



ЭКОЛОГИЯ/ECOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.67.10> EDN: PYYQET

СТРУКТУРА ЛЕСОВ И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕРОДОДЕПОНИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Научная статья

Шульпина П.Н.^{1,*}, Баженова О.П.²¹ ORCID : 0009-0002-6364-392X;² ORCID : 0000-0003-2406-4319;^{1,2} Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Омск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (pn.shulpina[at]omgau.org)

Аннотация

По данным Главного управления лесного хозяйства Омской области проанализирована структура лесов региона и рассчитан углерододепонирующий потенциал основных лесобразующих пород. В структуре лесов по площади преобладают мягколиственные породы (75,71% общей площади лесов региона), доля хвойных пород составляет 24,27%. Запасы углерода в пуле фитомассы основных лесобразующих пород региона варьируют в широких пределах — от 7,62 т С га⁻¹ в молодом липовом насаждении до 102,34 т С га⁻¹ в спелых и перестойных лиственных насаждениях. Наибольшими запасами углерода в пуле фитомассы в расчете на 1 гектар обладают хвойные насаждения (58,27%). Однако по общим запасам углерода в фитомассе в регионе преобладают мягколиственные породы (78,43%), формирующие основную долю в структуре лесов по площади, а на долю хвойных пород приходится менее трети общих запасов углерода.

Ключевые слова: структура лесов, запасы углерода, углерододепонирующая способность, Омская область.

FOREST STRUCTURE AND A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CARBON SEQUESTRATION CAPACITY OF THE MAIN FOREST-FORMING SPECIES IN OMSK OBLAST

Research article

Shulpina P.N.^{1,*}, Bazhenova O.P.²¹ ORCID : 0009-0002-6364-392X;² ORCID : 0000-0003-2406-4319;^{1,2} Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russian Federation

* Corresponding author (pn.shulpina[at]omgau.org)

Abstract

According to data from the Main Forestry Administration of Omsk Oblast, the region's forest structure has been analysed and the carbon sequestration potential of the main forest-forming species has been calculated. In terms of area, deciduous species predominate in the forest structure (75,71% of the region's total forest area), while coniferous species account for 24,27%. Carbon reserves in the phytomass pool of the region's main forest-forming species vary widely — from 7,62 t C ha⁻¹ in young lime plantations to 102,34 t C ha⁻¹ in mature and overmature larch plantations. Coniferous stands have the highest carbon stocks in the biomass pool per hectare (58,27%). However, in terms of total carbon reserves in phytomass in the region, broad-leaved species predominate (78,43%), forming the main share of the forest structure by area, while coniferous species account for less than a third of total carbon reserves.

Keywords: forest structure, carbon reserves, carbon sequestration capacity, Omsk Oblast.

Введение

Леса выполняют ряд значимых экологических, экономических и социальных функций, в том числе различные экосистемные услуги [1, С. 49], [4, С. 2]. Россия занимает первое место в мире по площади лесов и второе место по запасу стволовой древесины. Среди основных лесобразующих пород в стране первое место занимает лиственница (28,1% от общей площади), затем следуют сосна (19,2%), береза (16,4%), ель (12,6%), кедр (9,2%) [9].

В связи с глобальными изменениями климата особого внимания заслуживает климаторегулирующая функция лесов, непосредственно связанная с их углерододепонирующей способностью [2, С. 3], [3, С. 115], [12, С. 968]. Углерододепонирующая способность лесов зависит от многих факторов, среди которых первостепенное значение имеет их структура по основным лесобразующим породам и группам возраста. К числу пород с высокой углерододепонирующей способностью относятся сосна, ель, лиственница, тополь, а в группах возраста — молодняки, средневозрастные и приспевающие [9].

Омская область обладает высоким потенциалом для развития лесного хозяйства – площадь земель лесного фонда составляет 42% общей площади региона, причем доля эксплуатационных лесов наибольшая (82,6%). Основной хвойной лесобразующей породой в регионе является сосна, мягколиственной — береза [1, С. 50], [5].

Цель работы — оценка углерододепонирующего потенциала основных лесобразующих пород Омской области.

