

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра метеорологии и климатологии

**Анализ временного ряда среднегодовых температур и скорости ветра
в Осло**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 5 курса 521 группы

направления (специальности) 05.03.05 Прикладная гидрометеорология

географического факультета

Кошман Софии Андреевны

Научный руководитель

доцент, к.г.н., доцент

С.В. Морозова

Заведующий кафедрой

к.г.н., доцент

М.Ю. Червяков

Саратов 2020

Введение. В последнее время интерес к проблеме климатических изменений не ослабевает не только ученых, но и у людей далеких от науки, что свидетельствует об актуальности исследований в этом направлении. Представляет интерес анализ этих изменений климата и их последствий для ключевых секторов экономики, а также связанных с ними опасных метеорологических явлений.

Под устоявшимся термином «глобальное изменение климата» понимают перестройку всех геосистем, потепление рассматривают лишь как один из аспектов изменений. Данные наблюдений свидетельствуют о повышении уровня Мирового океана, таянии ледников и вечной мерзлоты, усилении неравномерности выпадения осадков и других глобальных изменениях, связанных с неустойчивостью климата.

Среди основных причин выделяют изменение орбиты Земли, влияние солнечной активности, вулканические выбросы и антропогенный фактор – повышение концентрации в атмосфере парниковых газов. Парниковые газы задерживают инфракрасное излучение, которое испускает земная поверхность, создавая тем самым «парниковый эффект». Явление парникового эффекта позволяет поддерживать на поверхности Земли температуру, при которой возможно возникновение и развитие жизни. Если бы парниковый эффект отсутствовал, средняя температура поверхности земного шара была бы значительно ниже, чем она есть сейчас. Однако при повышении концентрации парниковых газов увеличивается непроницаемость атмосферы для инфракрасных лучей, что приводит к повышению температуры Земли.

В изменениях глобального климата могут проявлять себя и циклические составляющие – явление Эль-Ниньо, квазидвухлетний цикл.

Для изучения изменений климата большой интерес представляет анализ временных рядов данных инструментальных измерений метеорологических величин, характеризующих режимы приповерхностной температуры воздуха и количество осадков.

По прогнозам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) – наиболее авторитетной международной организации в области исследования климата – в ближайшие 20 лет рост температуры составит в среднем 0,2 °С за десятилетие, а к концу 21 века температура Земли для различных сценариев будущего развития мировой экономики и общества может повыситься от 1,8 до 4,6 °С.

Целями бакалаврской работы является анализ временного ряда среднегодовых температур и скорости ветра в г. Осло. В процессе подготовки был проведен статистический анализ временного ряда среднегодовых значений температуры и скорости ветра города Осло и дана интерпретация полученных результатов.

Основное содержание работы. Анализ временного ряда среднегодовых значений температуры воздуха в Осло. Целью данной работы является оценка статистических характеристик временного ряда среднегодовых температур г. Осло, график которого представлен соответственно на рисунке 1.

