

DOI: 10.31509/2658-607x-202473-151
УДК 631.436

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОДСТИЛКИ В РАЗНЫХ ТИПАХ ЛЕСА ВАЛУЕВСКОГО ЛЕСОПАРКА Г. МОСКВЫ

© 2024 А. И. Кузнецова^{1*}, В. А. Кузнецов², Е. В. Тихонова¹, Д. Н. Тебенькова¹

¹Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН
Россия, 117997 Москва, ул. Профсоюзная, 84/32, стр. 14

²МГУ имени М. В. Ломоносова, Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, 1

*E-mail: nasta472288813@yandex.ru

Поступила в редакцию: 11.08.2024

После рецензирования: 15.09.2024

Принята к печати: 25.09.2024

В статье дана оценка варьирования среднемесячной температуры и запасов подстилки в дубово-еловом и березово-липовом типах леса Валуевского лесопарка г. Москвы с учетом внутри- и межбиогеоценотической изменчивости за 2019-2022 гг. Во все исследуемые летние периоды температура подстилки дубово-елового леса ниже, чем березово-липового. Изменчивость температуры подстилки в зимний период зависит от высоты снежного покрова, даты формирования устойчивого снежного покрова и запасов подстилки. Выявлена тесная отрицательная связь между запасами подстилки и ее температурой в летний период, и положительная связь – в зимний период. При наличии мощного снежного покрова температура подстилки подкروновых пространств выше, чем температура подстилки «окна», отличающейся низкими запасами. Результаты дальнейших исследований влияния древесной растительности на температурный режим подстилки могут использоваться при оценке скорости разложения подстилки и объемов эмиссии парниковых газов из почв.

Ключевые слова: *качество опада, элементы мозаики, хвойно-широколиственные леса*

Важнейшей экосистемной функцией лесной растительности является регулирование температурного режима подстил-

ки, от которого зависят многие биогеохимические процессы, например, разложение и трансформация органического

вещества в почве. Продемонстрировано влияние типа лесной растительности на температурный режим подзолистых почв средней тайги, где почвы вторичных лиственных и смешанных типов леса были теплее по сравнению с почвой ненарушенного елового леса (Дымов, Старцев, 2016). Одним из факторов, влияющих на температуру минеральной части почвы, является лесная подстилка – поверхностный органогенный горизонт почв. Исследования показывают, что при наличии лесной подстилки низлежащие горизонты менее подвержены резким колебаниям температур, как в летний, так и в зимний период (Кашулина и др., 2020; Битюков, 2012). Например, в борах Марийского Заволжья в летний период термоизоляционные свойства подстилки оказывают значительное влияние на температуру минеральной части почвы, препятствуя ее прогреву вплоть до глубины 80 см (Демаков и др., 2017). На примере северотаежных лесов Западной Сибири показано, что в летнее время тепловой режим почв в основном определяется составом напочвенного покрова, и наибольшее влияние на теплообмен оказывает очес зеленых мхов, в меньшей степени – сплошной покров кустистых лишайников (Махатков,

Ермолов, 2020). Подстилка, корректируя температуру приземного слоя атмосферы, может регулировать процессы роста и возобновления деревьев. Для ростков ели, например, критична средняя температура воздуха в дневные часы в июне, °С и сумма активных температур выше +10 °С (Белова и др., 2023). В насаждениях, пройденных низовыми пожарами, более контрастный ввиду отсутствия подстилки температурный режим затрудняет естественное возобновление насаждений, но при этом лучшее прогревание почвы в теплый период способствует активизации многих почвообразовательных и физиологических процессов (Тарасов и др., 2008).

Анализ современных зарубежных и отечественных работ позволяет заключить, что оценка температурного режима подстилки как компонента лесных экосистем, регулирующих климат, является актуальной задачей (Лукина и др., 2020).

Цель работы – изучение связи температурного режима и запасов подстилки с учетом их внутри- и межбиогеоценотического варьирования в разных типах леса Валуевского лесопарка г. Москвы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлись лесные экосистемы Валуевского лесопарка г. Москвы.

парка г. Москвы. Лесной покров представлен широколиственно-еловыми и широколиственными (с доминированием *Tilia cordata*) лесами, на значительной площади развиты вторичные послерубочные леса с большим участием мелколиственных видов деревьев: *Betula pendula* и *Populus tremula* (Аккумуляция ..., 2018). В ландшафтной структуре доминируют местности моренных равнин с абсолютными высотами 190–210 м.

В почвенном покрове преобладают дерново-подзолистые почвы (Albic Retisols) на покровном суглинке. Почвообразующая порода характеризуется

средне-тяжелосуглинистым гранулометрическим составом: содержание физической глины в почвообразующих породах варьирует от 34.3 % до 45.3 % (Аккумуляция ..., 2018).