Материалы и методы исследований

Расчеты и анализ проведены по данным Главного управления лесного хозяйства Омской области и Лесного плана Омской области в редакции от 14.02.2025 г. [5], [7].



Запас углерода в фитомассе древостоев рассчитывали по формуле:

$$M=K*V,$$

где M — фитомасса, т;

K — конверсионный коэффициент, т С м⁻³;

V — запас стволовой древесины, м³/га.

Конверсионный коэффициент отражает связь запаса стволовой древесины с фитомассой древостоя. Коэффициент рассчитан для преобладающих пород по группам возраста и климатическим зонам [6].

Статистическую обработку данных проводили в программе Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Основную долю в структуре лесов Омской области по площади произрастания составляют мягколиственные породы (75,71% общей площади лесов региона), хвойные насаждения — 24,27%, твердолиственные и кустарниковые породы — 0,1%. В структуре мягколиственных пород региона по площади произрастания преобладает береза (84,79% общей площади мягколиственных пород), среди хвойных — сосна (71,33% общей площади хвойных пород) (табл. 1).



Таблица 1 - Распределение площади лесов и запаса стволовой древесины по основным лесообразующим породам и группам возраста

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.67.10.1>

Основные лесообразующие породы	Площадь, тыс. га	Группы возраста												Запас, млн м ³	Группы возраста																																						
		Молодняки I класса		Молодняки II класса		Средне-возрастные		Приспевающие		Спелые и перестойные					Молодняки I класса		Молодняки II класса		Средне-возрастные		Приспевающие		Спелые и перестойные																														
		тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%		тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%															
															в том числе перестойные																						в том числе перестойные																
												млн м ³		%		млн м ³		%		млн м ³		%		млн м ³		%		млн м ³		%		млн м ³		%		млн м ³		%															
Хвойные																																																					
Сосна	788,6	69,5	8,8	50,5	6,4	287,0	36,4	136,0	17,3	245,6	31,1	25,6	10,4	84,6	1,40	1,6	5,59	6,6	32,64	38,5	18,77	22,1	26,46	31,2	3,22	12,2	Ель	110,1	19,0	17,3	6,2	5,6	37,9	34,4	24,2	22,0	22,8	20,7	3,0	14,5	16,01	0,28	1,7	0,35	2,2	6,20	38,7	4,24	26,5	4,94	30,9	0,74	15,0
Пихта	63,7	6,9	10,8	3,2	5,0	7,3	11,5	9,5	14,9	36,8	57,8	7,3	19,8	12,17	0,11	0,9	0,21	1,7	0,95	7,8	1,93	15,9	8,97	73,7	2,06	23,0	Лиственница	2,3	0,4	17,5	0,5	21,7	0,5	21,7	0,2	8,7	0,7	30,4	0,3	42,9	0,35	0,01	2,8	0,07	20,0	0,06	17,2	0,03	8,6	0,18	51,4	0,08	44,4
Кедр	140,8	10,3	7,3	7,0	5,0	69,8	49,6	26,7	19,0	27,0	19,1	0,8	3,0	29,26	0,21	0,7	0,79	2,7	16,33	55,9	6,33	21,6	5,6	19,1	0,15	2,7	Итого	1105,5	106,1	9,6	67,4	6,1	402,5	36,4	196,6	17,8	332,9	30,1	37,0	11,1	142,65	2,01	1,4	7,01	4,9	56,18	39,4	31,30	21,9	46,15	32,4	6,25	13,5
Твердолиственные																																																					
Клен	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	14,3	0,0	0,0	0,6	85,7	0,2	33,3	0,03	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,03	100,0	0,01	33,3																							
Мягколиственные																																																					
Береза	2923,5	216,9	7,4	90,3	3,1	755,0	25,8	420,0	14,4	1441,3	49,3	653,5	45,34	412,43	2,30	0,6	3,0	0,7	79,52	19,3	63,35	15,4	264,26	64,0	131,45	49,7	Осина	509,8	85,2	16,7	49,7	9,8	65,4	12,8	50,3	9,9	259,2	50,8	180,5	69,6	82,29	1,45	1,8	2,87	3,5	7,52	9,1	7,92	9,6	62,53	76,0	45,84	73,3
Липа	5,2	0,2	3,8	0,3	5,8	2,7	51,9	1,1	21,2	0,9	17,3	0,2	22,2	0,78	0,0	0,0	0,01	1,3	0,41	52,5	0,19	24,4	0,17	21,8	0,03	17,6	Тополь	4,0	0,5	12,5	1,3	32,5	1,9	47,5	0,0	0,0	0,3	7,5	0,0	0,0	0,30	0,01	3,4	0,04	13,3	0,21	70,0	0,0	0,04	13,3	0,0	0,0	
Ива древовидная	5,5	0,3	5,5	0,5	9,0	1,5	27,3	0,3	5,5	2,9	52,7	1,4	48,3	0,31	0,01	3,2	0,01	3,2	0,07	22,6	0,02	6,5	0,20	64,5	0,12	60	Итого	3448,0	303,1	8,8	142,1	4,1	826,5	24,0	471,7	13,7	1704,6	49,4	835,6	49,0	496,11	3,77	0,8	5,93	1,2	87,73	17,7	71,48	14,4	327,20	65,9	177,4	54,2
Всего	4554,2	409,2	9,0	209,5	4,6	1229,1	27,0	668,3	14,7	2038,1	44,7	872,8	42,8	638,79	5,78	0,9	12,94	2,0	143,91	22,5	102,78	16,1	373,38	58,5	183,70	49,2																											



