

**ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЛЕСНОМ
УЧАСТКЕ КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА
«КАРБОН-ПОВОЛЖЬЕ»****Т. Р. Аухадеев, А. Б. Мустафина, А. А. Лукманов**

Реферат. Обеспеченность теплом и влагой выступают ключевыми факторами функционирования лесных экосистем. Цель исследования состоит в анализе изменения основных метеорологических параметров в различных местных условиях и выявлении закономерностей в их временном ходе. Сравнивали данные наблюдений метеорологической станции Росгидромета, которая расположена в северной части города Казани, и автоматической станции на лесном участке карбонового полигона «Карбон-Поволжье» в Зеленодольском районе Республики Татарстан в период с 01.12.2022 года по 31.01.2024 год. Выбранные метеостанции расположены в различных условиях, особенности местности находят свое отражение в изменении метеопараметров. В рассматриваемый период отмечено влияние близости города на температурные различия – среднегодовая температура воздуха на полигоне на 1,05°C ниже, чем на метеостанции в Казани. В мае и июне разница температур достигала 1,9°C, различия в зимний период менее существенны (в среднем на 0,5°C). Исследование различий между режимами метеопараметров в лесных экосистемах приобретает особую актуальность в условиях меняющегося климата и роста рисков пожаров в лесах. Условия лесной опушки характеризуются высокой степенью закрытости горизонта, ветровой тенью. В годовом цикле на карбоновом полигоне выделены дни (16 дней) с максимальной скоростью ветра > 10 м/с, абсолютное большинство из них приходится на осенне-зимний период. Значимых различий между метеостанциями по величине облачности не выявлено. В рассматриваемый период не отмечено случаев сильных осадков, превышающих 15 мм за 12 ч. Оценка степени засушливости вегетационного периода с использованием гидротермического коэффициента Селянинова показала, что в 2023 году он был более засушливым в условиях Казани.

Ключевые слова: метеорологические наблюдения, городской остров тепла, ветровой режим, барьерная роль леса.

Введение. Метеорологические наблюдения на регулярной непрерывной основе проводятся на сети станций Росгидромета в установленные Всемирной метеорологической организацией сроки (8 раз в сутки). Данные измерений метеопараметров с сети станций используются для расчета тепло- и влагообеспеченности периода вегетации, а также ряда прикладных показателей, к числу которых относится индекс пожарной опасности (индекс горимости) Нестерова, и различных моделей [1, 2, 3]. Во время происходящих климатических изменений в Приволжском федеральном округе отмечаются значимые тренды как в рядах температуры и количества осадков [4, 5, 6], так и в количестве очагов лесных пожаров [7]. В последние годы использование автоматических метеорологических станций позволяет получать данные метеорологических наблюдений с произвольным временным разрешением, такие высокочастотные данные помогают в оценке метеорологических процессов мезо- и микромасштаба применительно к району исследования.

Цель исследования состояла в анализе изменения основных метеорологических параметров в различных местных условиях, выявлении закономерностей в их временном ходе для прогноза пожаров.

Условия, материалы и методы. Автоматическая метеорологическая станция (Vaisala AWS310) была установлена на опушке леса на территории астрономической обсерватории им. В. П. Энгельгардта, окружена широколиственным лесом (липняк

волосисто-осоковый с елью и дубом на дерново-подзолистых почвах, расположенных на аллювиально-делювиальных четвертичных отложениях третьей террасы Волги) [8]. Для достижения репрезентативности измерений при установке мачты метеорологической станции выдерживали расстояние не менее 50 м до ближайших препятствий (деревья, здания, заасфальтированные дорожки).

В качестве фоновой метеорологической станции выбрана «Казань-опорная», расположенная в черте города Казани на ул. Дубравная и находящаяся под влиянием антропогенной нагрузки мегаполиса. Выбор в качестве фоновой именно этой метеостанции объясняется ее наибольшей близостью, горизонтальное удаление от AWS310 составляет около 25 км, что в условиях редкой наблюдательной сети Росгидромета безальтернативно.

Район исследования относится к зоне умеренного увлажнения – годовое количество осадков составляет 554 мм. Больше всего их выпадает в июле (67 мм), меньше всего в марте (32,5 мм). Годовая и месячная обеспеченность влагой в отдельные годы могут значительно отклоняться от средних значений в зависимости от доминирующих условий циркуляции. Количество осадков, выпадающих в жидком виде (дожди), составляет около 70%, в твердом (снег) – 20%, смешанные осадки – 10%.