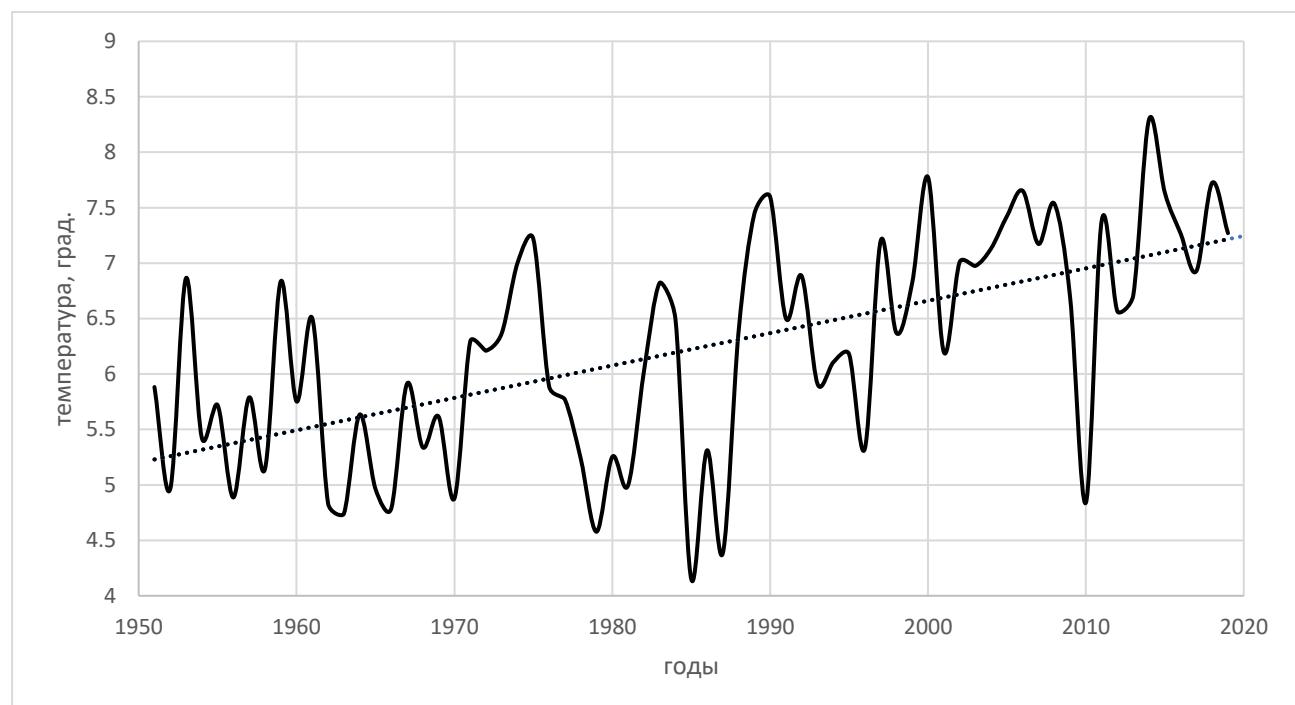


Рисунок 1 - Среднегодовые значения температуры города Осло.

Сплошной линией показан линейный тренд (составлено автором)

В соответствии с рисунком 1 наблюдается рост среднегодовых температур, который, возможно, связан с влиянием глобального потепления. Была проведена аппроксимация временного ряда с 1951 по 2019 год прямой линией $T = at + b$. Полученные методом наименьших квадратов параметры линейного тренда равны:

$$a = 0,029 \text{ } ^\circ\text{C/год}$$

$$b = 5,2 \text{ } ^\circ\text{C/год}$$

При анализе полученного значения коэффициента a видно, что потепление является статистически значимым.

Был проведен полный статистический анализ временного ряда среднегодовых температур города Осло. Все вычисления были проведены на компьютере.

Полученные оценки параметров временного ряда оказались следующими: среднеквадратическое отклонение $\sigma = 0,99 \pm 0,08 \text{ } ^\circ\text{C}$, асимметрия $A = -0,12$, эксцесс $E = -0,95$.

Распределение значений среднегодовых температур по градациям графически представлено на рисунке 2 в виде гистограммы частот, которая является оценкой плотности вероятности.