Работа проводилась на стационарных пробных площадях Валуевского лесопарка по материалам исследований прошлых лет (2019-2022 годы) (Аккумуляция ..., 2018). Период наблюдений с 2019 по 2022 г. отличался высокой вариабельностью метеорологических показателей (табл. 1). Зимний период 2019-2020 года отличался низкой высотой снежного покрова по сравнению с 2020-2021 гг. и 2021-2022 гг.

Таблица 1. Метеорологическая характеристика района исследования по данным метеостанции Внуково/им. А. Н. Туполева (аэропорт), Россия, ID=2752 (rp5.ru)

Год наблюдений	Месяц											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
среднемесячная температура, °С												
2019	нд	нд	нд	нд	16.1	19.6	16.6	16.2	12.2	8.5	1.4	0.6
2020	-0.2	-0.6	3.8	4.5	11.5	19.1	18.3	17.3	13.90	9.3	1.80	-4.2
2021	-6	-10.5	-1.7	7.3	14.1	20.2	22.2	19.4	9.7	5.9	1.8	-7
2022	-5.6	-1.5	-1.1	5.5	10.4	19.1	20.6	22.2	нд	нд	нд	нд
количество осадков, мм												
2019	нд	нд	нд	нд	50	60	42	36	21	40	16	17
2020	39	23	27	19	124	100	110	46	71	60	39	20
2021	50	49	30	89	105	62	40	73	96	44	65	46
2022	61	24	17	61	64	31	50	2,6	нд	нд	нд	нд
высота снежного покрова, см												
2019	нд	нд	нд	нд	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	3.8	4.3	2	2.5	0	0	0	0	0	0	0	7.7
2021	28.4	51	36.1	0	0	0	0	0	0	0	0.4	21.90
2022	38.3	36.4	12	15.4	0	0	0	0	нд	нд	нд	нд

Примечание: *01-январь, 02-февраль, 03-март, 04-апрель, 05-май, 06-июнь, 07-июль, 08-август, 09-сентябрь, 10-октябрь, 11 – ноябрь, 12- декабрь. нд – нет данных

Для изучения межбиогеоценотической неоднородности сравнивались два типа леса (березово-липовый волосисто-осоковый (8Лп2Б+Ос+Д+Кл+Е) лес возрастом 70-90 лет и дубово-еловый зеленчуково-кисличный (7Е2Д1Б+Ос+Лп+С) возрастом более 100 лет. Для изучения внутрибиогеоценотической неоднородности изучались доминирующие элементы мозаики внутри каждого из исследуемых типов леса, к которым относятся подкроновые дубовые, еловые, липовые и березовые пространства (Тихонова, Тихонов, 2021). Межкроновые участки слабо выражены из-за высокой сомкнутости полога. Также выделялись «окна» – просветы в пологе взрослого древостоя (treefall gaps) – возникающие в результате гибели одного или нескольких крупных деревьев. В березово-липовом лесу на долю «окон» приходится 15% общей площади леса, а в

дубово-еловом лесу – 25% (Комаров и др., 2021).

Для оценки температурного режима поверхностного органогенного горизонта почв (подстилки) доминирующих элементов мозаики в разных типах леса в подкроновом пространстве и в «окнах» заложено 15 логгеров – термохрон Thermochron iButton (рис. 1). Термохроны закладывались на поверхности органо-минерального горизонта почв, непосредственно под свежим или прошлогодним слаборазложившимся опадом для оценки температуры подстилки. В широколиственно-еловых лесах логгеры установлены под кронами дуба в трехкратной повторности (n=3), ели (n=3), в березово-липовых волосистоосоковых лесах – под кронами липы (n=3), березы (n=3), также в трехкратной повторности была произведена закладка термохрон в «окнах».



Рисунок 1. Закладка термохрон в сентябре 2019 года.
(а) термохрон в подстилке подкронового пространства березы (б) термохрон в подстилке «окна» дубово-елового леса

В качестве одного из основных факторов, влияющих на температурный режим подстилки, рассматриваются ее запасы. Для определения запасов подстилки на каждой площадке в тех же точках опробования, где были заложены термохроны, производился отбор подстилки с использованием рамки размером 25×25 см в 3-кратной повторности (август-сентябрь, 2019). Отбор проводился в подкروновых пространствах и «окнах» (Орлова и др., 2015).

Для характеристики связи температурного режима и запасов подстилки использовали корреляционный анализ Спирмена. Для сравнения средних использовали критерий Мана-Уитни.

Проанализирован период с мая 2019 года по май 2022 года.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Оценка внутрибиогеоценотической изменчивости температурного режима и запасов органогенных горизонтов почв.

Проведена оценка влияния деревьев-эдификаторов на температуру и запас подстилки в пределах одного биогеоценоза.

В дубово-еловом лесу самые высокие запасы подстилки отмечены в подкروновых еловых элементах мозаики, самые низкие – в «окнах». Самая высокая вариабельность запасов подстилки отмечена в «окнах» и еловых элементах мозаики (табл. 2).

