

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>  
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2024, Том 11, № 1 / 2024, Vol. 11, Iss. 1 <https://resources.today/issue-1-2024.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/18INOR124.pdf>

DOI: 10.15862/18INOR124 (<https://doi.org/10.15862/18INOR124>)

2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации (технические науки)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Жукова, И. О. Использование информационных технологий для анализа и предсказания климатических изменений / Ж. С. Жукова, Л. М. Тыгер, А. А. Гусакова, А. А. Степанова, А. А. Толасова // Отходы и ресурсы. — 2024. — Т. 11. — № 1. — URL: <https://resources.today/PDF/18INOR124.pdf> DOI: 10.15862/18INOR124

**For citation:**

Zhukova Zh.S., Tyger L.M., Gusakova A.A., Stepanova A.A., Tolasova A.A. The use of information technology for analysis and prediction of climate changes. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2024; 11(1): 18INOR124. Available at: <https://resources.today/PDF/18INOR124.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.15862/18INOR124

**УДК 004.942; 551.583.1**

**Жукова Жанна Сергеевна**

Ордена Трудового Красного Знамени  
ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия  
Старший преподаватель  
E-mail: assamblee@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9828-4413>  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1061900](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1061900)  
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57219179989>

**Тыгер Любовь Михайловна**

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет туризма и сервиса», Москва, Россия  
Доцент  
Кандидат химических наук  
E-mail: lyutyger@yandex.ru  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1033462](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1033462)

**Гусакова Алиса Андреевна**

Ордена Трудового Красного Знамени  
ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия  
E-mail: gusakova.alice@yandex.ru

**Степанова Анастасия Алексеевна**

Ордена Трудового Красного Знамени  
ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия  
E-mail: nistepanova24@mail.ru

**Толасова Антонина Андреевна**

Ордена Трудового Красного Знамени  
ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия  
E-mail: a.a.tolasova@gmail.com

**Использование информационных технологий  
для анализа и предсказания климатических изменений**

**Аннотация.** В статье проведён краткий обзор проблемы потепления на планете и факторов, влияющих на климатические изменения глобального характера. Актуальность исследования заключается в необходимости всестороннего анализа климатических данных и предсказания дальнейших тенденций в краткосрочной и долгосрочной перспективе, поскольку климат влияет на эволюционные процессы, баланс биосферы, доступность ресурсов, необходимых для функционирования техносферы, количество первичной продукции, вырабатываемой продуцентами, что в совокупности обеспечивает существование человеческой цивилизации. Значительные колебания климата как в сторону потепления, так и в сторону похолодания могут нарушить устойчивость и привести к разрушению техносферы, экономическим и социальным потрясениям. Научная работа основана на предыдущих исследованиях, проведённых по доступным данным 1 100 метеорологических станций Австралии, которые показали необходимость изменения принципа группировки станций: тренды изменения средней температуры по всему континенту и по станциям, сгруппированным по принципу удалённости от берега, показали общую синхронность периодов потепления и похолодания, но различную динамику в последние десятилетия. Было принято решение изучить климатические данные одного штата (Виктория) и сравнить полученные результаты с предыдущими исследованиями. Для обработки, анализа, визуализации данных и прогнозирования были применены пакеты языка программирования Python. Отдельно были изучены данные двух станций в городах, расположенных на юге и севере штата, которые показали общую тенденцию к незначительному потеплению. Тренд изменения температур штата показал отличную от континентальной динамики и динамики, полученной в прошлых работах тенденцию, что подтвердило верность выбранной тактики изучения климата на континенте. На основе полученной информации было проведено предсказание средней температуры как по всему штату, так и для выбранных городов.

**Ключевые слова:** анализ данных; климат; Австралия; глобальное потепление; Python; метеорологические станции; температура

## Введение

Формирование биосферы происходило под воздействием климатических изменений, цикличность которых связана с движением Земли по орбите и геологическими процессами формирования планеты. История климата характеризуется постепенным снижением средней температуры: от безледниковых эпох до периодических оледенений [1]. Цикличность климата, связанная с положением в Солнечной системе и показанная М. Миланковичем, за последние несколько миллионов лет подтверждена различными исследованиями [2; 3]. На климат значительное влияние оказало, кроме снижения температуры поверхности, изменение положения континентов, которое привело к формированию устойчивой криосферы в Арктике и Антарктике, циркуляционные процессы в атмосфере и гидросфере, химические процессы, приведшие к поглощению парниковых газов [1].