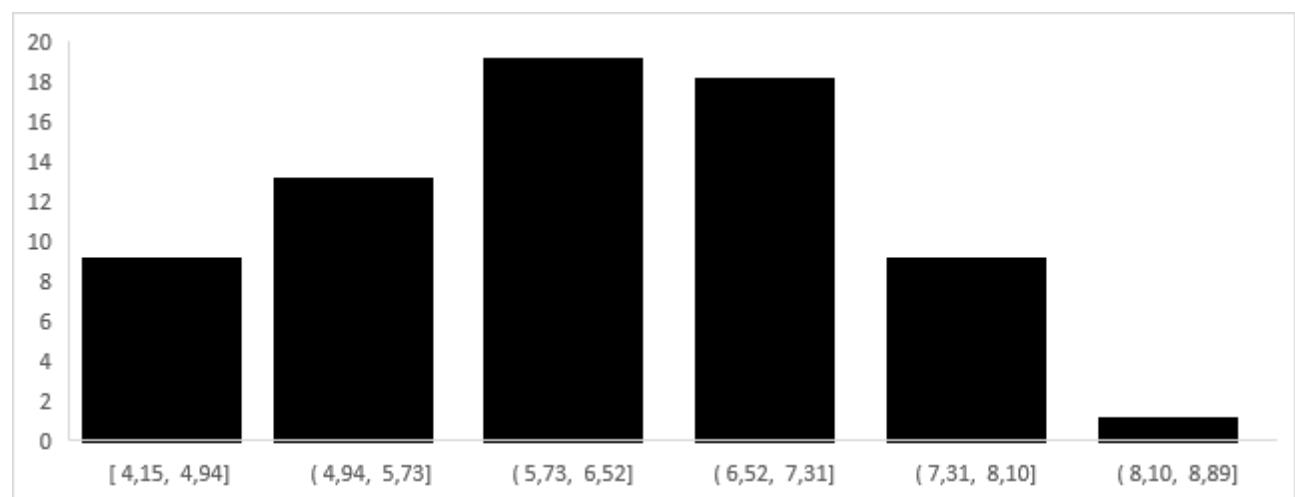


Рисунок 2 - Гистограмма частот распределения значений среднегодовых

температура города Осло (составлено автором)

На рисунке 3 представлено изменение среднегодовой температуры воздуха, проведена линия тренда и построена интегрально-разностная кривая.

Проведя анализ рисунка 3 видно, что за исследуемый промежуток времени с 1951 по 2019 гг. среднегодовая температура воздуха выросла с $5,5^{\circ}\text{C}$ до 7°C (на $0,31^{\circ}\text{C}$ за 10 лет). По интегрально-разностной кривой видно, что до 1988 года преобладали отрицательные аномалии среднегодовых температур, далее происходит постепенный рост аномалий до настоящего времени, что показывает на возможное повышение среднегодовых температур в г. Осло в дальнейшем.

