

# Исследование объёма осадков, выпадавших с 1869 года по 2021 год в городе Брисбен, Австралия

## Аннотация

Главная цель данного исследования – отработка навыков, полученных в результате самостоятельного и профессионального обучения. Это практическая и тестовая работа для использования в личных целях. В этом проекте я ищу закономерности в данных наблюдений за осадками, анализирую причины и последствия климатических изменений, определяю тренды и на основе имеющихся данных представляю прогноз изменений в объёме осадков в Брисбене через 100 лет.

В данную работу включены фрагменты кода, который я создал для обработки данных и их графического представления. Используемые инструменты: веб-приложение *Jupyter Notebook*, библиотеки *pandas*, *numpy*, *matplotlib* и *sklearn*.

Основной источник данных – сайт Бюро метеорологии Австралии (The Bureau of Meteorology of Australia). Дополнительно использовались открытые источники, откуда были получены данные за недостающие в официальной статистике годы наблюдений и сопутствующая информация.

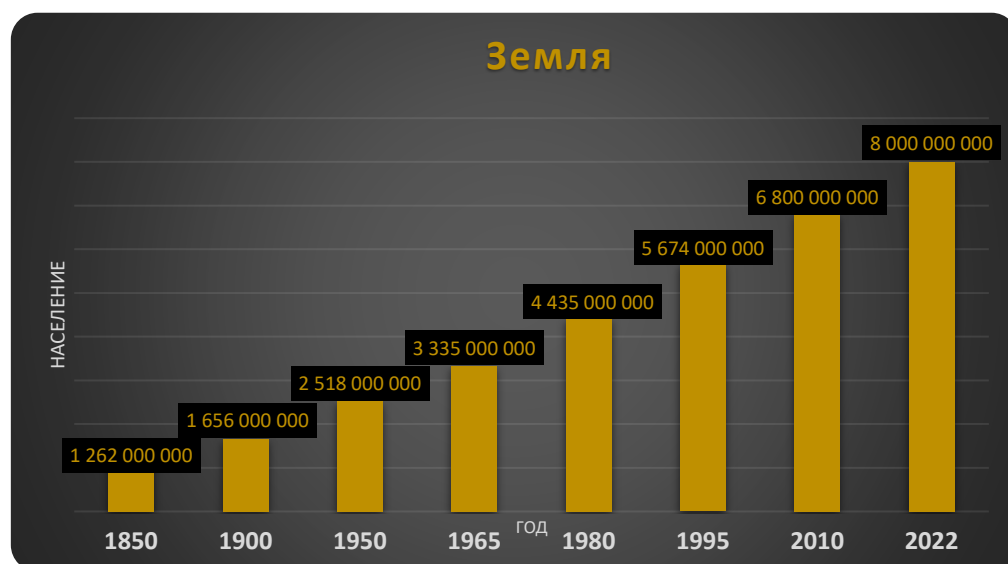
### Основные этапы исследования:

- Краткая история возникновения города Брисбен и его климатические особенности.
- События в мире и глобальные факторы влияния, ведущие к изменениям климата даже на таком изолированном континенте как Австралия.
- Способ сбора и очистки данных.
- Визуальное представление собранных данных, поиск закономерностей и анализ динамики их изменения.
- Создание предсказательных систем и их визуализация на круговой диаграмме, различные варианты развития событий.
- Выводы из найденных закономерностей и взгляд в будущее.
- Код проекта.

Эта работа не является полным и достоверным исследованием климатических взаимосвязей. Справка о погодных катаклизмах, истории континента, мировых событиях и иные описательные данные взяты из открытых источников. Использование данных исследования и его выводы не должны использоваться как единственно верные и без перепроверки в альтернативных источниках.

**Источники:** [Bukunedia](#), [Australian Government](#), [The Bureau of Meteorology of Australia](#), [Australian Bureau of Statistics](#) и другие открытые источники.