На современном этапе эволюции планеты на формирование климата, очевидно, оказывает влияние меньше факторов, чем в прошлые геологические эпохи. К ключевым влияниям можно отнести годовой приход солнечной радиации на верхнюю границу атмосферы Земли в среднем составляет  $5,49 \cdot 10^{24}$  Дж, небесно-механические процессы, вызывающие изменения элементов земной орбиты (расстояние Земля — Солнце) и наклона оси вращения [4; 5], парниковые газы, к основным из которых в основном относят  $\text{CO}_2$ . Однако наша планета на 2/3 покрыта океаном, который служит источником водяного пара в атмосфере. Содержание последнего может достигать 4 % в единице объёма воздуха, что значительно превышает содержание углекислого газа [6], количество которого, согласно рассчитанным прогнозам

будет только расти в следствии потепления климата и, как следствие, уменьшения его растворимости в воде.

В исследованиях климата существует общепринятое допущение, что потепление, вызвано в основе своей воздействием техносферы. Действие глобальных факторов космического масштаба зачастую считается малозначимым. Игнорирование предыдущих тёплых межледниковых периодов в истории Земли, когда антропоного влияния не было, приводит, как видится, к вольному толкованию планетарных изменений и влияния человеческой деятельности на климат [7].

Температурный режим является одним из важнейших условий для существования биологического вида в конкретной среде обитания. Выход температуры из своих привычных границ может нанести значительный вред окружающей среде, вплоть до гибели целой экосистемы. На планете Земля насчитывается семь климатических поясов, для которых характерны индивидуальные значения температуры как в определенное время года, так и среднегодовая цифра.

Регулярные инструментальные наблюдения климата планеты проводятся лишь последние 150 лет, что ставит определённые ограничения и приводит к значительным погрешностям. В добавок к этому есть значительные пропуски данных и множество коротких рядов наблюдений, что усложняет процесс сравнения и анализа при определении динамики изменения климата. Дополнительной помехой служит бурное развитие техносферы. Влияние мегаполисов на показания метеорологических станций сложно оценить. На сегодняшний момент, по данным изучения ледниковых кернов, климат планеты изучен на несколько сотен тысяч лет. Современная геологическая эпоха межледниковья голоцен, включает в себя 13 периодов глобального колебания средней температуры планеты и оценивается чуть менее чем в 12 тысяч лет по данным Международной комиссии по стратиграфии [7].

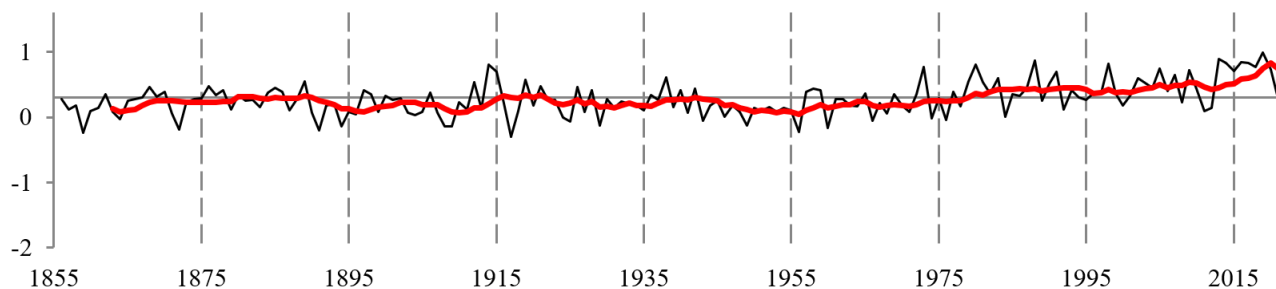
Понимание глобальных климатических процессов является важным аспектом научных изысканий с точки зрения понимания будущего всего человечества. Сбор и анализ климатических данных (температура, влажность, скорость и направление ветра, влажность и т. д.) необходим для прогнозирования будущих климатических изменений, знания о которых помогут адаптации к ним всех сфер человеческой деятельности и позволят избежать негативных последствий для техносферы [8; 9]. Современные информационные технологии позволяют не только анализировать данные и выявлять закономерности, но и разрабатывать модели для предсказания изменений с использованием возможностей искусственного интеллекта.