По запасам стволовой древесины распределение между основными породами такое же, наибольшими запасами древесины обладают мягколиственные породы, первое место среди них принадлежит березе (83,13%). Среди хвойных пород по запасам древесины лидирует сосна (59,31%) (см. табл. 1).

В возрастной структуре мягколиственных насаждений по площади и запасу стволовой древесины преобладают спелые и перестойные леса, а у хвойных насаждений — средневозрастные (см. табл. 1) [5].

На основании проведенных расчетов запасов углерода в пуле фитомассы основных лесобразующих пород региона установлено, что запасы углерода на один гектар площади варьируют в широких пределах: минимальные показатели присущи молодым липовым насаждениям ($7,62 \text{ т Сга}^{-1}$), максимальные — спелым и перестойным лиственничным насаждениям ($102,34 \text{ т Сга}^{-1}$). По общему запасу углерода на 1 гектар среди хвойных пород лидирует кедр ($271,40 \text{ т Сга}^{-1}$), среди мягколиственных — осина ($193,94 \text{ т Сга}^{-1}$), показатели которой ненамного превышают березу ($190,28 \text{ т Сга}^{-1}$). По общему запасу углерода на 1 гектар хвойные породы привносят 58,27 % от общего запаса углерода на 1 гектар и превосходят мягколиственные породы на 30,45%. Однако в общей структуре лесов Омской области основной запас углерода в фитомассе (млн т С) приходится на мягколиственные породы, ввиду их преобладания по площади и запасу стволовой древесины (табл. 2).

На основании проведенных полевых работ в период 2022–2024 гг. нами было установлено, что запас углерода в фитомассе средневозрастных лиственничных лесов, произрастающих на разных участках южной лесостепи Омской области, варьирует от 47,30 до $147,40 \text{ т Сга}^{-1}$ [11, С. 8]. Запас углерода в фитомассе приспевающих и спелых березовых лесов варьировал от 57,05 до $120,90 \text{ т Сга}^{-1}$ [10, С. 41]. Полученные нами показатели запасов углерода в фитомассе лиственничных и березовых насаждений хорошо согласуются с данными, установленными для основных лесобразующих пород Северной Евразии [8]. Сведения о запасах углерода в пуле фитомассы других основных лесобразующих пород Омской области к настоящему времени отсутствуют.