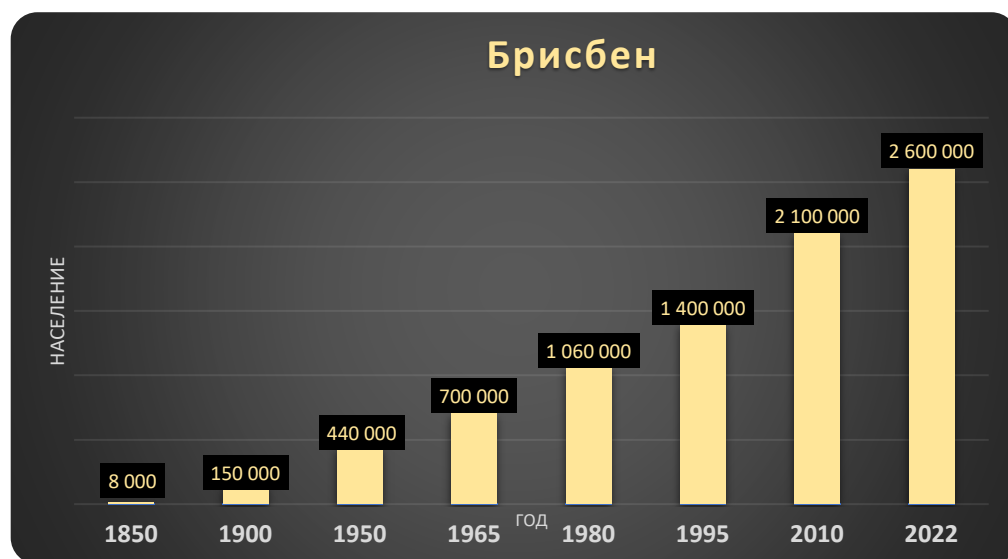
## Географический, социальный, климатический и технологический обзоры



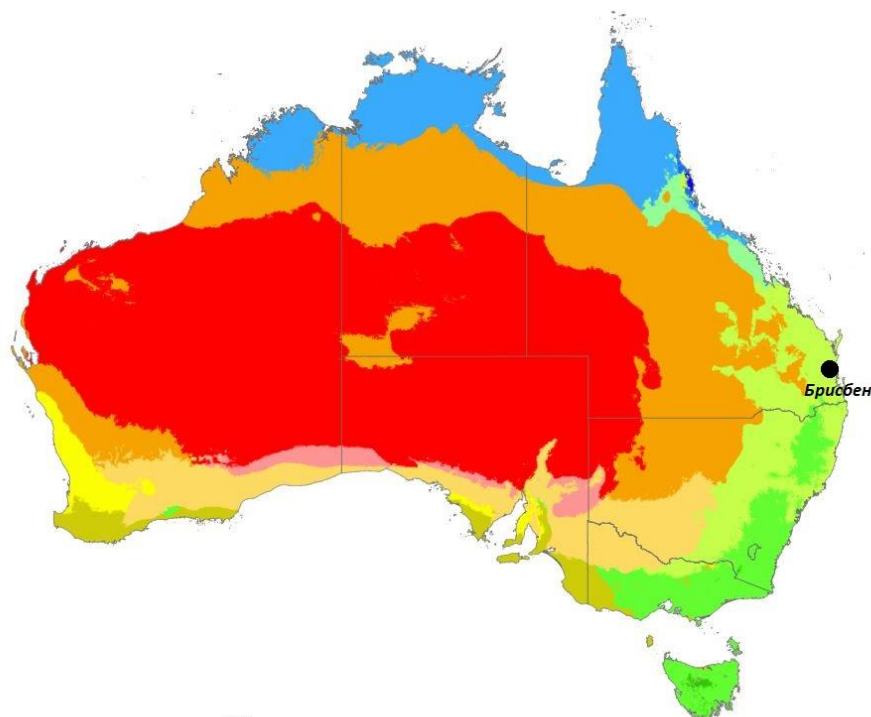
В 20 веке произошёл значительный рост населения нашей планеты. Открытия и инновации в области медицины, машиностроения, сельского хозяйства и других важнейших направлениях способствовали увеличению качества и продолжительности жизни, уменьшению детской смертности и устранили нехватку или нестабильность в поставках продовольствия во множестве стран. Эти и другие факторы способствовали значительному росту населения на Земле, особенно во второй половине 20 века.



На протяжении многих поколений подавляющее большинство поселенцев прибывали в Австралию из Великобритании и Ирландии. Во второй половине 20 века в страну началась крупномасштабная европейская иммиграция. Долгие годы политика «[Белой Австралии](#)» ставила целью не допускать в Австралию «цветных» мигрантов, её отмена в 1966 году привела к значительному увеличению неевропейской иммиграции, в основном из Азии и Ближнего Востока.