Таблица 2. Запасы подстилки (г/м²) дубово-елового и березово-липового леса Валуевского лесопарка

Элемент мозаики	n	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	1-й квартиль	3-й квартиль	v	КВ
дуб	9	596.9	617.3	305.5	877.2	456.6	716.8	205.9	34.5
ель	9	1655.5	1749.1	364.9	3339.5	1144.4	2060.8	909.3	54.9
«окно» дубово-елового леса	2	761.9	761.9	403.1	1120.8	403.1	1120.8	507.5	66.6
береза	6	200.7	194.0	129.5	292.4	153.4	241.0	59.5	29.6
липа	9	265.3	268.5	111.3	393.5	193.4	363.0	99.2	37.4
«окно» березово-липового леса	2	123.5	123.5	117.9	129.1	117.9	129.1	7.9	6.4

При анализе температурного режима подстилки значимых отличий в разных

элементах мозаики дубово-елового леса в период с апреля по октябрь выявлено не

было. В период с ноября по март отмечаются разные закономерности распре-

деления среднесуточных температур подстилки в разные года (рис. 2).

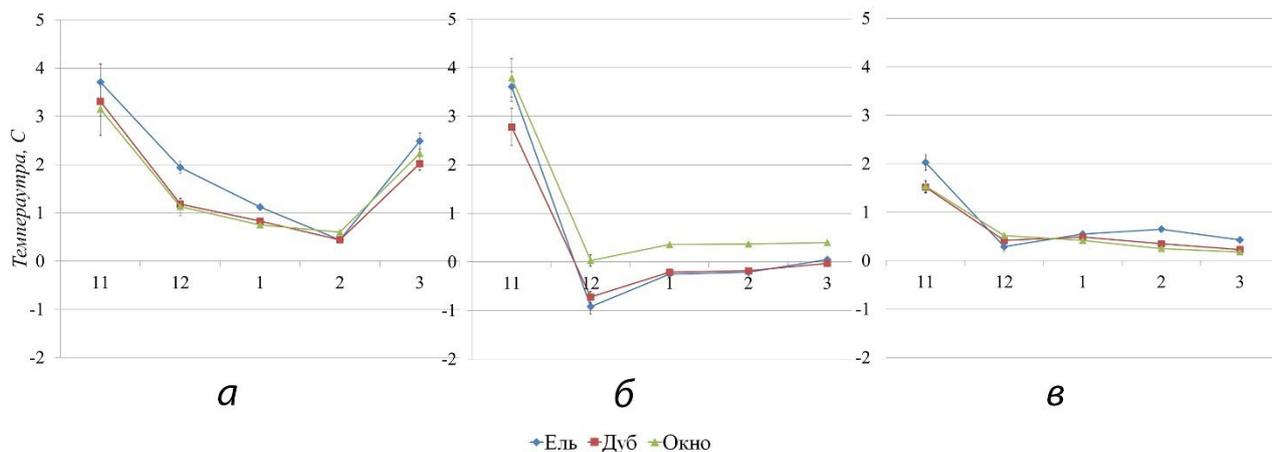


Рисунок 2. Данные о среднесуточных температурах почв ($^{\circ}\text{C}$) разных элементов мозаики дубово-елового леса Валуевского лесопарка за зимний период (а) 2019-2022 гг., (б) 2020-2021 гг., (в) 2021-2022 гг., где по оси ординат – среднесуточная температура воздуха, по оси абсцисс – месяц: 11 – ноябрь, 12 – декабрь, 1 – январь, 2 – февраль, 3 март.

Зима 2019-2020 гг. отличалась отсутствием снегового покрова и температурой около 0°C (табл. 1). В малоснежную теплую зиму температура подстилки подкоронового пространства ели выше, чем «окна» и подкоронового пространства дуба (рис. 2а).

Зимой 2020-2021 гг. снежный покров в декабре отсутствовал, и наблюдались высокие отрицательные температуры (табл. 1). При этом в январе-феврале осадков выпало много при сохранении морозов. В условиях позднего выпадения снега и температуры значительно ниже 0°C , температура подстилки подкоронового пространства ели и дуба была ниже, чем «окна» (рис. 2б).

Зима 2021-2022 гг. характеризовалась выраженным снежным покровом уже с ноября и высокой отрицательной температурой (табл. 1). Когда подстилка не промерзает до формирования устойчивого снежного покрова, наблюдается обратная закономерность: температура подстилки в подкороновом пространстве как ели, так и дуба выше, чем в «окне» (рис. 2в). При этом в начале зимы (декабрь), когда устойчивый снежный покров только начинает формироваться, отмечено снижение температуры подстилки под елью, связанное с задержанием снега кронами и его меньшим поступлением в подкороновое пространство, однако уже в январе-

феврале, когда снега становится много, решающим фактором регуляции температурного режима подстилки в разных элементах мозаики является ее запас.