Годовая суммарная солнечная радиация составляет 3921 МДж/м², радиационный баланс – 1311 МДж/м², с ноября по февраль он отрицательный. Продолжительность

солнечного сияния за год в среднем находится на уровне 1917,7 ч. Наиболее солнечным выделяется период с апреля по август.

Монтаж и ввод в эксплуатацию автоматической станции карбонового полигона был проведен осенью 2022 года, с тех пор она осуществляет непрерывные регулярные метеорологические наблюдения (с временным разрешением 1 минута) с фиксацией следующих метеорологических параметров: температура (Т) и относительная влажность воздуха (RH), атмосферное давление (Р), направление и скорость ветра (V), количество и интенсивность атмосферных осадков (Pr), суммарная солнечная радиация). Проведен статистический критический контроль рядов измерений на наличие неправдоподобных значений, сформирован банк данных наблюдений, который представляет собой набор структурированных таблиц, с 01.12.2022 года по 31.01.2024 год.

Измерение ветра проводили ультразвуковым 2D анемометром, установленным на мачте высотой 10 м (соответствует требованиям ВМО).

Создание банка исходных данных, постобработка и критический контроль выполнены с использованием языка программирования Python, библиотек numpy и pandas.

Результаты и обсуждение. Физико-географические особенности места установки метеорологической станции проявляются в различиях между термическими режимами

пунктов наблюдения. Среднегодовая температура воздуха на полигоне на 1,05°C, ниже чем на метеостанции в Казани. В годовом ходе отмечен максимум такого контраста (1,9°C) в мае и июне, что связано с различиями в характере подстилающей поверхности, близости Куйбышевского водохранилища к карбоновому пологону. Зимние различия менее существенные (в среднем 0,5°C), что обусловлено отсутствием влияния городского острова тепла на участке полигона.

Использование подробных рядов метеорологических наблюдений позволяет определить время наступления явления или экстремума метеорологического параметра с точностью, равной выбранной временной дискретизацией измерений (в нашем случае 1 минута). В период наблюдений абсолютный минимум температуры воздуха отмечен 09.12.2023 в 06:33, когда она составила -29,4°C, максимум 34,1°C – 29.07.2023 в 13:47.

Режим ветра в условиях опушки леса также имеет свои особенности. Удаленность датчика измерения скорости и направления ветра от препятствий (насаждений и зданий) более чем на 50 м создает высокую, хотя и несимметричную по сторонам света, открытость горизонта. Микроклиматические особенности и барьерная функция лесных насаждений проявляются в сокращении скоростей ветра от «фоновых» в среднем на 0,3 м/с (табл. 1).

Таблица 1 – Режим скорости ветра на исследуемых измерительных площадках

Показатель	Год/месяц													
	2022	2023												2024
	ХП	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I
V, м/с, Полигон	1,4	1,5	1,8	1,9	1,7	1,3	1,3	1,3	1,1	1	1,7	1,7	1,7	1,7
V, м/с, Казань-опорная	1,7	1,8	2	2,2	1,8	1,7	1,6	1,7	1,6	1,3	2,1	1,9	2,1	2,1
ΔV , м/с	0,3	0,3	0,2	0,3	0,1	0,4	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,2	0,4	0,4

Упомянутая особенность места установки метеорологической станции – несимметричность степени открытости горизонта относительно сторон света, выражается в большей закрытости горизонта с запада, что находит свое отражение в повторяемости направлений ветра западной четверти горизонта и невысоких средних скоростях ветра этих румбов (табл. 2, рис. 1). В среднегодовых выводах выраженный максимум скоростей ветра приходится на румбы южной четверти.