По скорости роста населения Брисбен занимает 1 место в Австралии. С 1950 года население Брисбена выросло с 440 000 до 2 500 000 человек или на 470%. Брисбен всегда превышал прогнозы роста населения. В последние годы темпы роста были сильными и стабильными. Город прибавляет около 35 000 новых людей каждый год, в основном из-за миграции между штатами и высокой рождаемости.



### Типы климата по Кёппену:

ET (Тундра)	Cwa (Влажный субтропический)	BWk (Климат холодных пустынь)
Dfc (Субарктический)	Csb (Умеренный средиземноморский)	BWh (Климат жарких пустынь)
Cfc (Субполярный океанический)	Csa (Жаркий средиземноморский)	Aw (Тропический саванный)
Cfb (Океанический)	BSk (Холодный семиаридный)	Am (Муссонный)
Cfa (Влажный субтропический)	BSh (Жаркий семиаридный)	Af (Климат дождевых лесов)

Постоянное поселение в районе будущего Брисбена было основано в 1823 году, когда в Сиднее искали место, куда бы отправлять худших каторжников. В 1824 году здесь была учреждена колония для ссыльных, а уже в 1842 году она была упразднена, и поселение стало быстро развиваться. Штат Квинсленд образовался в 1859 году, и Брисбен был провозглашён его столицей. В то время он не являлся городом как таковым, а представлял собой двадцать отдельных муниципалитетов, и только в 1925 году получил статус города.

Климат Брисбена близок к субтропическому. Длительный сезон дождей длится большую часть года, более прохладный сухой сезон - с июля по сентябрь, он характерен более низкими температурами и меньшим количеством осадков. Сухому сезону свойственны тёплые дни и прохладные ночи, изредка доходящие до слабых заморозков.

## Австралия

Для анализа я выбрал Австралию как максимально изолированный континент и страну, где влияние "цивилизованного" человека, начало проявляться лишь во второй половине 19-го века. Австралия - единственная страна в мире, занимающая территорию целого материка, омывается Тихим и Индийским океанами. Чтобы добраться из Австралии до ближайшего материка надо пролететь по прямой более 3 500 км, до Японии - около 5 000 км, а до Европы и до любой из Америк - более 10 000 км. Такая изолированность долгие годы минимизировала или даже полностью исключила влияние на климат Австралии внешней деятельности и технологической эволюции других стран.

## Брисбен

С 1869 года уже есть подробные метеоданные по нескольким крупнейшим городам Австралии. Город Брисбен был выбран как один из самых быстро растущих и значимых городов в Австралии. Брисбен расположен на одноимённой реке и зависит от дождей. Если осадки превышают норму и принимают затяжной характер - река переполняется и вероятность наводнения возрастает. С другой стороны, если осадков нет долгое время, то вполне вероятны засухи. В 2017 году штат Квинсленд, столицей которого и является Брисбен, был на 2\3 охвачен сильнейшей за 100 лет засухой, фермерам приходилось закупать корм и зерно в других регионах, чтобы сохранить жизнь животным. Но это скорее исключение, в основном город страдает не от жары, а от наводнений. Их в судьбе Брисбена было уже 6 - в 2022 году, в 2011, в 1974, и целый букет наводнений в 1893, 1890 и 1887 годах. В 1953 и в 1985 годах для защиты города были построены две дамбы, без которых последствия затяжных дождей и наводнений во второй половине 20-го века, могли бы быть ещё более катастрофическими. Хотя даже 2 дамбы не смогли предотвратить наводнения 2011 и 2022 годов.

## События, прямо или косвенно влияющие на климат Австралии и всего мира в 20 и 21 веках



В текущем веке произошёл значительный скачок населения нашей планеты, с 6 миллиардов в конце 1999 года до более чем 8 миллиардов в 2022 году. К окончанию 21-го века на Земле будут проживать невероятные 12-15 миллиардов людей, конечно, если сохранятся темпы роста и не произойдут события настолько глобальные, что количество людей на планете значительно уменьшится или приблизится к нулю.

Скорость роста автомобилей в 20-м веке не отставала от роста населения. Если в 1950 году – это около 100 миллионов штук, то к 1986 году на Земле было уже 500 миллионов автомобилей, в 2010 году - 1 миллиард и вот в 2022 году по планете ездит не менее 1,5 миллиардов машин, из которых треть - коммерческий, общественный и грузовой транспорты. При такой динамике по Земле к концу 21-го века будут ездить 3,5-4 миллиарда машин. Австралия в 2020 году находилась на 8 месте



по автомобилизации - на 1000 человек здесь приходится 730 автомобилей. Но так как Австралия — это огромная страна с низкой плотностью населения, то влияние на климат страны местных машин незначительно. Мировой рост количества автомобилей и как следствие их глобальное влияние на климат, также закономерно совершило рывок в начале 21-го века.