### **Материалы и методы исследования**

Материк Австралия, на котором располагается одноимённая страна, занимающая всю его территорию, большей своей частью лежит в зоне тропического климатического пояса. Для такого региона характерная температура варьируется от +35 градусов Цельсия летом до +10 градусов Цельсия зимой. Меньшие по площади территории подвластны влиянию субэкваториального климата на севере и субтропического на юге материка. Для субэкваториального климата среднемесячная температура наблюдается в районе 15–32°C, для субтропического — летом свыше +24°C, зимой свыше +4°C. Рассматриваемый в данной научной статье штат Виктория находится в зоне действия субтропического климата.

В предыдущей работе [10] был проведён упрощённый анализ доступных длиннопериодических наблюдений по всем штатам Австралии (1 100 метеорологических станций). Результаты показали, что потепление началось с 80-х годов прошлого столетия. До

этого отклонения от средней температуры на континенте держались чуть ниже общей средней по континенту за период инструментальных наблюдений (рис. 1):



**Рисунок 1.** Динамика изменения отклонений средних температур в Австралии с добавлением линии тренда (красная) (составлено авторами) [10]

Проанализированные по-отдельности данные прибрежных и внутриконтинентальных станций показали разную динамику потепления [10]. Это показывает необходимость изменения масштабов и применения различных комбинаций в группировке метеорологических станций. На данном этапе исследований для более детального анализа изменения климата на континенте были взяты данные штата Виктория, Австралия.

Для анализа данных были взяты средние значения температур по данным метеорологических станций<sup>1</sup> в более чем 173 городах и географических местах штата Виктория, Австралия. Период наблюдения представляет собой временной отрезок от 1880 года до 2022 года с шагом в 1 год.

Для осуществления задач, поставленных в данной научной работе, был написан программный код на языке Python. Для дальнейшего анализа данных были импортированы четыре библиотеки: pandas, которая предназначена для обработки и анализа данных, NumPy, цель которой состоит в поддержке больших массивов данных и осуществления математических функций с ними, plotly.express, чтобы создать графическое представление полученного анализа, а также из библиотеки sklearn.linear\_model была импортирована функция LinearRegression для создания предсказания дальнейшего развития климатической картины региона [11]:

```
import pandas as pd
import plotly.express as px
import numpy as np
from sklearn.linear_model import LinearRegression
```

Для проведения анализа была написана программа, которая в качестве входных данных получала таблицы формата Excel, где предварительно были занесены данные температур. Данные, содержащиеся в таблицах, были считаны с помощью библиотеки pandas. Далее для удобного использования данных были удалены те столбцы таблицы, которые не принимают участия в статистическом анализе из-за содержания в них не исследуемой информации.

<sup>1</sup> Погода и климат / Летопись погоды / Виктория, Австралия. — URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history.php?id=au&region=vic> (дата обращения: 18.01.2024).

После подбора и импорта необходимых библиотек подготовим данные для дальнейшей обработки. Была использована функция `pd.read_excel`, что работать с данными, которые находятся в электронной таблицы формата Excel, и удалим первые две строки таблицы, которые содержат названия столбцов таблицы. Также удалим из анализируемых данных пустые столбцы, функцией `.drop`:

```
df = pd.read_excel("/content/Viktoria_Avstr_shirota_ot_35_vkl_-do_40_ch_1.xlsx", skiprows=2)
df.drop([167, 168, 169], inplace=True)
```

Чтобы устранить неоднородность данных, из всего объёма обрабатываемых данных были вырезаны те столбцы, в которых неизвестные данные составляют более 85 % от числа всех значений:

```
df.dropna(thresh=len(df) — 140, axis=1, inplace = True)
```

После удаления лишней информации началась подготовка к проведению анализа. Для группировки данных и последующего исполнения операций над ними была применена функция `.groupby`. Объединение было организовано по десятилетиям. В каждой группе было найдено среднее значение температуры. В качестве проверки написанного программного кода был выбрана столица штата — город Мельбурн, который находится почти на самом юге континента.