Важным фактором риска в условиях меняющегося климата для лесного хозяйства выступает опасность ветровалов и ветроломов [9, 10], обусловленная ростом повторяемости случаев с опасными

скоростями ветра (шквалов). Барьерная функция леса проявляется также в малой повторяемости шквалистых усилений ветра (табл. 3). Максимальная скорость ветра за период наблюдений составила 14,5 м/с, румб – ЮВ, отмечена 29.07.2023 в 16:19 и была связана с высокой конвективной неустойчивостью, выразившейся в шквалистых усилениях ветра. Для выявления годового хода в повторяемости опасных скоростей ветра, авторами составлена выборка дней с максимальной скоростью >10 м/с: 27.02.2023, 10.03.2023, 12.03.2023, 01.04.2023, 13.04.2023, 14.04.2023, 29.07.2023, 08.10.2023, 12.10.2023, 17.10.2023, 10.11.2023, 04.12.2023, 12.12.2023, 16.01.2024, 17.01.2024, 19.01.2024.

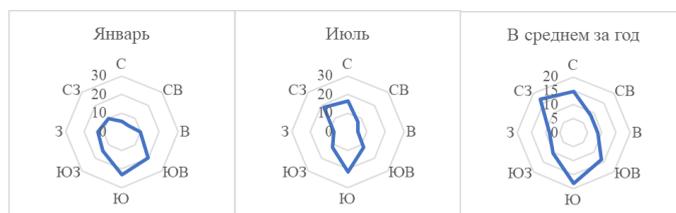


Рис. 1 – Повторяемость направлений ветра по данным станции на Карбоновом полигоне, %

Таблица 2 – Повторяемость направлений ветра по данным станции на карбовом полигоне, %

Месяц	Направление							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
I	5,5	4,7	9,7	19,7	23,1	14,4	12,6	10,2
II	13,2	11,7	11,7	14,9	20,6	11,1	6,1	10,7
III	5,3	8,2	12,5	22,9	29,6	12,5	4,6	4,4
IV	22,7	12,8	8,9	11,7	14,3	7,7	6,0	16,0
V	23,0	11,1	7,3	10,7	9,9	6,1	7,8	24,1
VI	22,5	6,3	3,7	7,0	11,0	7,8	10,2	31,3
VII	16,4	7,3	5,2	11,7	21,8	11,8	7,4	18,3
VIII	26,0	6,4	3,3	5,3	7,9	7,8	11,5	31,8
IX	20,7	5,6	3,7	8,5	14,5	9,2	9,6	28,2
X	7,2	7,1	6,8	15,2	28,8	15,2	10,2	9,6
XI	7,4	12,0	16,5	19,6	16,2	9,8	9,4	9,1
XII	8,3	11,5	14,8	18,8	20,0	11,8	7,0	7,8
Год	14,8	8,7	8,7	13,8	18,1	10,4	8,6	16,8

Из выявленных 16 дней с высокими скоростями ветра абсолютное большинство приходится на осенне-зимний период, что объясняется преобладанием летом 2023 года погоды антициклонического характера, которая подтверждается режимом облачности (табл. 4).

Таблица 3 – Повторяемость скоростей ветра по градациям, %

Месяц	Скорость ветра, м/с										
	0...1	1...2	2...3	3...4	4...5	5...6	6...7	7...8	8...9	9...10	>10
I	35,7	32,9	18,2	7,8	3,2	1,3	0,5	0,2	0,1	0,0	0,0
II	29,6	35,5	21,0	9,1	3,3	1,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0
III	27,7	35,1	21,0	9,8	4,1	1,6	0,5	0,2	0,1	0,0	0,0
IV	43,0	25,6	15,8	8,4	4,0	1,7	0,8	0,4	0,2	0,1	0,1
V	55,2	26,4	11,4	4,6	1,7	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
VI	55,7	26,1	11,4	4,7	1,6	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
VII	52,9	27,8	12,7	4,6	1,4	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
VIII	60,7	24,6	9,8	3,6	1,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
IX	65,2	23,1	7,9	2,6	0,8	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
X	38,8	30,3	16,7	8,1	3,5	1,4	0,6	0,3	0,1	0,1	0,1
XI	37,0	31,8	18,0	8,3	3,3	1,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0
XII	35,6	32,1	18,3	8,6	3,5	1,3	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0

Рассмотрение облачности в рамках нашего исследования обусловлено необходимостью характеристики режима инсоляции [11], что особенно важно в летний период, когда прямая солнечная радиация достигает максимальных в годовом ходе значений и служит фактором, определяющим характеристики состояния лесного горючего материала и может стать причиной возникновения пожароопасной обстановки. Кроме того, облачность как предиктор характера погоды позволяет с достаточной долей надежности судить о циклоническом или антициклоническом характере погоды в тот или иной месяц.