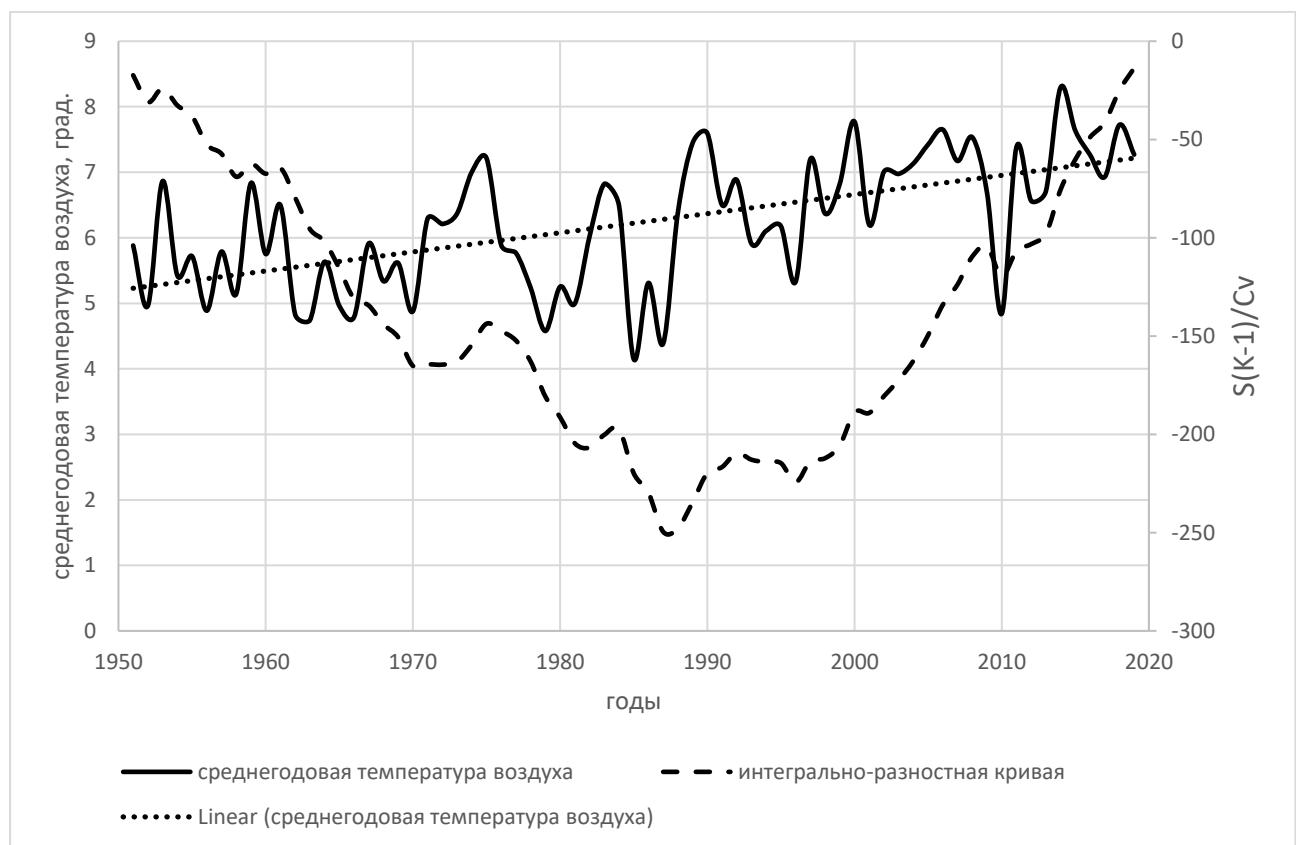


Рисунок 3 – График изменения среднегодовой температуры воздуха и интегрально-разностные кривые за период 1951-2019 гг. (составлено автором)

В работе построены графики изменения температуры воздуха за период с 1951 по 2019 гг. за зимний, весенний, летний и осенний сезоны, на графиках

проведен линейный тренд изменения температуры, а также построены интегрально-разностные кривые для этих сезонов.

За указанный временной промежуток (приблизительно 70 лет) температура воздуха за зимний период выросла с $-4,8^{\circ}\text{C}$ до $-1,8^{\circ}\text{C}$ (на $0,38^{\circ}\text{C}$ за 10 лет). Однако такая линия тренда является сглаженной и не отражает периоды повышения и понижения температуры, проявляющиеся глобально.

Для более четкого выделения таких периодов и был применен метод интегрально-разностных кривых. Можно выделить несколько периодов, различающихся характером изменения температуры. Первый – период роста температуры с начала исследуемого периода (1951 год) до 70-х годов. Второй соответствует периоду стабилизации, которая имеет место с середины 70-х годов по 80-е годы. В третий период наблюдается ярко выраженный рост средней годовой температуры воздуха, начавшийся с 80-х годов и до 90-х, далее опять наступает период падения температуры и продолжающийся по настоящее время.

Весной, летом и осенью линейный тренд показывает рост температуры воздуха. Весной температура воздуха выросла с $4,5^{\circ}\text{C}$ до $6,5^{\circ}\text{C}$ за рассматриваемый период. Летом в соответствии с рисунком 4.5 с 15,8 до $16,2^{\circ}\text{C}$ за 80 лет.

А осенью с 6 до 7°C за рассматриваемый период. В итоге зимой наблюдается лучше всего прослеживаемый тренд повышения температуры воздуха. Можно выделить несколько периодов, различающихся характером изменения температуры. Первый – период падения температуры с начала исследуемого периода (1951 год) до 90-х годов. Второй период наблюдается ярко выраженный рост средней годовой температуры воздуха, начавшийся с 90-х годов и продолжающийся по настоящее время.

Анализ временного ряда среднегодовых значений скорости ветра в г. Осло. Еще одной целью данной работы является оценка статистических характеристик временного ряда среднегодовых значений скорости ветра в г. Осло, график которого представлен соответственно на рисунке 4.