В березово-липовом лесу имеется тенденция к более низким запасам подстилки в «окнах» по сравнению с подкрановыми пространствами липовых и березовых элементов мозаики. В «окнах» отмечена самая низкая вариабельность запасов подстилки (табл. 2).

Отличия в температурном режиме подстилки разных элементов мозаики березово-липового леса не обнаружены в зимний период 2019-2020 г. (малоснежная теплая зима) и в летний период 2020 года (прохладное, дождливое лето). В зимний период как 2020-2021 гг., так и 2021-2022 гг. отмечены самые низкие температуры подстилки «окна» по сравнению с подкрановым пространством (рис. 3).

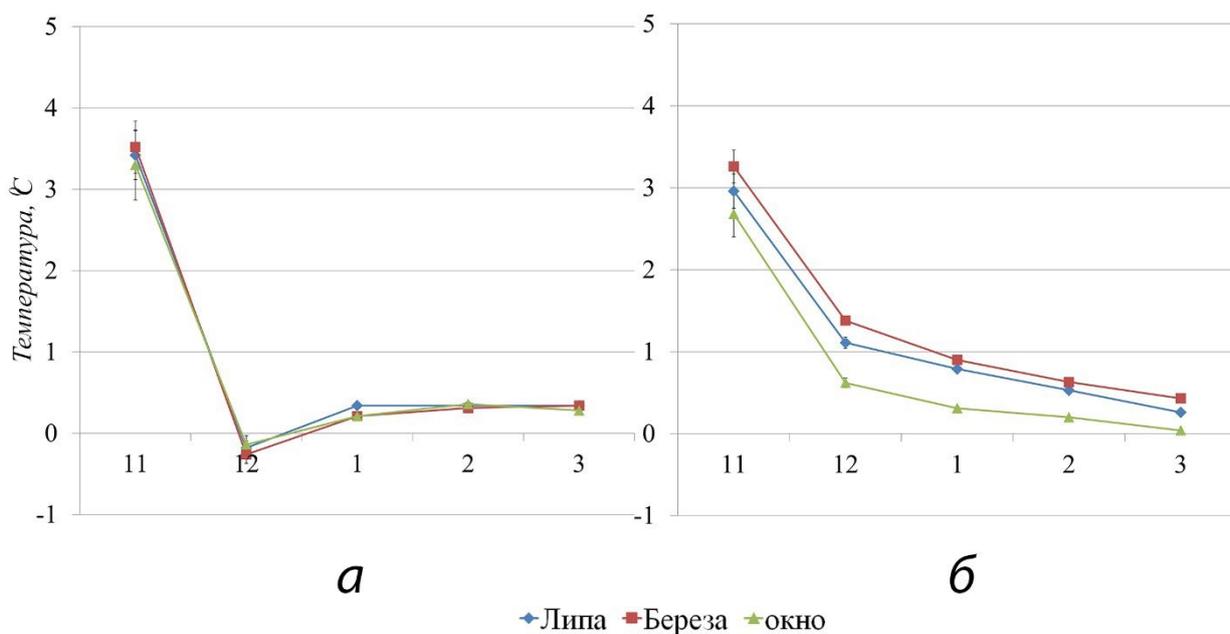


Рисунок 3. Данные о среднесуточных температурах почв ($^{\circ}\text{C}$) разных элементов мозаики березово-липового леса Валуевского лесопарка за зимний период (а) 2020–2021 гг., (б) 2021–2022 гг., где по оси ординат – среднесуточная температура воздуха, по оси абсцисс – месяц: 11 – ноябрь, 12 – декабрь, 1 – январь, 2 – февраль, 3 – март.

Оценка межбиогеоценотической изменчивости температурного режима и запасов подстилки

Запасы подстилки дубово-елового леса были значительно выше, чем запасы

подстилки березово-липового, и составляли 1005 г/м^2 и 197 г/м^2 соответственно. При этом запасы подстилки дубово-елового леса характеризовались большой вариабельностью значений.

Во все исследуемые летние периоды температура подстилки дубово-елового леса ниже, чем березово-липового (табл. 3). Взаимосвязь температуры и запасов подстилки в летний период (коэффициенты корреляции – -0.50 - -0.87) носит отри-

цательный характер (рис. 4б). Относительно высокие значения температуры соответствуют более низким значениям запасов подстилки, а относительно низкие – более высоким.