Таблица 4 – Повторяемость количества общей облачности, %

Облачность	Год/месяц													
	2023													2024
	ХII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Безоблачно	21,0	23,0	10,8	11,3	39,7	19,4	23,1	12,5	27,5	28,8	5,7	11,2	8,5	5,2
1 балл	0,4	0,4	0,0	0,4	1,7	1,6	2,5	0,0	0,4	0,4	0,4	0,0	0,4	0,0
2...3 балла	2,0	6,9	2,2	5,2	9,2	11,7	16,0	14,1	19,4	14,6	3,6	2,2	1,6	4,4
4 балла	1,2	2,0	3,6	2,4	2,1	4,0	6,3	6,0	4,9	6,7	5,3	1,8	1,6	2,4
5 баллов	2,0	1,6	1,8	1,6	3,8	4,8	1,7	9,3	6,5	6,3	1,6	1,8	0,8	0,8
6 баллов	4,0	4,0	2,2	4,4	7,1	10,5	10,5	7,7	7,3	5,4	4,5	2,7	3,2	3,6
7...8 баллов	5,6	8,1	9,4	11,7	13,0	20,6	18,9	21,4	17,4	16,3	14,2	8,0	11,7	14,1
9 баллов	2,8	2,0	2,2	6,0	4,6	4,0	4,2	6,9	4,5	7,5	8,5	3,1	3,2	3,2
10 баллов	60,5	52,0	67,7	56,0	18,8	23,4	16,8	22,2	12,1	14,2	56,3	66,5	68,8	64,1
Туман	0,4	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	2,0

Летом 2023 года преобладала малооблачная погода (см. табл. 4). С апреля по сентябрь суммарная повторяемость общей облачности не превышала 5 баллов 52% сроков. С октября по январь преобладали пасмурные дни, средняя повторяемость общего количества облаков, превышающее 5 баллов, с октября 2023 года по январь 2024 года составила 84%. При сравнении данных AWS 310 по облачности с наблюдениями на метеорологической станции «Казань-опорная» не выявлено значимых различий, что обусловлено близостью

(в сравнении с синоптическим масштабом) точек наблюдения. Режим облачности в рассматриваемый период хорошо согласуется с выявленными аномалиями в ходе количества атмосферных осадков.

С точки зрения увлажнения (режима атмосферных осадков) период исследования выдался аномальным. Для удобства сравнения с нормой и ввиду короткого ряда наблюдений на полигоне, не позволяющем выявить нормы (норму в климатологии принято приводить для 30-летнего периода) для точки наблюдений, для характеристики аномальности режима осадков сравнение проводили с нормами ближайшей метеорологической станции «Казань-опорная» [12, 13] (табл. 5). Выявлена хорошая согласованность

сумм атмосферных осадков в холодный период года и значительные различия (17 мм в мае, 18 мм в сентябре) в теплый период года, что обусловлено главенствующей ролью местных факторов в летний период, преобладанием локальных ливневых осадков.

Для оценки степени засушливости вегетационного периода приведены значения гидро-термического коэффициента Селянинова (ГТК) [12]:

$$ГТК = 10R / \Sigma T,$$

где R – сумма осадков за период с температурами выше +10°C, ΣT – сумма активных температур.

Вегетационный период 2023 года характеризовался засушливыми условиями.

Таблица 5 – Характеристика режима атмосферных осадков

Показатель	Год/месяц													
	2022	2023												2024
	ХII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I
Осадки. Полигон (AWS 310), мм	73,1	26,1	52,4	43,5	5,8	55,8	6,9	44,3	20,3	27,6	62,5	60,8	55,9	71
Казань-опорная	80,1	19	29,7	46,4	2	38,7	9	57,2	21,3	9,6	78,5	83,8	63,4	74,5
Δ, мм	-7	7,1	22,7	-2,9	3,8	17,1	-2,1	-12,9	-1	18	-16	-23	-7,5	-3,5
Климатическая норма осадков (мм), Казань	48,6	45,7	35,3	37,8	33,3	36,4	56,7	62,6	54,1	49,8	53,9	45,2	48,6	45,7
Отклонение от нормы осадков (мм), Казань	31,5	-26,7	-5,6	8,6	-31,3	2,3	-47,7	-5,4	-32,8	-40,2	24,6	38,6	14,8	28,8
Сумма активных температур, °C					237,3	477,5	499,4	676,5	637,2	456,2				
ГТК Селянинова					0,08	0,81	0,18	0,85	0,33	0,21				
Условия увлажнения периода					сухой	засушливый	сухой	засушливый	сухой	сухой				