### Обсуждение результатов и выводы

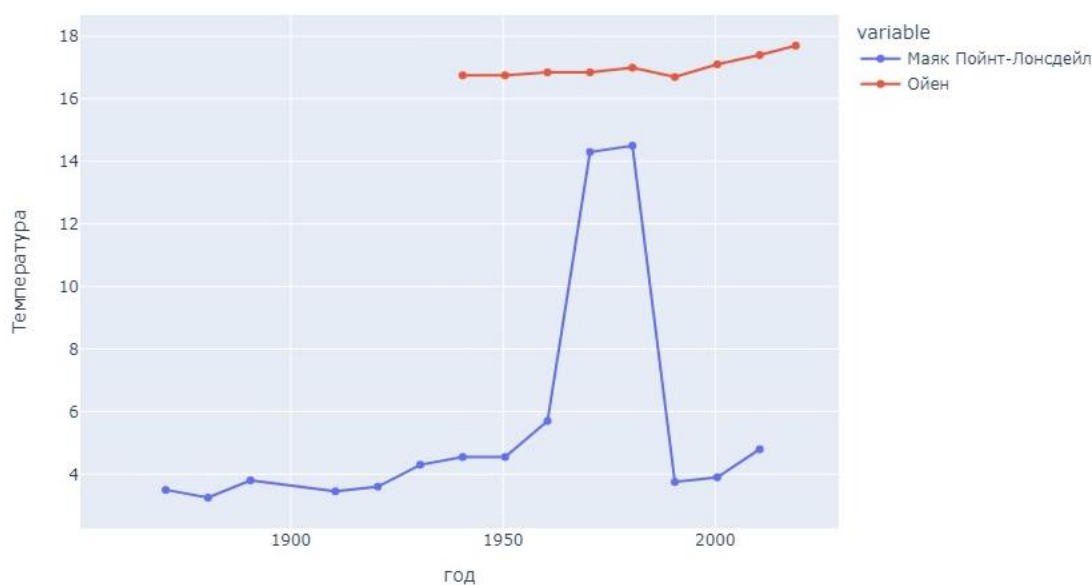
Для наглядности полученных данных была использована библиотека `plotly.express`, которая предназначена для построения графиков.



*Рисунок 2. Зависимость средней температуры от года наблюдения в городе Мельбурн (составлено авторами)*

На рисунке 2 показан график зависимости средней температуры, измеренной в городе Мельбурн, от времени измерения. В данном графике использовалось ранее описанное объединение. На данном графике виден сильный рост средней температуры в городе, начиная с 1880 года. Минимальная температура составила  $+15^{\circ}\text{C}$  в 1880 году. В 2020 году температура достигла  $+16,5^{\circ}\text{C}$ . Рост составил  $1,5^{\circ}\text{C}$ .

После этого была поставлена задача отыскать города или же географические объекты, которые имеют наименьшую и наибольшую среднюю температуру. Для этого были использованы функции `.min` и `.max` соответственно. Местом с самой высокой среднегодовой температурой оказался город Ойен, расположенный на севере региона. Самая низкая температура зафиксирована на маяке Пойнт-Лонсдейл, расположенный недалеко от Мельбурна. На рисунке 3 показана динамика этих мест от десятилетия измерения.



**Рисунок 3.** Зависимость среднегодовой температуры от десятилетия измерения самого жаркого и самого холодного географического местоположения (составлено авторами)

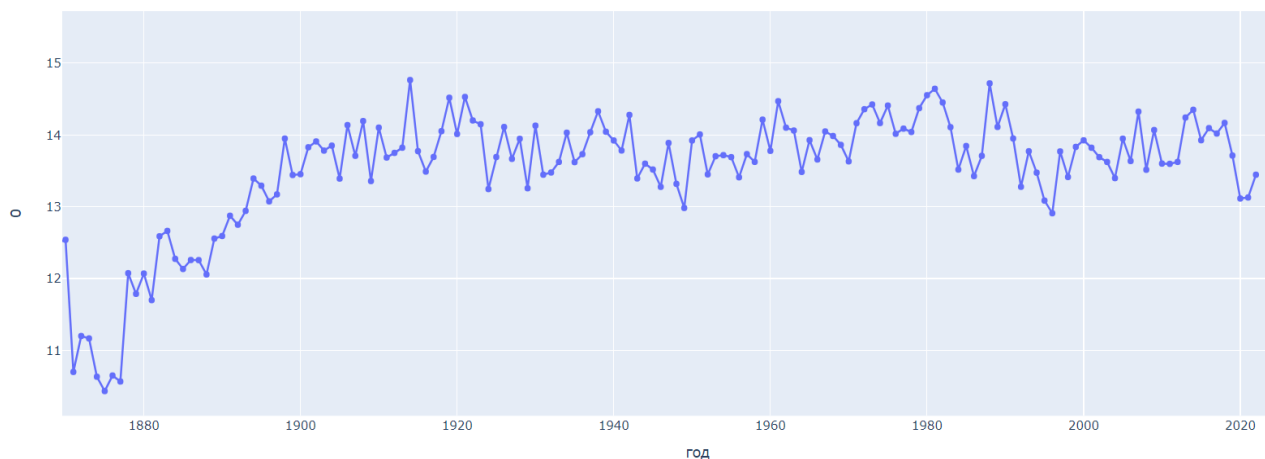
Отметим, что за последние десятилетия в выбранных локациях также наблюдается рост среднегодовой температуры. Средняя температура для маяка Пойнт-Лонсдейл выросла с 1990 года на  $1,05^{\circ}\text{C}$ . Разница температур для города Ойен составила  $+1^{\circ}\text{C}$ .