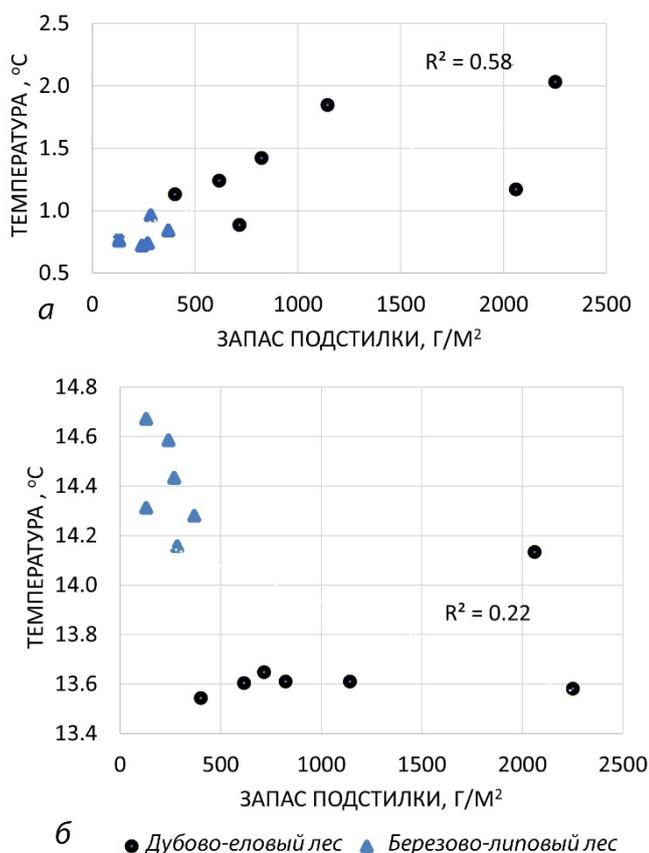


Рисунок 4. Связь запасов подстилки и средней температуры декабря, 2019 (а) и августа, 2019 (б)

В зимний период 2019–2020 гг. (малоснежная теплая зима) температура подстилки дубово-елового леса выше, чем березово-липового (табл. 3). Взаимосвязь температуры и запасов с ноября 2019 по март 2020 г. (коэффициенты корреляции – 0.27 – 0.87) носит положительный харак-

тер (рис. 4а). Относительно низкие значения температуры соответствуют более низким значениям запасов подстилки, а относительно высокие – более высоким. В зимний период 2020-2021 гг. и 2021-2022 гг. температура подстилки березово-липового леса выше, чем дубово-елового.

Таблица 3. Данные о температурах (°С) почв дубово-елового и березово-липового леса Валуевского лесопарка

Год наблюдений	МЕСЯЦ											
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
Дубово-еловый												
2019	11.13 *	8.33	3.31	1.39	0.86	0.4	2.24	3.1 3	8.58	14.0 6	15.5 5	14.64
	0.21* *	0.14	0.21	0.07	0.02	0.03	0.1	0.07	0.12	0.17	0.08	0.07
2020	12.47	8.85	3.45	- 0.63	- 0.09	- 0.06	0.12	3.05	9.58	14.6 4	16.9 5	16.97
	0.13	0.19	0.21	0.1	0.03	0.03	0.02	0.22	0.24	0.26	0.14	0.14
2021	-	5.65	1.74	0.49	0.55	0.45	0.31	нд	нд	нд	нд	нд
	-	0.15	0.07	0.03	0.02	0.02	0.02	нд	нд	нд	нд	нд
Березово-липовый												
2019	11.5	8.32	3.09	0.8	0.57	0.34	2.23	3.6 5	9.9	15.1	16.4 3	15.3 3
	0.26	0.16	0.22	0.07	0.02	0.02	0.12	0.1	0.13	0.21	0.1	0.09
2020	12.76	8.91	3.43	-0.2	0.26	0.33	0.33	3.39	11.8 9	15.5 8	18.4 5	18.5 7
	0.15	0.17	0.2	0.06	0.01	0.01	0.01	0.26	0.36	0.24	0.24	0.42
2021	-	5.58	3	1.09	0.71	0.49	0.27	нд	нд	нд	нд	нд
	-	0.16	0.13	0.04	0.02	0.02	0.02	нд	нд	нд	нд	нд

Примечание: *01-январь, 02-февраль, 03-март, 04-апрель, 05-май, 06-июнь, 07-июль, 08-август, 09-сентябрь, 10-октябрь, 11 – ноябрь, 12- декабрь. нд – нет данных *среднее ** стандартное отклонение. Жирным выделены значимые отличия на уровне $p < 0.05$. нд – нет данных.

ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности внутрибиогеоценотической изменчивости температурного режима органогенных горизонтов почв.

Отсутствие различий температуры подстилки в разных элементах мозаики дубово-елового леса в летний период связано с влиянием других характеристик (влияние крон, температура воздуха и т.д.), которые нивелируют различия в запасах подстилки. В березово-липовом лесу в условиях теплого, дождливого лета

(летний период 2021 г.) самые высокие температуры подстилки «окна» по сравнению с подкроновым пространством объясняются более высоким нагреванием поверхности почвы из-за меньшей сомкнутости в «окне».

Закономерности изменения температуры подстилки в разных элементах мозаики как березового-липового, так и дубово-елового леса в зимний период связаны с высотой снежного покрова, а

также условиями его формирования в ноябре-декабре, которые определяют, промерзает ли подстилка.