В конце 20-го века мобильные телефоны и различные виды компьютерной техники из редких и дорогих устройств, переходят в разряд общедоступных. Почти в каждой семье появляется по несколько предметов из этой группы, а на производство, утилизацию и обеспечение их работы ежегодно тратятся колоссальные энергетические и природные ресурсы. Влияние на климат - просто не может быть точно подсчитано, так как в этих процессах прямо или косвенно задействован практически каждый уголок планеты. Один факт о количестве мобильных телефонов в мире: 2000 год - 1,3 миллиарда, 2010 год - 5 миллиардов и в 2022 году - более 7 миллиардов, а возможно их уже столько же, сколько людей на Земле. Количество компьютеров, планшетов и ноутбуков в 2020 году - 2 миллиарда. С учётом устройств из близких категорий - серверного и коммутационного оборудования, игровых приставок, майнинговых систем, а также техники бытового назначения - телевизоров, устройств «умного дома», кухонной техники и т.д., цифры увеличатся в несколько раз.

Демографические изменения, инновационные устройства 21-го века, а также множество других причин – от глобального потепления Земли и до бесконтрольного использования различных видов пластика, влияют на климат в планетарном масштабе. Выбрав всего лишь единственный показатель - объём осадков, можно увидеть, насколько сильны изменения в их количестве и в каком направлении они движутся. Для максимально «чистой картины» я использую данные по одной из самых изолированных и молодых стран мира - Австралии, для одного города – Брисбена, погодные наблюдения в котором ведутся практически с основания.

# Работа с данными и примеры кода

## Сбор и очистка данных

Данные собирались вручную из нескольких источников, основным выступил сайт метеорологии «[The Bureau of Meteorology of Australia](http://The Bureau of Meteorology of Australia)». Несколько лет наблюдений отсутствовали и данные пришлось собирать с ближайших к Брисбену метеостанций и из альтернативных источников. Проблемным оказался 1998 год, казалось, что в данных допущена ошибка - больше половины дней в этом году были абсолютно без осадков. Я перепроверил цифры, взяв данные из двух альтернативных источников, оказалось, что так и было - 1998 год был единственным за всё время наблюдений, где медианное значение осадков равно нулю.

```
import pandas as pd

# Open initial data for processing
brisbane_rainfall = pd.read_csv(open('Brisbane_start.csv', 'r', encoding='UTF-8'), sep=',')

# From 3 columns to 1 plus convert in date format
year = brisbane_rainfall['Year']
date = pd.to_datetime(brisbane_rainfall[['Year', 'Month', 'Day']])
brisbane_rainfall['Date'] = date
brisbane_rainfall['Year'] = year
brisbane_rainfall = brisbane_rainfall[['Year', 'Date', 'Rainfall_mm']]

# Sort by date and group by year + joining in weeks
brisbane_almost_ready = brisbane_rainfall.set_index('Date').groupby('Year')['Rainfall_mm'].resample('W').sum()

# Save step "messy data"
brisbane_almost_ready.to_csv('Brisbane_messy.csv')

# Extra checking for 1998 year

brisbane_1998_v1 = pd.read_csv(open('1998_1.csv', 'r', encoding='UTF-8'), sep=',')
brisbane_1998_v1_rain = brisbane_1998_v1['Rainfall amount (millimetres)']

brisbane_1998_v2 = pd.read_csv(open('1998_2.csv', 'r', encoding='UTF-8'), sep=',')
brisbane_1998_v2_rain = brisbane_1998_v2['Rainfall amount (millimetres)']

brisbane_1998_v3 = pd.read_csv(open('1998_3.csv', 'r', encoding='UTF-8'), sep=',')
brisbane_1998_v3_rain = brisbane_1998_v3['Rainfall amount (millimetres)']

brisbane_1998_v1_rain.median() == brisbane_1998_v2_rain.median() == brisbane_1998_v3_rain.median() == 0.0

True
```