Далее в рамках проведенного исследования была исследована динамика изменения среднегодовой температуры по всему штату. Для реализации этой задачи была использована функция `.mean` из библиотеки `pandas`, которая вернула среднее значение по строке, соответствующей определённому году. Построение графика осуществлялась от значения температуры за каждый год. На рисунке 4 продемонстрирован график зависимости полученной средней температуры по штату от года измерения.

Здесь динамика роста не так очевидна, как в предыдущих исследованиях. Однако, если взять достаточно большой промежуток времени, то будет обнаружено, что среднегодовая температура штата с 1880 года выросла на почти на  $1,5^{\circ}\text{C}$ .

После изучения изначальных данных началась работа над созданием предсказания о среднегодовой температуре для изученных местностей. Чтобы осуществить предсказание была использована часть пакета `sklearn.linear_model`, а конкретно `LinearRegression`. Далее были созданы параметры, на которых будет основано предсказание. После обучения модели был задан год, для которого необходимо получить предсказание. Для Мельбурна предсказание на

2030 год составило 16,36°C. Прирост с 2022 года ожидается почти на 2°C. Для самой жаркой точки — Ойена — предсказанная температура составляет 17,51°C. Для самого холодного места — маяка Порт-Лонсдейл — предсказанная температура содержится на отметке 7,58°C. Это на 2,5 градуса выше, чем наблюдалось в 2012 году. Для штата Виктория в целом среднегодовая температура ожидается 14,09°C. Данный показатель выше на 0,6°C, чем в 2022 году.



**Рисунок 4.** Зависимость среднегодовой температуры по штату от года (составлено авторами)

Современное потепление климата планеты заметно даже в рамках наблюдений одного поколения. Незначительные колебания не оказывают заметного влияния на развитие техносферы как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. Однако значительное изменение температуры планеты может привести к изменениям в качестве и количестве потребляемых ресурсов и их доступности, что может повлиять на выживаемость человеческой популяции.

Отдельно стоит отметить различия между динамиками изменения температур на континенте в целом и штате Виктория на рисунках 1 и 4, что говорит о значительном влиянии географического положения в масштабах планеты на климат региона, не смотря на глобальный характер атмосферы и гидросферы, участвующих в переносе тепла на планете.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин, М.И. Горообразующие процессы и вариации климата в истории Земли / М.И. Кузьмин, В.В. Ярмолюк // Геология и геофизика. — 2006. — Т. 47, № 1. — С. 7–25. — EDN NDLLCT.
2. Ледники в горах России (Кавказ, Алтай, Камчатка) в первой четверти XXI века / В.М. Котляков, Т.Е. Хромова, Г.А. Носенко [и др.] // Лёд и снег. — 2023. — Т. 63, № 2. — С. 157–173. — DOI 10.31857/S2076673423020114. — EDN RVBDMJ.
3. Dawson A.G. Ice Age Earth: Late Quaternary geology and climate // Routledge Physical Environment series. L.; NY., 1992, p. 293.
4. Федоров, В.М. Многолетняя изменчивость инсоляции Земли и содержания двуокси углерода в атмосфере / В.М. Федоров, В.Н. Голубев, Д.М. Фролов // Жизнь Земли. — 2018. — Т. 40, № 1. — С. 12–21. — EDN YWEOKB.