При незначительных объемах снеговых выпадений (зима 2020-2021 гг.) или в начале формирования устойчивого снежного покрова (декабрь 2021 г.), хвойные деревья задерживают снег, напочвенный снежный покров имеет меньшую мощность, что способствует более сильному промерзанию почв еловых элементов мозаики. В «окне» лесной полог не задерживает снег, что предохраняет почву от промерзания за счет высокого поступления снеговых выпадений на более открытый участок и более мощного снежного покрова (Дымов, Старцев, 2016), поэтому температура подстилки в «окнах» в зимние периоды (зима 2020-2021 гг., декабрь, 2021 г.) выше.

Под кронами ели мощность снежного покрова в большинстве случаев меньше, чем под лиственными породами (Пристова, 2024). Ельники задерживают больше снега, чем лиственные насаждения, и мощность снежного покрова в них меньше (Пристова, 2024). Проведенные исследования показали, что виды древесных растений оказывают различное влияние на плотность снежного покрова. В большинстве случаев более высокой плотностью

отличается снег под кронами ели (Пристова, 2024).

В малоснежную теплую зиму (зима 2019-2020 гг.) или в условиях раннего формирования устойчивого снежного покрова (зима 2021-2022 гг.) отмечается самая высокая температура подстилки подкروнового пространства ели. Таким образом, при отсутствии промерзания подстилки, то есть при ее температуре выше 0°C, высокие запасы подстилки под елью способствуют меньшему охлаждению почвы, что обуславливает более высокие температуры по сравнению с почвой дубового элемента мозаики и «окна».

В березово-липовом лесу наблюдается та же закономерность, что и в дубово-еловом лесу: когда подстилка не промерзает до формирования устойчивого снежного покрова, температура подстилки в подкроновом пространстве выше, чем в «окне», то есть при наличии снежного покрова более мощные подстилки подкроновых пространств препятствуют охлаждению почвы, что обуславливает более высокие температуры по сравнению с почвой «окна».

Связь температурного режима и запасов подстилки

На изменение температурного режима в разных типах леса влияет

растительность. Прямое влияние растительности на температуру почв заключается в регулировании поступления солнечной радиации и осадков, косвенное влияние опосредовано подстилкой.

В теплое время года кроны деревьев препятствуют попаданию прямых солнечных лучей на поверхность почвы, что замедляет ее прогревание. Более высокое проективное покрытие дубово-елового леса сопряжено с низкими температурами подстилки в летний период, с одной стороны, тогда как с другой стороны, более мощная подстилка дубово-елового леса слабее прогревается за счет высокой пористости и порозности. Взаимосвязь температуры и запасов подстилки с апреля по сентябрь носит отрицательный характер. Относительно высокие значения температуры соответствуют более низким значениям запасов подстилки, а относительно низкие – более высоким.

В зимний период 2019-2020 гг. (малоснежная теплая зима) температура подстилки дубово-елового леса выше, чем березово-липового. Для дубово-еловой подстилки, которая отличалась низким качеством (Кузнецова, 2022), характерна большая мощность (в 2-3 раза), связанная с медленной скоростью минерализации опада. В отсутствии снега в зимний период

такая подстилка защищает низлежащие горизонты почв и способствует более высоким температурам в холодное время года (рис. 3). В зимний период как 2020-2021 гг., так и 2021-2022 гг. наблюдается обратная закономерность: температура подстилки березово-липового леса выше, чем дубово-елового. Кроны ели в дубово-еловом лесу задерживают снег эффективнее, чем кроны деревьев в березово-липовом лесу. В результате мощность снежного покрова в березово-липовом лесу выше, что предохраняет почву от промерзания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подстилка березово-липового леса по сравнению с дубово-еловым лесом характеризуется небольшими запасами и менее выраженной пространственной вариабельностью. Выявлена тесная отрицательная связь между запасами подстилки и ее температурой в летний период, и положительная связь – в зимний период.

Как в дубово-еловом, так и в березово-липовом типах леса при наличии мощного снежного покрова подстилки подкрупных пространств, которые отличаются высокими запасами, защищают нижележащие горизонты почв от

охлаждения, что объясняет наблюдаемую в этих горизонтах более высокую температуру в сравнении с горизонтами почв «окна».

Температура подстилки в летний период обусловлена в основном типом леса. Изменчивость температуры подстилки в зимний период зависит от высоты снежного покрова, даты формирования устойчивого снежного покрова и запасов подстилки.

Изучение температурного режима подстилки должно быть долговременным. Для выявления закономерностей и связей между свойствами подстилки и ее температурным режимом необходимы длительные стационарные наблюдения с большим количеством повторностей, учитывающие особенности мозаичного строения биогеоценозов и метеорологическую вариабельность.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках молодежной лаборатории ЦЭПЛ РАН «Климаторегулирующие функции и биоразнообразие лесов» (регистрационный номер 122111500023-6)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аккумуляция углерода в лесных почвах и сукцессионный статус лесов / Под

ред. Н. В. Лукиной. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. 232 с.