Таблица 2 - Запасы углерода в фитомассе основных лесобразующих пород Омской области

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.67.10.2>

Основная лесобразующая порода	Группы возраста												Итого по породе запас углерода т С га	Итого по породе млн т С
	Молодняки I и II класса			Средневозрастные			Приспевающие			Спелые и перестойные				
	Конверсионный коэффициент	Запас углерода, т С га ⁻¹	Общий запас, млн т С	Конверсионный коэффициент	Запас углерода т С га ⁻¹	Общий запас, млн т С	Конверсионный коэффициент	Запас углерода т С га ⁻¹	Общий запас, млн т С	Конверсионный коэффициент	Запас углерода т С га ⁻¹	Общий запас, млн т С		
Хвойные														
Сосна	0,435	25,34	3,04	0,352	40,03	11,49	0,329	45,41	6,18	0,356	38,35	9,42	149,13	30,13
Ель	0,614	15,35	0,39	0,369	60,36	2,29	0,351	61,50	1,49	0,364	78,87	1,80	216,08	5,96
Пихта	0,42	13,31	0,13	0,308	40,08	0,29	0,283	57,49	0,55	0,27	65,81	2,42	176,70	3,40
Лиственница	0,392	34,84	0,03	0,371	44,52	0,02	0,398	59,70	0,01	0,398	102,34	0,07	241,41	0,14
Кедр	0,392	22,66	0,39	0,341	79,78	5,57	0,319	75,63	2,02	0,45	93,33	2,52	271,40	10,50
Итого	-	111,5	3,99	-	264,78	19,66	-	299,73	10,24	-	378,71	126,07	1054,71	159,96
Твердолиственные														
Клен	0,624	0,00	0,00	0,477	0,00	0,00	0,388	0,00	0,00	0,436	21,80	0,01	21,80	0,01
Мягколиственные														
Береза	0,461	7,95	2,44	0,409	43,08	32,52	0,409	61,69	25,91	0,423	77,56	111,78	190,28	172,66
Осина	0,356	11,40	1,54	0,363	41,74	2,73	0,335	52,75	2,65	0,365	88,05	22,82	193,94	29,74
Липа	0,381	7,62	0,00	0,336	51,02	0,14	0,334	57,69	0,06	0,337	63,66	0,06	179,99	0,26
Тополь	0,356	9,89	0,02	0,363	40,12	0,08	0,335	0,00	0,00	0,365	48,67	0,01	98,68	0,11
Ива древовидная	0,381	9,53	0,01	0,336	15,68	0,02	0,334	22,27	0,01	0,337	23,24	0,07	70,71	0,11
Итого	-	46,39	4,01	-	191,64	35,49	-	194,40	28,63	-	301,17	513,38	733,60	581,52
Всего	-	157,89	8,0	-	456,42	55,15	-	494,12	38,87	-	701,68	639,47	1810,11	741,49



Заключение

Высокая доля спелых и перестойных лесов среди мягколиственных пород Омской области снижает углероддепонирующую способность лесных насаждений и относится к наиболее слабым сторонам углероддепонирующего потенциала лесов региона. Преобладание средневозрастных хвойных насаждений положительно влияет на углероддепонирующий потенциал лесов Омской области, но их доля в структуре лесов региона в 3 раза меньше, чем мягколиственных пород.

Для повышения углероддепонирующей способности лесов Омской области рекомендуется провести оптимизацию структуры лесных насаждений в регионе и направить мероприятия по лесовосстановлению и лесоразведению на увеличение посадочных площадей хвойными породами, обладающими высокой углероддепонирующей способностью.