Современные климатические изменения проявляются не только в изменении сумм атмосферных осадков, но также и в их «кластеризации», которая выражается в росте повторяемости случаев с осадками высокой интенсивности (ливни) и сокращении умеренных и слабых явлений [14, 15]. В рассматриваемый период не отмечено случаев сильных ливневых осадков превышающих 15мм/12 часов, преобладали периоды с

слабыми и без осадков (табл. 6). Продолжительное отсутствие существенных осадков ведет к иссушению лесного горючего материала, что может привести к возникновению пожаров. В исследуемый период отмечали и затяжные засушливые периоды: с 01.04.2023 по 25.04.2023 (25 дней), с 16.05.2023 по 29.05.2023 (14 дней), с 2.07.2023 по 11.07.2023 (10 дней), с 30.07.2023 по 16.08.2023 (17 дней).

Таблица 6 – Количество случаев с осадками различной интенсивности

Интенсивность осадков, мм/12 ч	Год/месяц													
	2022	2023												2024
	ХII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I
Без осадков	39	44	12	27	54	44	47	40	49	48	29	28	22	21
Слабые осадки (0...3), но не без осадков	13	8	27	22	1	7	8	10	5	7	20	17	18	25
Умеренные осадки (4...14)	10	1	1	4	0	2	1	5	1	1	9	6	8	6
Сильные осадки (15...49)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Влияние крупных городов сказывается на поведении основных климатообразующих факторов [16, 17, 18]. Для Казани городской остров тепла находит свое отражение в ходе среднемесячной температуры воздуха. Отмечена сезонная зависимость различий между

точками наблюдений (табл. 7), сказывается влияние крупного города, которое максимально в теплый период, когда разница в среднемесячной температуре составляет 2°C (сентябрь) и минимально зимой – 0,4°C (ноябрь, декабрь, март).

Таблица 7 – Основные метеорологические параметры на лесном участке карбонового полигона и ближайшей метеорологической станции Росгидромета «Казань-опорная»

Показатель	Год/месяц													
	2022	2023											2024	
	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I
Автоматическая станция на лесном участке карбонового полигона														
T, °C	-7,7	-11,0	-8,2	1,1	9,0	14,4	14,8	20,1	18,2	13,5	5,0	-0,2	-9,2	-13,2
V, м/с	1,4	1,5	1,8	1,9	1,7	1,3	1,3	1,3	1,1	1,0	1,7	1,7	1,7	1,7
RH, %	87,6	80,3	83,7	77,0	52,3	65,4	65,7	73,5	73,1	76,7	82,6	86,8	83,9	81,8
Pг, мм	73,1	26,1	52,4	43,5	5,8	55,8	6,9	44,3	20,3	27,6	62,5	60,8	55,9	71,0
Станция сети Росгидромета «Казань-опорная»														
T, °C	-8,1	-11,6	-7,7	1,5	10,4	16,1	16,7	21,8	20,6	15,5	5,7	0,2	-8,6	-12,8
V, м/с	1,7	1,8	2,0	2,2	1,8	1,7	1,6	1,7	1,6	1,3	2,1	1,9	2,1	2,1
RH, %	86,5	79,5	83,4	76,5	46,1	53,6	53,5	63,4	58,7	64,5	79,4	85,1	82,8	82,8
Pг, мм	80,1	19,0	29,7	46,4	2,0	38,7	9,0	57,2	21,3	9,6	78,5	83,8	63,4	74,5

Различия во временном ходе среднемесячных значений относительной влажности имеют сезонные особенности, с выраженным максимумом в летнее время, когда на метеостанции «Казань-опорная» относительная влажность на 10...15 % ниже, чем на участке Полигона, что связано с особенностями подстилающей поверхности в условиях города (большая площадь асфальта) и большой площади листовой поверхности и, как следствие активной эвапотранспирации в районе Полигона. В зимнее время в силу отсутствия различий в характере подстилающей поверхности влажность воздуха главным образом определяется господствующей воздушной массой, существенных различий между фоновой станций и Полигоном не отмечается.