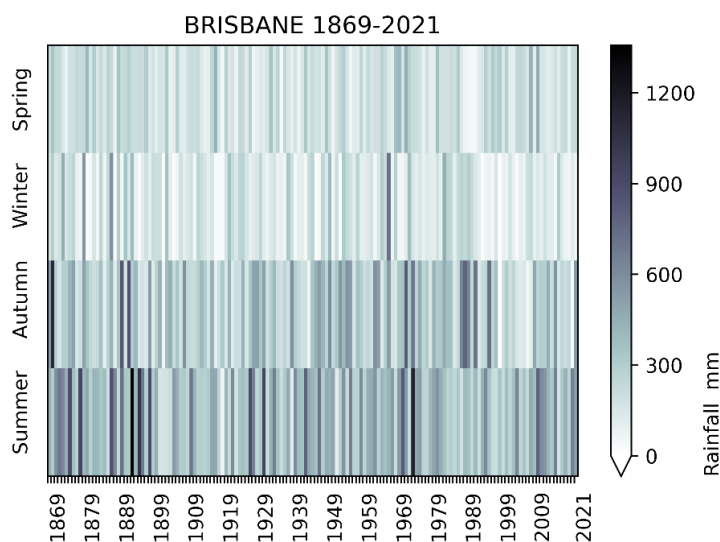
После сбора всех необходимых данных для удобства восприятия я привёл их в порядок, удалив ненужные столбцы и собрав дату из отдельных чисел в удобный формат с помощью `to_datetime`. Это позволило мне в дальнейшем очень просто собрать недельные объёмы осадков с помощью `resample('W').sum()`. Так я получил почти готовые данные в виде таблицы из 153 лёт разбитые на недели, которые уже можно использовать в анализе и визуализировать.



## Визуальное представление данных, выявленные закономерности

Для визуализации я взял медианные значения и общие суммы осадков по годам, используя `median()` и `aggregate(sum)` — это удобные начальные данные для анализа и предварительного прогнозирования. Для лучшего восприятия значения разделены по цветам, в зависимости от их величины, так гораздо лучше различимы данные, которые выше или ниже "нормы". Границы цветовой градации можно менять, я выбрал такие, чтобы сократить "выбросы" и в то же время видеть - а есть ли изменения с течением времени? Для этого я использовал `ma.masked_where`, а затем выбирал из нескольких пар значений вне нормы, оставив такие, которые с одной стороны дают представление об изменениях, а с другой не доминируют на графике.

Также я пробовал визуализацию с помощью тепловых карт - "недельной" и "сезонной". Но лишь на сезонной карте по освещению данных можно увидеть, как в последние 30-40 лет уменьшается объём осадков в зимний период, во все остальные сезоны и на недельной не видно чёткой закономерности. Обе эти карты я отбросил, как бесперспективные в этом конкретном случае. Нужны более радикальные изменения, чтобы тепловая карта дала яркую картину, удобную для визуального анализа.



```
### Heatmap with seasonly rainfall amount + colorbar
```

```
# Opening messy 4 seasons data (dec-feb)+(mar-may)+(jun-aug)+(sep-nov)
brisbane_rainfall_mess_4s = pd.read_csv('Brisbane_end_4seasons.csv', header=None, sep=';', encoding='utf-8')
# Converting string values to float & replace ',' to '.'
brisbane_rainfall_4s = (brisbane_rainfall_mess_4s.replace(',', '.', regex=True).astype(float))
```

```
plt.figure(figsize=(10, 60))
fig, ax = plt.subplots()

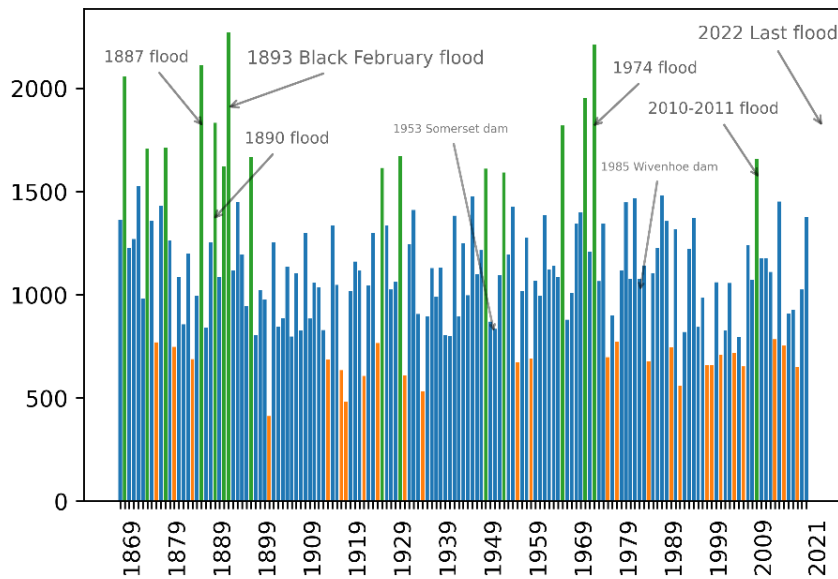
# Show X-ticks and labels
ax.set(title='BRISBANE 1869-2021')
ax.set_xticks(np.arange(0, 153, 1))
ax.set_xticklabels(labels=years)
# Rotate the tick labels
plt.setp(ax.get_xticklabels(), rotation=90, ha='right', rotation_mode='anchor')

# Show Y-ticks and labels
ax.set_yticks(np.arange(0, 0))
ax.set_ylabel('Summer      Autumn      Winter      Spring', labelpad=8)

# Heatmap & colorbar settings
## Try: 'viridis_r', 'twilight', 'ocean_r', 'cividis_r', 'bone_r', 'YlGnBu', 'Blues'
cs = ax.pcolormesh(brisbane_rainfall_4s, cmap='bone_r')
cbar = fig.colorbar(cs, ticks=[0, 300, 600, 900, 1200], ax=ax, extend='min')
cbar.ax.set_ylabel('Rainfall mm', loc='bottom')

# Saving heatmap
#fig.savefig('BRISBANE_4seasons_bone_r.png', dpi=600, bbox_inches="tight")
```