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. Баженова О.П. Экосистемные услуги лесов Омской области / О.П. Баженова, В.В. Костерова, П.Н. Шульпина; под ред. О.В. Нежевляк, Н.А. Поползухина, А.С. Королёв // Экологические чтения – 2022: материалы национальной научно-практической конференции (с международным участием). — Омск : Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2022. — С. 48–53. — EDN UPYVUW.
2. Лукина Н.В. Биоразнообразие и климаторегулирующие функции лесов: актуальные вопросы и перспективы исследований / Н.В. Лукина, А.П. Гераськина, А.В. Горнов [и др.] // Вопросы лесной науки. — 2020. — Т. 3. — № 4. — С. 1–90. — DOI: 10.31509/2658-607x-2020-3-4-1-90. — EDN LRCFSP.
3. Замолодчиков Д.Г. Потенциальное поглощение углерода фитомассой древостоя при восстановлении тугайных лесов / Д.Г. Замолодчиков, В.В. Каганов, О.Н. Липка // Лесоведение. — 2020. — № 2. — С. 115–126. — DOI: 10.31857/S0024114820020114. — EDN XNILEE.
4. Басова Е.В. Качество древесного опада как информативный индикатор функциональной классификации лесов / Е.В. Басова, Н.В. Лукина, А.И. Кузнецова [и др.] // Вопросы лесной науки. — 2022. — Т. 5. — № 3. — С. 1–21. — DOI: 10.31509/2658-607x-202251-97.
5. Лесной план Омской области : утвержден Указом Губернатора Омской области от 17 января 2019 г. № 4 (с изменениями и дополнениями от 14 февраля 2025 г.) // Портал Правительства Омской области. — 2025. — URL: <https://gulh.omskportal.ru/oiv/gulh/otrasl/lesplan> (дата обращения: 03.12.2025).
6. Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов : утверждены распоряжением Минприроды России от 30.06.2017 N 20-р // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. — Москва, 2017. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/456079177> (дата обращения: 11.12.25).
7. Главное управление лесного хозяйства Омской области // Портал Правительства Омской области. — 2025. — URL: <https://gulh.omskportal.ru/oiv/gulh/glavnaya> (дата обращения: 11.11.2025).
8. Швиденко А.З. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии : нормативно-справочные материалы / А.З. Швиденко, Д.Г. Щепаченко, С. Нильсон [и др.]. — Москва : Федеральное агентство лесного хозяйства Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, 2008. — 2-е изд., доп. — 886 с. — EDN FQDWDK.
9. Федеральное агентство лесного хозяйства. — 2025. — URL: <https://rosleshoz.gov.ru/news/federal/rosleskhoz-zapas-drevesiny-v-2024-godu-vygos-na-16-mln-m3/> (дата обращения: 16.12.2025).
10. Шульпина П.Н. Особенности депонирования углерода в березовых древостоях южной лесостепи Омской области / П.Н. Шульпина, О.П. Баженова // Сибирский лесной журнал. — 2025. — № 3. — С. 37–44. — DOI: 10.15372/SJFS20250304. — EDN OGFTRS.
11. Шульпина П.Н. Особенности депонирования углерода в древостоях лиственницы сибирской в южной лесостепи Омской области / П.Н. Шульпина, О.П. Баженова, В.В. Каганов // Вопросы лесной науки. — 2025. — Т. 8. — № 1. — С. 1–21. — DOI: 10.31509/2658-607x-202581-159. — EDN RGNBNS.
12. Seidl R. Globally consistent climate sensitivity of natural disturbances across boreal and temperate forest ecosystems / R. Seidl, J. Honkaniemi, T. Aakala [et al.] // Ecography. — 2022. — Vol. 43. — № 7. — P. 967–978. — DOI: 10.1111/ecog.04995. — EDN WFSOMS.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bazhenova O.P. Ekosistemnie uslugi lesov Omskoi oblasti [Ecosystem services of the forests of the Omsk region] / O.P. Bazhenova, V.V. Kosterova, P.N. Shulpina; edited by O.V. Nezhevlyak, N.A. Popolzukhina, A.S. Korolyov // Ekologicheskie chteniya – 2022 [Environmental Readings 2022] : proceedings of the National Scientific and Practical Conference (with