Выводы. Выявлена барьерная роль лесных насаждений, которая способствует снижению среднемесячных скоростей ветра (на 0,1-0,6 м/с) и повторяемости опасных

шквалистых усиления ветра (не более 0,1%).

Отепляющая роль крупного города вызывает различия в температуре воздуха в среднем за год 0,5°C с максимумом в теплое время года (2°C) и минимумом в зимнее (0,4°C)

Различий в ходе изменения облачности не выявлено, что обусловлено близостью (в сравнении с синоптическим масштабом) точек наблюдения. Режим облачности в рассматриваемый период хорошо согласуется с выявленными аномалиями в динамике количества атмосферных осадков.

Анализ сумм атмосферных осадков выявил хорошую согласованность между метеостанциями в холодный период года (~7 мм в декабре и январе) и значительные различия в теплый период (~12 мм в июле), что обусловлено главенствующей ролью местных факторов в летний период и преобладанием локальных ливневых осадков.

Литература

1. Шерстюков Б. Г. Лесные пожары // Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. М.: ФГБУ НИЦ Планета, 2012. С. 266–300.
2. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования; введ. 2000-01-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. 8 с.
3. Савин И.Ю. О влиянии современных изменений климата на рост урожайности зерновых культур в России // Российская сельскохозяйственная наука. 2023. № 2. С. 58-62.
4. Немцев С.Н., Шарипова Р.Б. Агроклиматические ресурсы, их изменение и экологические ограничения вегетационного периода Ульяновской области // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. №3. С.10-14.
5. Никитин С. Н., Шарипова Р. Б. Оценка изменения агроклиматического потенциала Ульяновской области на производство продукции растениеводства // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3(59). С. 36-42. – DOI 10.18286/1816-4501-2022-3-36-42.
6. Маслова Г. Я., Абдюев М. Р., Шарапов И. И. Зависимость урожайности и качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы от различных метеоусловий в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2(50). С. 42-46. – DOI 10.18286/1816-4501-2020-2-42-46.
7. Мониторинг лесных пожаров на территории Приволжского федерального округа в последние десятилетия / Ю. П. Переведенцев, А. В. Гусаров, Т. Р. Аухадеев и др. // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2022. Т. 32. № 2. С. 149–157. doi: 10.35634/2412-9518-2022-32-2-149-157.
8. Климатические условия функционирования карбонового полигона в Приказанском регионе / Ю. П. Переведенцев, К. М. Шанталинский, Н. А. Мирсаева и др. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2023. № 2. С. 72–85. doi: 10.17308/geo/1609-0683/2023/2/72-85.
9. Ветроваль в лесной зоне России и условия их возникновения / А. Н. Шихов, А. В. Чернокульский, Н. А. Калинин и др. // Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет. 2023. 284 с. ISBN 978-5-7944-4009-6.
10. Климатология сухих и влажных волн тепла и холода различной интенсивности / С. В. Морозова, В. Н. Абанников, Е. А. Полянская и др. // Географический вестник. 2022. № 4 (63). С. 80–89. doi: 10.17072/2079-7877-2022-4-80-89.
11. Мустафина А. Б. Агроклиматические условия Республики Татарстан // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2018. Т. 28. № 3. С. 298–307.
12. Климатические изменения на территории Приволжского федерального округа в XX-XXI веках и их последствия для агросферы / Ю. П. Переведенцев, К. М. Шанталинский, Н. А. Мирсаева и др. // Метеорология и гидрология. 2023. № 9. С. 86–99. doi: 10.52002/0130-2906-2023-9-86-99.

13. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Научное издание. 2022. 124 с.

14. IPCC, 2019: Summary for Policymakers /In: Climate Change and Land: an IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems / P. R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, et al. / eds. J. Malley. 2019. 41 p. URL: <https://www.ipcc.ch/srcl-report-download-page/> (дата обращения: 04.08.2024).

15. Summer Thermal Comfort in Russian Big Cities (1966–2015) / P. Konstantinov, D. Tattimbetova, M. Var-entsov, et al. // *Geographica Pannonica*. 2021. Vol. 25. No. 1. P. 35–41. doi: 10.5937/gp25-29440.