5. Федоров, В.М. Инсоляционная контрастность Земли и изменение площади морских льдов в Северном полушарии / В.М. Федоров, П.Б. Гребенников // Арктика: экология и экономика. — 2018. — № 4(32). — С. 86–94. — DOI 10.25283/2223-4594-2018-4-86-94. — EDN RHQNMW.
6. Федоров, В.М. Тенденции и причины изменений климата Земли в современную эпоху: Электронное издание сетевого распространения / В.М. Федоров. — Москва: ООО "Издательский дом КДУ", 2018. — ISBN 978-5-7913-1069-9. — EDN XRSDBJ.
7. Жукова, Ж.С. Проблемы глобального изменения климата / Ж.С. Жукова // Тенденции развития науки и образования. — 2024. — № 105-13. — С. 144–147. — DOI: 10.18411/trnio-01-2024-661.
8. Кулагин, Д.А. Применение информационных технологий для сбора климатических данных / Д.А. Кулагин // Устойчивое развитие: геополитическая трансформация и национальные приоритеты: Материалы XIX Международного конгресса с элементами научной школы для молодых ученых. В 2-х томах, Москва, 30–31 марта 2023 года / Отв. редакторы выпуска: А.В. Семёнов, П.Н. Кравченко. Том 1. — Москва: Московский университет им. С.Ю. Витте, 2023. — С. 680–689. — EDN HRLZTE.
9. Довжиков, С.Н. Проблемы предварительной обработки данных для расчёта показателей погодно-климатических рисков / С.Н. Довжиков, Е.В. Каширина // Некоторые актуальные проблемы современной математики и математического образования. Герценовские чтения — 2019: Материалы научной конференции, Санкт-Петербург, 08–12 апреля 2019 года. — Санкт-Петербург: Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена, 2019. — С. 227–232. — EDN ZDTYTB.
10. Жукова, Ж.С. Анализ динамики среднегодовых температур метеорологических станций, расположенных на побережье и в глубине материка, на примере Австралии / Ж.С. Жукова // Цифровая трансформация, инновации, SMART-CITY. Проблемы устойчивого развития, экологии человека и охраны окружающей среды, Москва, 29 мая — 05 2023 года. — Москва, 2023. — С. 72–76. — EDN HVUNFC.
11. Лемешонок, К.А. Первичный статистический анализ и визуализация основных метеорологических и радиационных данных по Томской области / К.А. Лемешонок, И.А. Ботыгин // Молодежь и современные информационные технологии: Сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 03–07 декабря 2018 года / Томский политехнический университет. — Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2019. — С. 84–85. — EDN GBWDPR.



### **Zhukova Zhanna Sergeevna**

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia  
E-mail: [assamblee@mail.ru](mailto:assamblee@mail.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9828-4413>  
RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1061900](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1061900)  
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57219179989>

### **Tyger Lyubov Mikhailovna**

Russian State University of Tourism and Service, Moscow, Russia  
E-mail: [lyutyger@yandex.ru](mailto:lyutyger@yandex.ru)  
RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1033462](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1033462)

### **Gusakova Alisa Andreevna**

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia  
E-mail: [gusakova.alice@yandex.ru](mailto:gusakova.alice@yandex.ru)

### **Stepanova Anastasia Alekseevna**

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia  
E-mail: [nistepanova24@mail.ru](mailto:nistepanova24@mail.ru)

### **Tolasova Antonina Andreevna**

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia  
E-mail: [a.a.tolasova@gmail.com](mailto:a.a.tolasova@gmail.com)

## **The use of information technology for analysis and prediction of climate changes**

**Abstract.** The article provides a brief overview of the issue of global warming and the factors that influencing climate change. The relevance of the research lies in the need for a comprehensive analysis of climate data and prediction of further trends, both in the short term and the long term, as climate affects evolutionary processes, biosphere balance, the availability of resources essential for the functioning of the technosphere, the amount of primary production produced by producers, all of which collectively ensure the existence of human civilization. Significant fluctuations in the climate, both towards warming and cooling, can disrupt stability and lead to the destruction of the technosphere, economic and social upheavals. The research is based on previous studies conducted using data from 1 100 meteorological stations in Australia, which showed the need to revise the approach to grouping monitoring stations: trends in average temperature changes across the continent, and monitoring stations grouped according to their distance from the coast, showed a general synchronicity of warming and cooling periods, but different dynamic patterns in recent decades. It was decided to study the climate data of one state (Victoria) and compare the results with previous studies. Python programming language packages were used for data processing, analysis, visualization, and forecasting. Data from two monitoring stations in cities located in the south and north of the state were separately analyzed, showing a general trend of slight warming. The trend in temperature changes in the state showed a pattern different from the continental dynamics obtained in previous studies, which confirmed the validity of the chosen approach to studying the climate on the continent. Based on the information obtained, the average temperature was predicted for both the entire state and selected cities.

**Keywords:** data analysis; climate; Australia; global warming; Python; weather stations; temperature