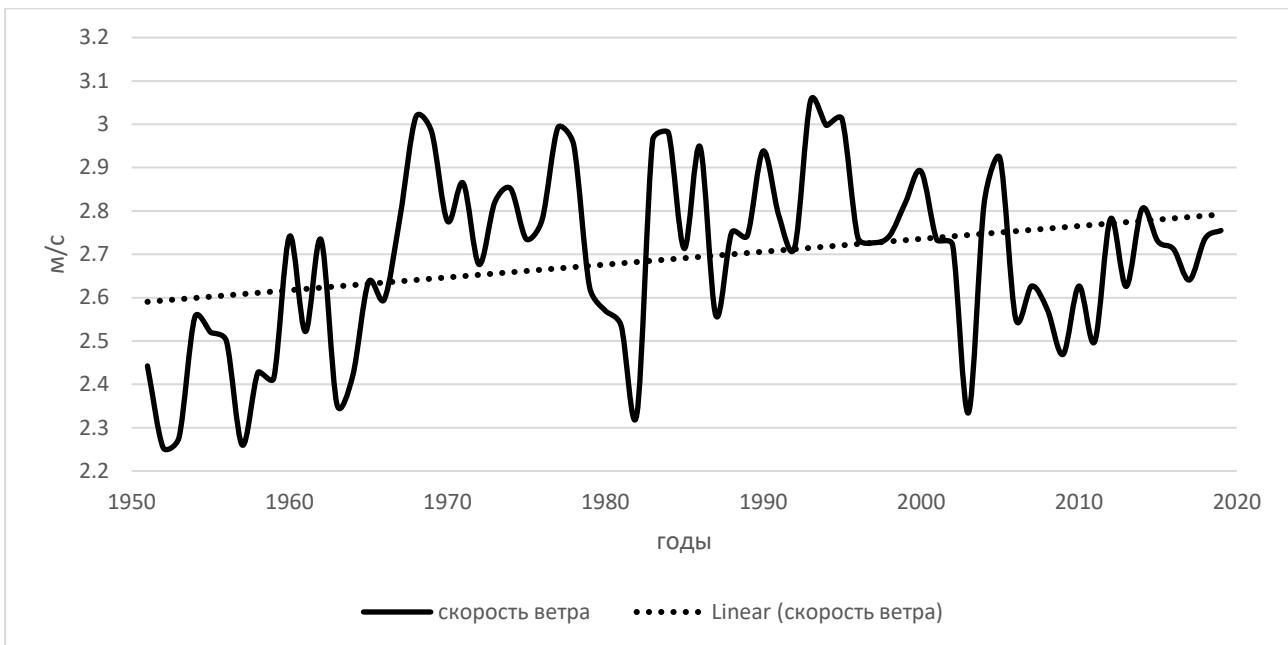


Рисунок 4 - Среднегодовые значения скорости ветра в Осло. Сплошной линией показан линейный тренд (составлено автором)

В соответствии с рисунком 4 наблюдается рост среднегодовых значений скорости ветра. Была проведена аппроксимация временного ряда с 1951 по 2019 год прямой линией $T = at + b$. Полученные методом наименьших квадратов параметры линейного тренда равны:

$$a = 0,003 \text{ м/с/год}$$

$$b = 2,59 \text{ м/с/год}$$

При анализе полученного значения коэффициента a видно, что увеличение скорости ветра является статистически значимым.

Был проведен полный статистический анализ временного ряда среднегодовых значений скорости ветра города Осло. Все вычисления были проведены на компьютере с помощью программы Excel.

Полученные оценки параметров временного ряда оказались следующими: среднеквадратическое отклонение $\sigma = 0,21 \pm 0,017 \text{ °C}$, асимметрия $A = -0,29$, эксцесс $E = -0,5$.

Распределение значений среднегодовых значений скорости ветра по

градациям графически представлено на рисунке 5.2 в виде гистограммы частот, которая является оценкой плотности вероятности. Видно, что наибольшая повторяемость наблюдалась у скорости 2,7 м/с.

Также в работе была поставлена задача рассмотреть, как изменяется среднегодовая скорость ветра за исследуемый период в г. Осло и по сезонам.

На рисунке 5 приведен график изменения среднегодовой скорости ветра за рассматриваемый период с 1951 по 2019 гг. Видно, что до 1965 года среднегодовая скорость ветра находилась в пределах 2,2 – 2,7 м/с, затем с 1965 по 2006 гг. среднегодовая скорость ветра колебалась в пределах 2,7 -3,1 м/с. Исключение составляют 1982 и 2003 гг. когда среднегодовая скорость ветра была 2,3 м/с. За последнее десятилетие среднегодовая скорость ветра немного ослабла, стала в пределах 2,5 -2,8 м/с. На графике проведена линия тренда, которая показывает постепенное увеличение скорости ветра за рассматриваемый период с 1951 по 2019 гг.