У объёма годовых осадков эти изменения лучше всего видны на паре 790-1580 мм (-25% и +50%), при норме для Брисбена в 1050 мм осадков за год. Количество осадков, чтобы можно было говорить о нехватке воды, я принял за 25% ниже нормы, а слишком большим и потенциально ведущим к наводнению - выше нормы на 50%.



Если сравнивать первые 100 лет наблюдений - с 1869 по 1968 годы и более близкие нам 53 года с 1969 по 2021 годы, то можно увидеть, что из первых 100 лет "засушливых" было 13, а в последующие 53 года - те же 13. "Ливневые" годы же сильно отличаются, в первые 100 лет их 13, а в следующие 53 года всего лишь 3. Благодаря удобному цветовому разделению, даже на начальной стадии анализа, мы ясно видим, что существует негативная тенденция - рост числа лет с низким объёмом осадков и уменьшение с высоким. И если за

последующие 47 лет наблюдений "ливневые" годы могут сравнять счёт, то ситуация с "засушливыми" годами будет только усугубляться и вопрос лишь - как сильно? Также видно, что все наводнения были в годы с высоким объёмом осадков, что ожидаемо, если в эти годы недельное распределение осадков также было нетипично и неравномерным по объёму.

```
### Plot with yearly summ rainfall amount, color bars with annotations
```

```
# Parameters for color bar types
high_value = 1580
low_value = 790
tick = np.arange(0,153, 1)
hum_high = np.ma.masked_where(brisbane_rainfall_sum < high_value, brisbane_rainfall_sum)
hum_low = np.ma.masked_where(brisbane_rainfall_sum > low_value, brisbane_rainfall_sum)
hum_middle = np.ma.masked_where((brisbane_rainfall_sum < low_value) | (brisbane_rainfall_sum > high_value),
                                brisbane_rainfall_sum)

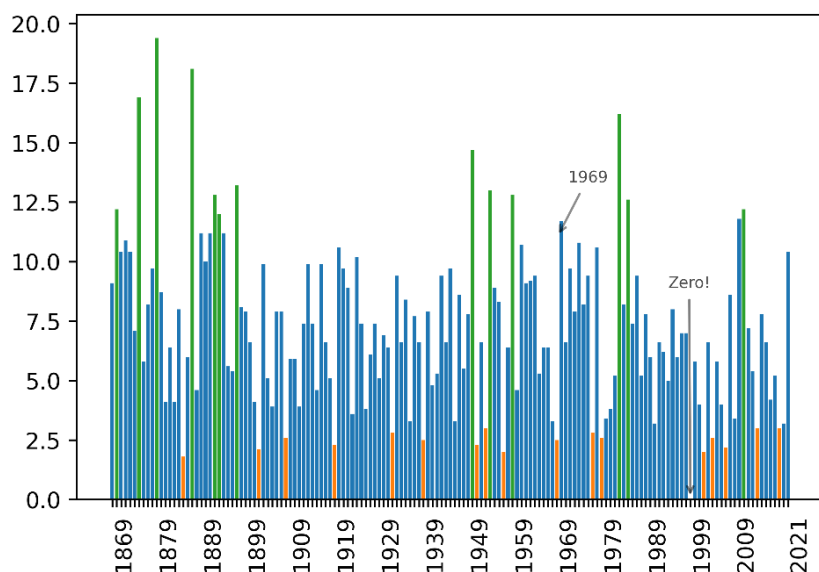
# Plot presets
plt.figure(figsize=(20, 60))
fig, ax = plt.subplots()
ax.set_xticks(tick)
ax.set_xticklabels(labels=years)
plt.setp(ax.get_xticklabels(), rotation=90, ha='right', rotation_mode='anchor')

# Annotates for impotant events
ax.annotate('1887 flood', size=7, alpha=0.6, xy=(19, 1800), xycoords='data', xytext=(-45, 30),
            textcoords='offset points', arrowprops=dict(facecolor='black', alpha=0.45, arrowstyle='->'))
ax.annotate('1890 flood', size=7, alpha=0.6, xy=(20, 1350), xycoords='data', xytext=(15, 35),
            textcoords='offset points', arrowprops=dict(facecolor='black', alpha=0.45, arrowstyle='->'))
