivskij les” / A.V. Lebedev // Nauchnye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika “Kologrivskij les». – Vyp. 1. – Kologriv, 2017. – S. 33–45.
26. Demakov, Yu.P. Struktura i zakonmernosti razvitiya lesov Respubliki Marij El / Yu.P. Demakov. – Joshkar-Ola : Povolzhskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet, 2018. – 432 s.
27. Tablicy i modeli hoda rosta i produktivnosti nasazhdenij osnovnyh lesopodobnykh porod Severnoj Evrazii : normativno-spravochnye materialy : 2-e izd., dop. / A.Z. SHvidenko, D.G. Shchepashchenko, S. Nil'son, Yu.I. Buluj. – Moskva, 2008. – 886 s.