

УДК 51-7

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ГОРОДЕ
КЕМЕРОВО С ПОГОДОЙ В ДРУГИХ ГОРОДАХ С УЧЕТОМ
ВРЕМЕННОГО ЛАГА**

Панышев К.С., студент гр. ИИМ-251, I курс,
Шендрик С.Ю., студент гр. ИИМ-241 II курс,
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Актуальность: в условиях глобального изменения климата и растущей потребности в точных прогнозах погоды для планирования экономической деятельности особое значение приобретает анализ климатических взаимосвязей между территориями. Понимание того, насколько изменения температуры в одном регионе могут быть предсказаны на основе данных соседних или географически удалённых городов, позволяет оптимизировать метеорологические модели. Однако классические корреляционные модели часто не учитывают влияние локальных интенсивных антропогенных факторов, таких как угледобывающие предприятия (разрезы и шахты). Данные объекты, являясь мощными источниками теплового, аэрозольного и парникового воздействия, могут искажать естественные климатические связи между территориями и ускорять региональные проявления глобального потепления. Данное исследование направлено на выявление статистически значимых корреляций между температурными рядами различных населённых пунктов с использованием методов анализа временных рядов.

В работе исследуется возможность прогнозирования температуры в городе Кемерово (переменная X) на основе данных из других городов с временной задержкой (лагом). Для сравнения было взято 7 городов: Москва (Россия), Владивосток (Россия), Алматы (Казахстан), Ташкент (Таджикистан), Пекин (Китай), Ред Лейк (Канада), Саскатун (Канада) (переменные Y). Был проведён регрессионный и корреляционный анализ среднесуточных температур за период с 1 декабря по 31 декабря 2024 года. Данные получены из открытых интернет-ресурсов «Яндекс.Погода» [1] и «Meteo9» [2]. Уровень значимости принят равным 0,05. Данные фрагмента наблюдений температуры приведены в таблице 1.

На основе суточных температур из таблицы 1 можно выявить предполагаемые временные лаги между изменениями погоды в Кемерово на основе данных других городов с лагом. Этот лаг позволит проверить, насколько синхронно или с запаздыванием происходят похолодания и потепления, и использовать выявленную закономерность для расчета погодных условий на январь 2025 года в городе Кемерово.

Таблица 1

Температура °С для каждого рассматриваемого города в течение декабря 2024 года

Дата наблюдения	Кемерово	Москва	Владивосток	Алматы	Ташкент	Пекин	Ред Лейк	Саскатун
01.12.2024	-6,10	0,80	-3,10	-2,30	0,20	3,00	-9,5	-20
02.12.2024	-10,90	-0,10	-0,50	0,40	2,30	11,30	-8,5	-20,5
03.12.2024	-5,60	0,20	-3,30	-0,20	2,30	4,30	-9	-6
04.12.2024	-5,70	-2,70	-4,10	-2,60	-0,50	-1,00	-10	-18

Найдем лучшую модель среди всех городов для более точного расчета метеорологических условий:

Рассмотрим связь температур в Кемерово и Москве. Для этого сопоставим суточные значения без временного лага и лагом (сдвигом) от 1 до 7 дней. Наличие взаимосвязи определялось сопоставлением наблюдаемого и критического значения критерия Фишера. Если $F_{\text{набл}} > F_{\text{крит}}$, то взаимосвязь есть, модель значима. Для нахождения наблюдаемого значения критерия Фишера воспользуемся формулой:

$$F_{\text{набл}} = \frac{R^2}{1 - R^2} * (n - 2),$$

где R^2 – индекс детерминации (рис.1); n – количество точек.

Критическое значение критерия Фишера находилось следующим образом: количество точек на графике (рис. 1) = 31. По таблице значений F -критерия при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $k = n - 2 = 31 - 2 = 29$, $F_{\text{крит}} = 4,18$. Данное значение будет неизменным ввиду одинакового количества точек на всех графиках. Данные сопоставления временного лага и наблюдаемого критерия Фишера представлены в таблице 2.

Таблица 2

Наличие взаимосвязи между значениями температур в городах Кемерово и Москва от временного лага

Номер наблюдения	Лаг, дней	$F_{\text{набл}}$	$F_{\text{крит}}$	Наличие взаимосвязи между температурой в Кемерово (X) и Москве (Y)
1	0	1,33	4,18	Нет взаимосвязи
2	1	1,43	4,18	Нет взаимосвязи
3	2	2,02	4,18	Нет взаимосвязи
4	3	3,34	4,18	Нет взаимосвязи
5	4	4,63	4,18	Есть взаимосвязь
6	5	14,64	4,18	Есть взаимосвязь
7	6	7,30	4,18	Есть взаимосвязь
8	7	0,02	4,18	Нет взаимосвязи

Наилучшей моделью для Кемерово и Москвы является модель с лагом в 5 дней, потому что наблюдается зависимость и модель имеет наибольший наблюдаемый критерий Фишера. График взаимосвязи температур показан на рисунке 1.