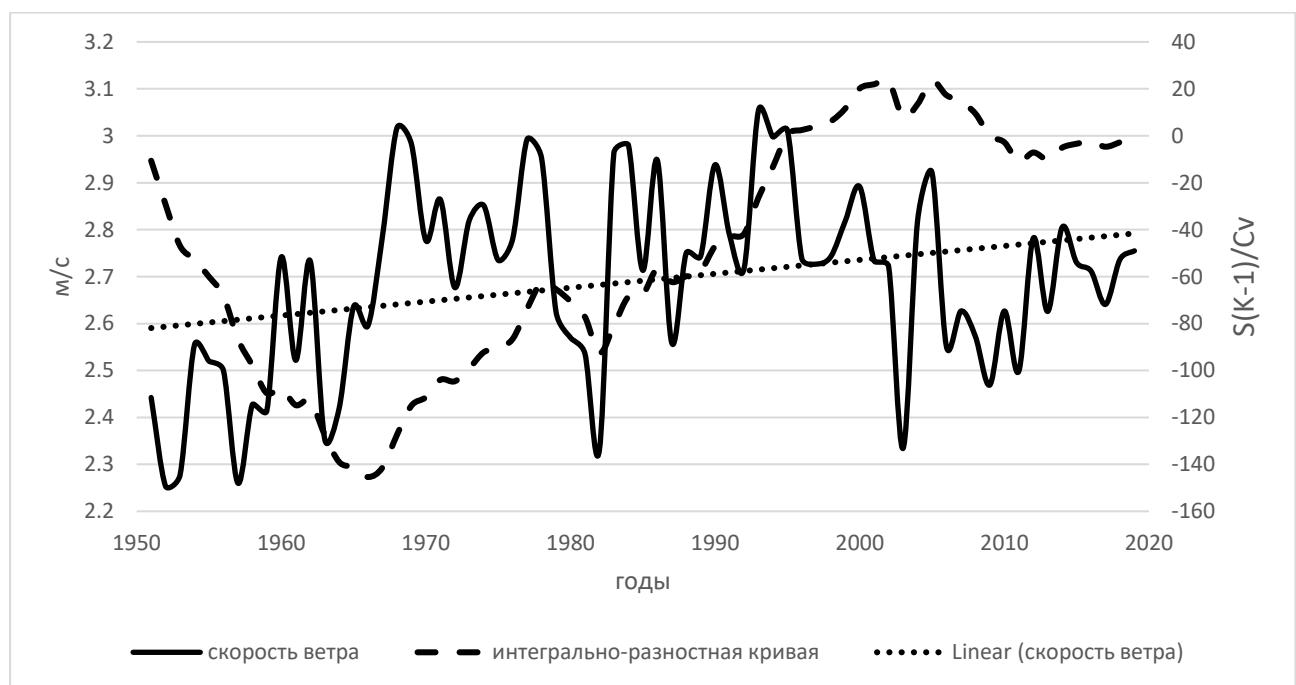


Рисунок 5 – График изменения среднегодовой скорости ветра в г. Осло и интегрально-разностная кривая за период 1951-2019 гг. (составлено автором)

Также были построена интегрально-разностная кривая, которая хорошо подтверждает изменения среднегодовой скорости ветра за данный период. С 1951 по 1965 г. отмечается период уменьшения скорости ветра, когда среднегодовая скорость ветра была невысокой, затем с 1965 по 2005 г. период повышения скорости ветра, а с 2006 г. среднегодовая скорость стала уменьшаться, это тоже хорошо видно на интегрально-разностной кривой.

В работе построены графики изменения скорости ветра по сезонам (зима, весна, лето, осень), проведен линейный тренд изменения скорости ветра за исследуемый период, а также построены интегрально-разностные кривые, которые показывают периоды изменения скорости ветра.

Скорость ветра зимой колебалась в пределах 1,7 – 3,3 м/с. В целом наблюдается тенденция роста скорости ветра зимой. По интегрально-разностной кривой можно выделить 3 периода изменения в скорости ветра. Первый период с 1951 по 1965 гг, наблюдается уменьшение скорости ветра, с 1965 по 1981 г..- период практически одинаковых скоростей ветра, а с 1982 и по настоящее время средняя скорость ветра зимой увеличивается.

Скорость ветра весной колебалась в пределах 2-3,5 м/с. По линейному тренду отмечается слабая тенденция увеличения скорости ветра. По интегрально разностной кривой можно выделить также 3 периода: с 1951 по 1966 – уменьшение скорости ветра, с 1966 по 2002 гг. – повышение скорости ветра, а с 2002 года наблюдается период уменьшения скорости ветра весной.