ax.annotate('1893 Black February flood', size=8, alpha=0.6, xy=(23, 1900), xycoords='data', xytext=(10, 20),
            textcoords='offset points', arrowprops=dict(facecolor='black', alpha=0.45, arrowstyle='->'))
ax.annotate('1953 Somerset dam', size=5, alpha=0.5, xy=(83, 800), xycoords='data', xytext=(-45, 90),
            textcoords='offset points', arrowprops=dict(facecolor='black', alpha=0.4, arrowstyle='->'))
ax.annotate('1974 flood', size=7, alpha=0.6, xy=(104, 1800), xycoords='data', xytext=(10, 25),
            textcoords='offset points', arrowprops=dict(facecolor='black', alpha=0.45, arrowstyle='->'))
ax.annotate('1985 Wivenhoe dam', size=5, alpha=0.5, xy=(115, 1000), xycoords='data', xytext=(-17, 55),
            textcoords='offset points', arrowprops=dict(facecolor='black', alpha=0.4, arrowstyle='->'))
ax.annotate('2010-2011 flood', size=7, alpha=0.6, xy=(142, 1550), xycoords='data', xytext=(-50, 30),
            textcoords='offset points', arrowprops=dict(facecolor='black', alpha=0.45, arrowstyle='->'))
ax.annotate('2022 Last flood', size=8, alpha=0.6, xy=(156, 1800), xycoords='data', xytext=(-56, 40),
            textcoords='offset points', arrowprops=dict(facecolor='black', alpha=0.45, arrowstyle='->'))

# Rainfall level bars sort with colors
im = ax.bar(tick, hum_middle)
im = ax.bar(tick, hum_low)
im = ax.bar(tick, hum_high)

# Saving plot
fig.savefig('_Brisbane_sum_790-1580+text.png', dpi=600, bbox_inches="tight")
```

На графике с медианными значениями осадков их средний объём равен 6 мм, а пара 3-12 (-50% и +100%) — это экстремальные значения, при которых хорошо видны изменения в равномерности дождливых лет с течением времени.



Если смотреть на те же периоды: с 1869 по 1968 годы и с 1969 по 2021 годы, то можно посчитать, что из первых 100 лет "сверхравномерными" для Брисбена были целых 10, а в следующие 53 года всего лишь 3. Тем временем годы с максимально неравномерным распределением дождливых дней относятся к друг другу как 10 к 8, причём в 1998 году медианное значение вообще было равно нулю! Т.е. больше половины дней в этом году были абсолютно без дождя, а в оставшиеся выпала вся годовая норма осадков.

Вывод – и по медианным значениям видно ухудшение ситуации с приближением к 2022 году. "Сверхравномерные" дождливые годы исчезают, а лет, когда среднегодовой объём осадков выпадает за несколько дней или недель - всё больше.