16. Shartova N., Konstantinov P. Climate change adaptation for Russian cities: A case study of the thermal comfort assessment // *University Initiatives in Climate Change Mitigation and Adaptation*. 2018. P. 265–276. doi: 10.1007/978-3-319-89590-1_15.

17. Горбаренко, Е. В. Световой климат Москвы / Е. В. Горбаренко, Н. А. Бунина // *Метеорология и гидрология*. 2024. № 5. С. 42–53. doi: 10.52002/0130-2906-2024-5-42-53.

18. Загрязнение Московского мегаполиса: мониторинг химического состава микрочастиц в системе «атмосфера – снег – дорожная пыль – почвы – поверхностные воды» / Н. С. Касимов, Н. Е. Кошелева, О. Б. Поповичева и др. // *Метеорология и гидрология*. 2023. № 5. С. 5–19. doi: 10.52002/0130-2906-2023-5-5-19.

Сведения об авторах:

Аухадеев Тимур Ринатович – кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Института экологии и природопользования, e-mail: tauhadeev@yandex.ru

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Мустафина Айсылу Билаловна – кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры земле-устройства и кадастров Института агробиотехнологий и землепользования, e-mail: aysl_mustafina@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

Лукманов Анас Ахтямович – доктор сельскохозяйственных наук, директор, e-mail: agrohim_16_1@mail.ru

Центр агрохимической службы «Татарский», Казань, Россия

FEATURES OF METEOROLOGICAL FACTORS REGIME IN THE FOREST AREA OF “CARBON-POVOLZHYE” CARBON POLYGON

T. R. Aukhadееv, A. B. Mustafina, A. A. Lukmanov

Abstract. The provision of heat and moisture are key factors in the issues of vegetation of forest ecosystems. The purpose of the study is to analyze the behavior of the main meteorological parameters in various local conditions, to identify patterns in their temporal course. The data of observations at the meteorological station of Roshydromet, located in the northern part of the city of Kazan, and the automatic station at the forest site of the carbon polygon “Carbon-Povolzhye” in Zelenodolsk district of the Republic of Tatarstan in the period from 01.12.2022 to 31.01.2024 were compared. The selected meteorological stations are located in different conditions, and the terrain features are reflected in the change of meteorological parameters. During the period under review, the influence of the city proximity on temperature differences was noted - the average annual air temperature at the testing site is 1.05°C lower than at the meteorological station in Kazan. In May and June the temperature difference reached 1.9°C, the differences in winter are less significant (on average 0.5°C). The study of differences between the regimes of meteorological parameters in forest ecosystems is becoming especially relevant in the context of a changing climate and an increasing risk of forest fires. The forest edge conditions are characterized by a high degree of horizon closure-wind shadow. In the annual cycle at the carbon polygon, days (16 days) with a maximum wind speed of > 10 m/s were identified, the vast majority of them occur in the autumn-winter period. No significant differences in cloudiness were revealed between the meteorological stations. During the period under review, there were no cases of heavy precipitation exceeding 15 mm/12 hours. An assessment of the degree of aridity of the vegetation using the Selyaninov hydrothermal coefficient showed that the growing season of 2023 was characterized by arid conditions.

Key words: meteorological observations, urban heat island, wind regime, forest barrier role.

References

1. Sherstyukov BG. Lesnye pozhary. Metody otsenki posledstviy izmeneniya klimata dlya fizicheskikh i biologicheskikh sistem. [Forest fires. Methods for assessing the consequences of climate change for physical and biological systems]. Moscow: FGBU NITs Planeta. 2012; 266–300 p.

2. [Forest fire monitoring and forecasting]. Obshchie trebovaniya; vved. 2000-01-01. Moscow: IPK Izdatelstvo standartov. 1999; 8 p.

3. Savin IYu. [On the impact of modern climate change on the growth of grain crop productivity in Russia]. *Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka*. 2023; 2. 58-62 p.

4. Nemtsev SN, Sharipova RB. [Agroclimatic resources, their change and environmental limitations of the growing season in Ulyanovsk region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2021; Vol.35. 3. 10-14 p.

5. Nikitin SN, Sharipova RB. [Assessment of change of agroclimatic potential of Ulyanovsk region for plant production]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2022; 3(59). 36-42 p. – doi: 10.18286/1816-4501-2022-3-36-42.