Летом средняя скорость ветра колебалась в тех же пределах, что и весной. Но вот линия тренда имеет другой характер. Он прямолинейный, т.е. летом за период наблюдения не наблюдается никаких тенденций в изменении скорости ветра. Однако такая линия тренда является сглаженной и не отражает периоды повышения и понижения скорости ветра, проявляющиеся глобально. А вот при построении интегрально-разностной кривой можно четко выделить периоды изменения средней скорости ветра летом. По интегрально разностной кривой можно выделить также 3 периода: с 1951 по 1966 – уменьшение скорости ветра,

с 1966 по 2002 гг. – повышение скорости ветра, а с 2002 года наблюдается период уменьшения скорости ветра весной.

Осенью наблюдается тенденция к повышению средней скорости ветра.

При построении интегрально-разностных кривых видно, что с 1951 по 1966 гг. наблюдается уменьшение скорости ветра, а с 1966 и по настоящее время наблюдается период роста средней скорости ветра.

Также были построены сравнительные графики интегрально-разностных кривых среднегодовой температуры воздуха и среднегодовой скорости ветра в соответствии с рисунком 6. Из рисунка видно, что ход кривых практически совпадает, но кривая среднегодовой температуры воздуха опережает кривую среднегодовой скорости ветра. Возможно, это связано с тем, что изменения, связанные с температурой воздуха, происходят быстрее.