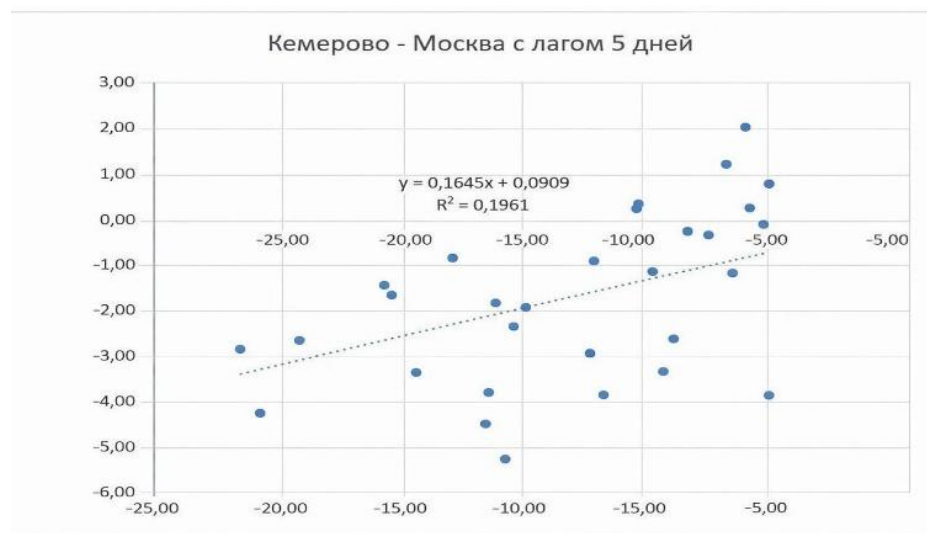


Рис.1 – Взаимосвязь температур в Кемерово и Москве, с временным лагом 5 дней

В таблице 3 указан фрагмент данных, по которым построен график температур Кемерово и Москвы (рис. 1) с временным лагом 5 дней.

Таблица 3
Температура Кемерово – Москва с временным лагом 5 дней

Дата	Кемерово	Дата	Москва
01.12.2024	-6,10	26.11.2024	-1,20
02.12.2024	-10,90	27.11.2024	-1,00
03.12.2024	-5,60	28.11.2024	0,2
04.12.2024	-5,70	29.11.2024	2,00
05.12.2024	-6,30	30.11.2024	1,2
06.12.2024	-4,90	01.12.2024	0,80
07.12.2024	-5,10	02.12.2024	-0,10
08.12.2024	-9,50	03.12.2024	0,20
09.12.2024	-19,40	04.12.2024	-2,70
10.12.2024	-21,10	05.12.2024	-4,40

Все расчеты для остальных городов были проведены аналогично. Результаты лучших моделей внесены в таблицу 4.

Таблица 4
Наибольшие значения $F_{набл}$ в наблюдаемых городах

Место в рейтинге	Город	Лag, дней	$F_{набл}$	$F_{крит}$
1	Владивосток	4	26,48025368	4,18
2	Алматы	0	17,53941587	4,18
3	Ред Лейк	4	16,11315489	4,18
4	Ташкент	0	14,8876685	4,18
5	Москва	5	14,63614877	4,18

6	Пекин	5	13,37654396	4,18
7	Саскатун	3	6,777963272	4,18

Модель города Владивосток с временным лагом 4 дня стала лучшей для прогнозирования погодных условий в Кемерово из-за наибольшего значения $F_{\text{набл}}$. С помощью данной модели мы можем определить температуру в Кемерово с запозданием 4 дня, зная температуру во Владивостоке.

Влияние локальных синоптических процессов, таких как внезапное усиление антициклона над Западной Сибирью и прохождение активных атмосферных фронтов. Эти процессы, основанные на удалённых корреляциях, вносят высокочастотные помехи в общий тренд, что характерно для изменчивой континентальной климатической системы.

Зимнее выхолаживание и активный меридиональный перенос арктического воздуха приводят к резким локальным колебаниям температуры. На фоне глобального потепления усиливается непредсказуемость атмосферных процессов, что увеличивает частоту и амплитуду подобных отклонений, нарушая устойчивость модельных прогнозов.

Для объяснения выявленных статистически значимых связей был проведён анализ годовой карты розы ветров города Кемерово (рис. 2).

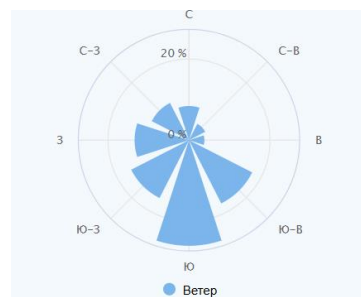


Рис. 2 – Годовая карта розы ветров в Кемерово

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы:

1. Выявленная статистически значимая связь с Владивостоком подтверждает существование устойчивых атмосферных связей в системе «Дальний Восток – Западная Сибирь», обусловленных крупномасштабной циркуляцией (западный перенос, планетарная фронтальная зона).
2. Преобладание южных, юго-западных и юго-восточных ветров в Кемерово (см. рис. 2) – ключевой геоэкологический фактор, определяющий перенос воздушных масс из разных регионов и формирование фонового температурного режима.
3. Оптимальная прогностическая модель с Владивостоком (лаг равен 4 дня) основана на юго-восточном переносе как конечном звене атмосферного переноса через континент. Эта корреляция служит инструментом для оценки влияния тихоокеанских факторов на экологическое состояние Западной Сибири в условиях меняющегося климата, позволяя прогнозировать температуру в Кемерово с запозданием в 4 дня.

Список литературы

1. Яндекс. Погода – сервис актуальных метеоданных и прогнозов [Электронный ресурс]. – URL: <https://yandex.ru/pogoda/ru/kemerovo> (дата обращения: 11.12.2025). – Текст: электронный.
2. Meteo9 – подробный прогноз и архив погодных условий [Электронный ресурс]. – URL: https://meteo9.ru/archive_v_kemerovo/h55X (дата обращения: 11.12.2025). – Текст: электронный.