Белова А. И., Лебедев Е. В., Хамитов Р. С. Влияние метеорологических условий на рост культур ели с закрытой корневой системой // *Лесной вестник*. 2023. Т. 27. № 5. С. 100–108. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-5-100-108

Битюков Н. А. Температурный режим бурых лесных почв под букняками // *Известия Сочинского государственного университета*. 2012. № 3 (21). С. 219–223.

Демаков Ю. П., Исаев А. В., Шарафутдинов Р. Н. Роль лесной подстилки в борах Марийского Заволжья и вариабельность ее параметров // *Научные труды государственного природного заповедника «Большая Кокшага»*. 2017. Вып. 8. С. 15–43.

Дымов А. А., Старцев В. В. Изменение температурного режима подзолистых почв в процессе естественного лесовозобновления после сплошно-лесосечных рубок // *Почвоведение*. 2016. № 5. С. 599–608.

Кашулина Г. М., Литвинова Т. И., Коробейникова Н. М. Сравнительный анализ температуры горизонта О подзола на двух в различной степени деградированных участках техно-

- генно трансформированной экосистемы (Кольский полуостров) // Почвоведение. 2020. № 9. С. 1132–1143.
- Комаров А. В., Ершов Д. В., Тихонова Е. В. Информативность спектральных и морфометрических признаков оконной структуры полога древостоя на основе спутниковых данных // Лесоведение. 2021. № 3. С. 227–239.
- Кузнецова А. И. Роль растительности в аккумуляции почвенного углерода в хвойно-широколиственных лесах европейской части России. М.: Цифровичок, 2022. 109 с.
- Лукина Н. В., Гераськина А. П., Горнов А. В., Шевченко Н. Е., Куприн А. В., Чернов Т. И., Чумаченко С. И., Шанин В. Н., Кузнецова А. И., Тебенькова Д. Н., Горнова М. В. Биоразнообразие и климаторегулирующие функции лесов: актуальные вопросы и перспективы исследований // Вопросы лесной науки. 2020. Т. 3. № 4. С. 1–90.
- Махатков И. Д., Ермолов Ю. В. Особенности температурного режима лесных почв северной тайги Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. 2020. Том 2. № 4. С. 1–11.
- Орлова М. А., Лукина Н. В., Смирнов В. Э. Методические подходы к отбору образцов лесной подстилки с учетом мозаичности лесных биогеоценозов // Лесоведение. 2015. № 3. С. 214–221.
- Пристова Т. А. Влияние древесной растительности на физические показатели снежного покрова средней тайги Республики Коми // Лесной вестник. 2024. Т. 28. № 1. С. 68–79. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-1-68-79
- Тарасов П. А., Иванов В. А., Иванова Г. А. Особенности температурного режима почв в сосняках средней тайги, пройденных низовыми пожарами // Хвойные бореальной зоны. 2008. №3-4. С. 300–304.
- Тихонова Е. В., Тихонов Г. Н. Мозаичность фитоценозов хвойно-широколиственных лесов Валуевского лесопарка // Вопросы лесной науки. 2021. Т. 4. № 3. С. 52–87.

REFERENCES

Akkumuljacija ugljeroda v lesnyh pochvah i sukcesionnyj status lesov (Carbon accumulation in forest soils and successional status of forests), Moscow: Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK, 2018, 232 p.

Belova A. I., Lebedev E. V., Hamitov R. S., Vlijanie meteorologicheskikh uslovij na rost kul'tur eli s zakrytoj kornevoj

- sistemoj (Influence of meteorological conditions on spruce crops growth with root-balled tree system), *Forestry Bulletin*, 2023, Vol. 27, No 5, pp. 100–108, DOI: 10.18698/2542-1468-2023-5-100-108.
- Bitjukov N. A., Temperaturnyj rezhim buryh lesnyh pochv pod buknyakami (Temperature conditions of brown forest soils under beech forests), *Izvestija Sochinskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2012, Vol. 21, No 3, pp. 219–223.
- Demakov Ju. P., Isaev A. V., Sharafutdinov R. N., Rol' lesnoj podstilki v borah Marijskogo Zavolzh'ja i variabel'nost' ee parametrov (Forest cover role in pine forests of Mari trans-volga region and variability of soil cover parameters), *Nauchnye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Bol'shaja Kokshaga»*, 2017, Vol. 8, pp. 15–43.
- Dymov A. A., Startsev V. V., Changes in the temperature regime of podzolic soils in the course of natural forest restoration after clearcutting, *Eurasian Soil Science*, 2016, Vol. 49, pp. 551–559.
- Kashulina G. M., Litvinova T. I., Korobeinikova N. M., Comparative analysis of soil temperature in the O horizon on two variously degraded sites of the technogenic ecosystem of nickel industrial complex (Kola Peninsula), *Eurasian Soil Science*, 2020, Vol. 53, pp. 1311–1321.
- Komarov A. V., Ershov D. V., Tikhonova E. V., Informativeness of the Spectral and Morphometric Characteristics of the Canopy-Gap Structure Based on Remote Sensing Data // Contemporary Problems of Ecology, 2021, Vol. 14, pp. 733–742.
- Kuznecova A. I., Rol' rastitel'nosti v akumuljácii pochvennogo ugleroda v hvojnoshirokolistvennyh lesah evropejskoj chasti Rossii (The role of vegetation in the accumulation of soil carbon in coniferous-deciduous forests of the European part of Russia), Moscow: «Cifrovichok», 2022, 109 p.
- Lukina N. V., Geraskina A. P., Gornov A. V., Shevchenko N. E., Kuprin A. V., Chernov T. I., Chumachenko S. I., Shanin V. N., Kuznecova A. I., Teben'kova D. N., Gornova M. V. Bioraznoobrazie i klimatoregulirujushhie funkcii lesov: aktual'nye voprosy i perspektivy issledovanij (Biodiversity and climate regulating functions of forests: current issues and prospects for research), *Voprosy lesnoj nauki*, 2020, Vol. 3, No 4, pp. 1–90.