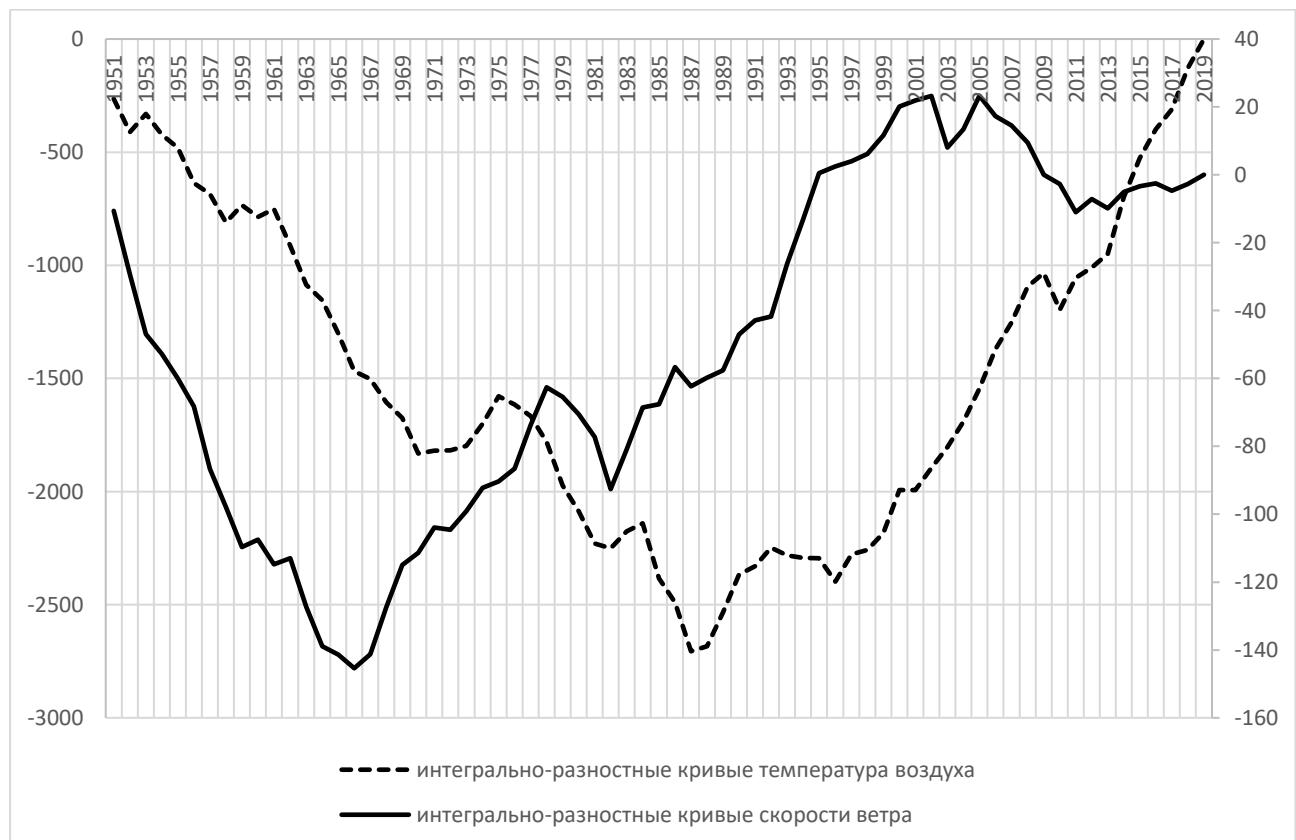


Рисунок 6 – Интегрально-разностные кривые среднегодовой температуры воздуха и среднегодовой скорости ветра в г. Осло за период 1951 по 2019 гг.
(составлено автором)

Заключение. В результате выполнения данной бакалаврской работы можно сделать следующие выводы:

1) Наблюдается рост среднегодовых температур, который, возможно, связан с влиянием глобального потепления. Была проведена аппроксимация временного ряда с 1951 по 2019 год прямой линией $T = at + b$. Полученные методом наименьших квадратов параметры линейного тренда равны: $a = 0,029 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{год}$ $b = 5,2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{год}$. При анализе полученного значения коэффициента a видно, что потепление является статистически значимым.

2) Был проведен полный статистический анализ временного ряда среднегодовых температур города Осло. Полученные оценки параметров временного ряда оказались следующими: среднеквадратическое отклонение $\sigma = 0,99 \pm 0,08 \text{ } ^\circ\text{C}$, асимметрия $A = -0,12$, эксцесс $E = -0,95$.

3) Среднегодовая температура воздуха выросла с $5,5^\circ\text{C}$ до 7°C (на $0,31^\circ\text{C}$ за 10 лет). По интегрально-разностной кривой видно, что до 1988 года преобладали отрицательные аномалии среднегодовых температур, далее происходит постепенный рост аномалий до настоящего времени, что показывает на возможное повышение среднегодовых температур в г. Осло в дальнейшем.

4) Наблюдается рост среднегодовых значений скорости ветра. Была проведена аппроксимация временного ряда с 1951 по 2019 год прямой линией $T = at + b$. Полученные методом наименьших квадратов параметры линейного тренда равны: $a = 0,003 \text{ м/c}/\text{год}$, $b = 2,59 \text{ м/c}/\text{год}$. При анализе полученного значения коэффициента a видно, что увеличение скорости ветра является статистически значимым.

5) Был проведен полный статистический анализ временного ряда среднегодовых значений скорости ветра города Осло. Полученные оценки параметров временного ряда оказались следующими: среднеквадратическое отклонение $\sigma = 0,21 \pm 0,017 \text{ } ^\circ\text{C}$, асимметрия $A = -0,29$, эксцесс $E = -0,5$.

6) До 1965 года среднегодовая скорость ветра находилась в пределах $2,2 - 2,7 \text{ м/c}$, затем с 1965 по 2006 гг. среднегодовая скорость ветра колебалась в пределах $2,7 - 3,1 \text{ м/c}$. Исключение составляют 1982 и 2003 гг. когда

среднегодовая скорость ветра была 2,3 м/с. За последнее десятилетие среднегодовая скорость ветра немного ослабла, стала в пределах 2,5 -2,8 м/с. На графике проведена линия тренда, которая показывает постепенное увеличение скорости ветра за рассматриваемый период с 1951 по 2019 гг. Также были построена интегрально-разностная кривая, которая хорошо подтверждает изменения среднегодовой скорости ветра за данный период. С 1951 по 1965 г. отмечается период уменьшения скорости ветра, когда среднегодовая скорость ветра была невысокой, затем с 1965 по 2005 г. период повышения скорости ветра, а с 2006 г. среднегодовая скорость стала уменьшаться, это тоже хорошо видно на интегрально-разностной кривой.

7) При сравнении графиков интегрально-разностных кривых среднегодовой температуры воздуха и среднегодовой скорости ветра видно, что ход кривых практически совпадает, но кривая среднегодовой температуры воздуха опережает кривую среднегодовой скорости ветра. Возможно, это связано с тем, что изменения, связанные с температурой воздуха, происходят быстрее.