6. Maslova GYa, Abdryaev MR, Sharapov II. [Dependence of yield and grain quality of winter soft wheat varieties on various weather conditions in the middle Volga Forest steppe]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2020; 2(50). 42-46 p. – doi: 10.18286/1816-4501-2020-2-42-46.

7. Perevedentsev YuP, Gusarov AV, Aukhadееv TR. [Monitoring of forest fires in Volga Federal District in recent decades]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle*. 2022; Vol.32. 2. 149-157 p. doi: 10.35634/2412-9518-2022-32-2-149-157.

8. Perevedentsev YuP, Shantalinskiy KM, Mirsaeva NA. [Climatic conditions for the functioning of the carbon polygon in Kazan region]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. 2023; 2. 72-85 p. doi: 10.17308/geo/1609-0683/2023/2/72-85.

9. Shikhov AN, Chernokulskiy AV, Kalinin NA. [Windfalls in the forest zone of Russia and the conditions for their occurrence]. Perm: Permskiy gosudarstvennyy natsionalnyy issledovatel'skiy universitet. 2023; 284 p. ISBN 978-5-7944-4009-6.

10. Morozova SV, Abannikov VN, Polyanskaya EA. [Climatology of dry and wet heat and cold waves of varying intensity]. *Geograficheskiy vestnik*. 2022; 4 (63). 80-89 p. doi: 10.17072/2079-7877-2022-4-80-89.

11. Mustafina AB. [Agroclimatic conditions of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle. 2018; Vol.28. 3. 298-307 p.
12. Perevedentsev YuP, Shantalinskiy KM, Mirsaeva NA. Climate changes in Volga Federal District in the XX-XXI centuries and their consequences for the agricultural sphere]. Meteorologiya i gidrologiya. 2023; 9. 86-99 p. doi: 10.52002/0130-2906-2023-9-86-99.
13. Tretiy otsenochnyy doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoy Federatsii. Obshcheye rezyume. Third assessment report on climate change and its impacts on the territory of the Russian Federation. [General summary]. Saint-Petersburg: Naukoemkie tekhnologii. 2022; 124 p.
14. Shukla PR, Skea J, Calvo Buendia E, Malley J. IPCC, 2019: Summary for policymakers. [Internet]. Climate change and land: IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. 2019; 41 p. [cited 2024, August 04]. Available from: <https://www.ipcc.ch/srccl-report-download-page/>.
15. Konstantinov P, Tattimbetova D, Varentsov M. Summer thermal comfort in Russian big cities (1966–2015). Geographica Pannonica. 2021; Vol.25. 1. 35-41 p. doi: 10.5937/gp25-29440.
16. Shartova N, Konstantinov P. Climate change adaptation for Russian cities: A case study of the thermal comfort assessment. University Initiatives in Climate Change Mitigation and Adaptation. 2018; 265-276 p. doi: 10.1007/978-3-319-89590-1_15.
17. Gorbarenko EV, Bunina NA. [Light climate of Moscow]. Meteorologiya i gidrologiya. 2024; 5. 42-53 p. doi: 10.52002/0130-2906-2024-5-42-53.
18. Kasimov NS, Kosheleva NE, Popovicheva OB. [Pollution of the Moscow megalopolis: monitoring the chemical composition of microparticles in the system “atmosphere - snow - road dust - soils - surface waters”]. Meteorologiya i gidrologiya. 2023; 5. 5-19 p. doi: 10.52002/0130-2906-2023-5-5-19.

Authors:

Aukhadeev Timur Rinatovich – Ph.D. in Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Meteorology, Climatology and Atmospheric Ecology of Institute of Ecology and Nature Management, e-mail: tauhadeev@yandex.ru
 Kazan (Volga) Federal University, Kazan, Russia
 Mustafina Aysylu Bilalovna – Ph.D. in Geographical Sciences, Senior Lecturer of Land Management and Cadastre Department of Institute of Agrobiotechnology and Land Use, e-mail: ayslu_mustafina@mail.ru
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
 Lukmanov Anas Akhtyamovich – Doctor of Agricultural Sciences, Director, e-mail: agrohim_16_1@mail.ru
 Center of Agrochemical Service “Tatarskiy”, Kazan, Russia.