- Mahatkov I. D., Ermolov Ju. V., Osobennosti temperaturnogo rezhima lesnyh pochv severnoj tajgi Zapadnoj Sibiri (Spatial variation of the root zone layer temperature in the northern taiga of West Siberia), *Pochvy i okruzhayushchaya sreda*, 2020, Vol. 2, No 4, pp. 1–11.
- Orlova M. A., Lukina N. V., Smirnov V. Je., Metodicheskie podhody k otboru obrazcov lesnoj podstilki s uchetom mozaichnosti lesnyh biogeocенозов (Methodology of forest litter sampling taking into account the patchiness of forest biogeocoenoses), *Lesovedenie*, 2015, No 3, pp. 214–221.
- Pristova T. A., Vlijanie drevesnoj rastitel'nosti na fizicheskie pokazateli snezhnogo pokrova srednej tajgi Respubliki Komi (Woody vegetation influence on snow cover (middle taiga of Komi Republic), *Forestry Bulletin*, 2024, Vol. 28, No 1, pp. 68–79, DOI: 10.18698/2542-1468-2024-1-68-79
- Tarasov P. A., Ivanov V. A., Ivanova G. A., Osobennosti temperaturnogo rezhima pochv v sosnjakah srednej tajgi, projdennyh nizovymi pozharami (Features of the temperature regime of soils in middle taiga pine forests subject to ground fires), *Hvojnye boreal'noj zony*, 2008, No 3-4, pp. 300–304.
- Tihonova E. V., Tihonov G. N., Mozaichnost' fitocенозов hvojno-shirokolistvennyh lesov Valuevskogo lesoparka (Forest cover mosaics of coniferous-deciduous forests in the Valuevsky forest park), *Voprosy lesnoj nauki*, 2021, Vol. 4, No 3, pp. 52–87.

TEMPERATURE REGIME OF THE SOIL SURFACE IN DIFFERENT CONIFEROUS-BROADLEAVED FORESTS (ON THE EXAMPLE OF THE VALUEVSKY MOSCOW FOREST PARK)

A. I. Kuznetsova^{1*}, V. A. Kuznetsov², E. V. Tikhonova¹, D. N. Tebenkova¹

¹*Centre for Forest Ecology and Productivity of the RAS
Profsoyuznaya st. 84/32 bldg. 14, Moscow, 117997, Russia*

²*Lomonosov Moscow State University
Leninskiye Gori 1, Moscow, 119991, Russia*

*E-mail: nasta472288813@yandex.ru

Received: 11.08.2024

Revised: 15.09.2024

Accepted: 25.09.2024

The soil temperature regime is an important regulatory ecosystem function on which many biogeochemical processes depend. This article assesses the variation in the average monthly temperature of the surface organic soil horizon and litter stock in the Spruce-broadleaved and Lime-birch forest types of the Valuev Moscow Forest Park, taking into account intra- and interbiogeocenotic variability for 2019-2022. In all studied summer periods, the litter temperature of the oak-spruce forest is lower than that of the birch-linden forest. The variability of the litter temperature in winter depends on the depth of the snow cover, the onset of stable snow cover and litter reserves. A close negative relationship was found between the litter reserves and its temperature in summer, and a positive relationship in winter. In the presence of a thick snow cover, the litter temperature of the undercrown spaces is higher than the litter temperature of the window, which is characterized by low reserves. Further studies on the effect of woody vegetation on the characteristics of the soil surface temperature regime can be used to assess the rate of litter decomposition and greenhouse gas emission.

Keywords: *quality of litter, mosaic elements, gap, undercrown*

Рецензент: к.б.н. Телеснина В. М.