- international participation). — Omsk : Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 2022. — P. 48–53. — EDN UPYVUW. [in Russian]
2. Lukina N.V. Bioraznoobrazie i klimatoreguliruyushchie funktsii lesov: aktualnie voprosi i perspektivi issledovaniia [Biodiversity and climate regulating functions of forests: current issues and prospects for research] / N.V. Lukina, A.P. Geraskina, A.V. Gornov [et al.] // Voprosi lesnoi nauki [Forest Science Issues]. — 2020. — Vol. 3. — № 4. — P. 1–90. — DOI: 10.31509/2658-607x-2020-3-4-1-90. — EDN LRCFSP. [in Russian]
3. Zamolodchikov D.G. Potentsialnoe pogloshchenie ugleroda fitomassoii drevostoya pri vosstanovlenii tugainikh lesov [Potential carbon absorption by stand phytomass during restoration of tugai forests] / D.G. Zamolodchikov, V.V. Kaganov, O.N. Lipka // Lesovedenie [Russian Journal of Forest Science]. — 2020. — № 2. — P. 115–126. — DOI: 10.31857/S0024114820020114. — EDN XNILEE. [in Russian]
4. Basova E.V. Kachestvo drevesnogo opada kak informativnii indikator funktsionalnoi klassifikatsii lesov [Quality of wood litter as an informative indicator of functional classification of forests] / E.V. Basova, N.V. Lukina, A.I. Kuznetsova [et al.] // Voprosi lesnoi nauki [Forest Science Issues]. — 2022. — Vol. 5. — № 3. — P. 1–21. — DOI: 10.31509/2658-607x-202251-97. [in Russian]
5. Lesnoj plan Omskoj oblasti [Forest Plan of the Omsk Region] : approved by Decree of the Governor of the Omsk Region № 4 of January 17, 2019 (with amendments and additions of February 14, 2025) // Portal Pravitel'stva Omskoj oblasti [Omsk Region Government Portal]. — 2025. — URL: <https://gulh.omskportal.ru/oiv/gulh/otrasl/lesplan> (accessed: 03.12.2025). [in Russian]
6. Metodicheskie ukazaniya po kolichestvennomu opredeleniyu ob"ema pogloshcheniya parnikovyh gazov [Methodological guidelines for the quantitative determination of the volume of absorption of greenhouse gases] [approved by the order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated 30.06.2017 N 20-r] // Elektronnyj fond pravovykh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov [Electronic Fund of Legal and Regulatory-Technical Documents]. — Moscow, 2017. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/456079177> (accessed: 11.12.25). [in Russian]
7. Glavnoe upravlenie lesnogo hozyajstva Omskoj oblasti [Main Forestry Directorate of the Omsk Region] // Portal Pravitel'stva Omskoj oblasti [Omsk Region Government Portal]. — 2025. — URL: <https://gulh.omskportal.ru/oiv/gulh/glavnaya> (accessed: 11.11.2025). [in Russian]
8. Shvidenko A.Z. Tablitsy i modeli khoda rosta i produktivnosti nasazhdeniy osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod Severnoy Evrazii (normativno-spravochnye materialy) [Tables and Models of the Growth and Productivity of Stands of the Main Forest-Forming Species of Northern Eurasia] : normative and reference materials / A.Z. Shvidenko, D.G. Shchepashchenko, S. Nilson [et al.]. — Moscow : Federal Forestry Agency of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, 2008. — 2nd ed., suppl. — 886 p. — EDN FQDWDK. [in Russian]
9. Federal'noe agentstvo lesnogo hozyajstva [Federal Forestry Agency]. — 2025. — URL: <https://rosleshoz.gov.ru/news/federal/rosleskhoz-zapas-drevesiny-v-2024-godu-vyros-na-16-mln-m3/> (accessed: 16.12.2025). [in Russian]
10. Shulpina P.N. Osobennosti deponirovaniya ugleroda v berezovikh drevostoyakh yuzhnoi lesostepi Omskoi oblasti [Features of Carbon Sequestration in Birch Tree Stands of the Southern Forest-Steppe of Omsk Oblast] / P.N. Shulpina, O.P. Bazhenova // Sibirskii lesnoi zhurnal [Siberian Journal of Forest Science]. — 2025. — № 3. — P. 37–44. — DOI: 10.15372/SJFS20250304. — EDN OGFTRS. [in Russian]
11. Shulpina P.N. Osobennosti deponirovaniya ugleroda v drevostoyakh listvennitsi sibirskoi v yuzhnoi lesostepi Omskoi oblasti [Features of Carbon Sequestration in Siberian Larch Forest Stands in the Southern Forest-Steppe of the Omsk Region] / P.N. Shulpina, O.P. Bazhenova, V.V. Kaganov // Voprosi lesnoi nauki [Forest Science Issues]. — 2025. — Vol. 8. — № 1. — P. 1–21. — DOI: 10.31509/2658-607x-202581-159. — EDN RGNNS. [in Russian]
12. Seidl R. Globally consistent climate sensitivity of natural disturbances across boreal and temperate forest ecosystems / R. Seidl, J. Honkaniemi, T. Aakala [et al.] // Ecography. — 2022. — Vol. 43. — № 7. — P. 967–978. — DOI: 10.1111/ecog.04995. — EDN WFSOMS.