### Plot with yearly median rainfall amount, color bars

```
# Parameters for color bar types
high_value = 12.6
low_value = 4.2
tick = np.arange(0,153, 1)
hum_high = np.ma.masked_where(brisbane_rainfall_median < high_value, brisbane_rainfall_median)
hum_low = np.ma.masked_where(brisbane_rainfall_median > low_value, brisbane_rainfall_median)
hum_middle = np.ma.masked_where((brisbane_rainfall_median < low_value) | (brisbane_rainfall_median > high_value),
                                brisbane_rainfall_median)

# Plot presets
plt.figure(figsize=(20, 60))
fig, ax = plt.subplots()
ax.set_xticks(tick)
ax.set_xticklabels(labels=years)
plt.setp(ax.get_xticklabels(), rotation=90, ha='right', rotation_mode='anchor')

# Annotates for important event
ax.annotate('Zero!', size=7, alpha=0.7, xy=(130, 0), xycoords='data', xytext=(-10, 95),
            textcoords='offset points', arrowprops=dict(facecolor='black', alpha=0.5, arrowstyle='->'))
ax.annotate('1969', size=7, alpha=0.7, xy=(100, 11), xycoords='data', xytext=(5, 25),
            textcoords='offset points', arrowprops=dict(facecolor='black', alpha=0.45, arrowstyle='->'))

# Rainfall level bars sort with colors
im = ax.bar(tick, hum_middle)
im = ax.bar(tick, hum_low)
im = ax.bar(tick, hum_high)

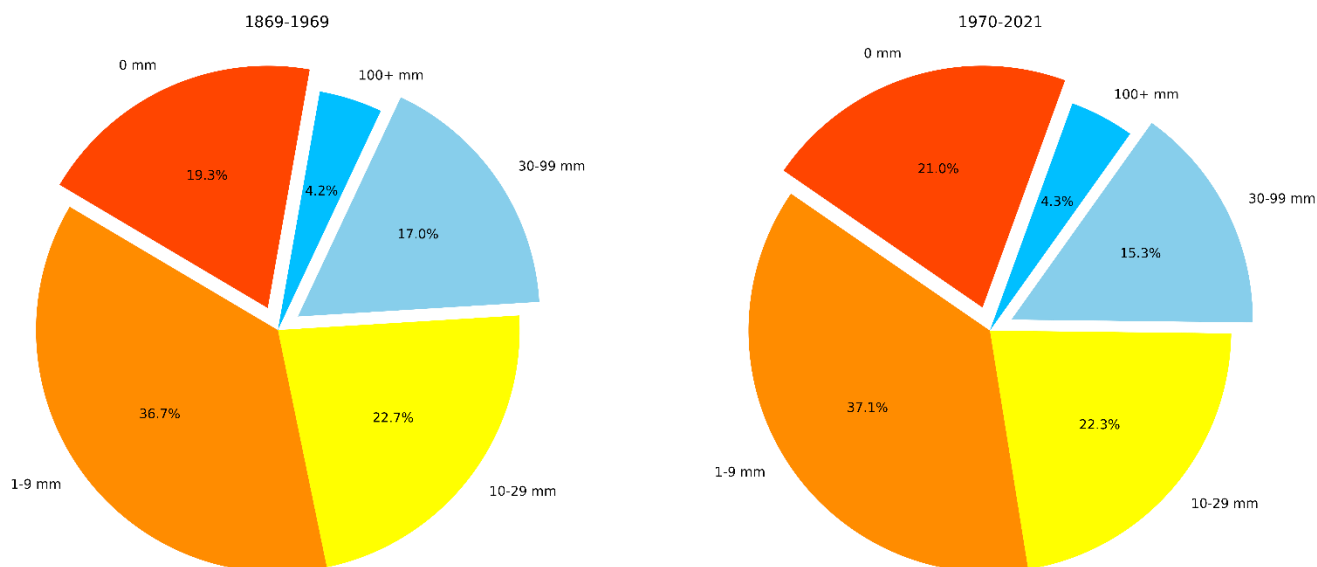
# Saving plot
fig.savefig('_Brisbane_med_4.2-12.6.png', dpi=600, bbox_inches="tight")
```

При объединении годовых и медианных заключений по объёмам осадков, можно сделать вывод, что в Брисбене в ближайшие 50 лет ситуация с дождями изменится так: значительно вырастет количество абсолютно "бездождливых" дней в году, а большая часть годовых осадков выпадет за несколько дней или недель, годовой объём осадков также будет уменьшаться. То есть большая часть года - сушь и жара, а потом "как из ведра". И город будет вынужден большую часть года экономить воду, а в летние месяцы (декабрь - февраль) готовиться к наводнениям.



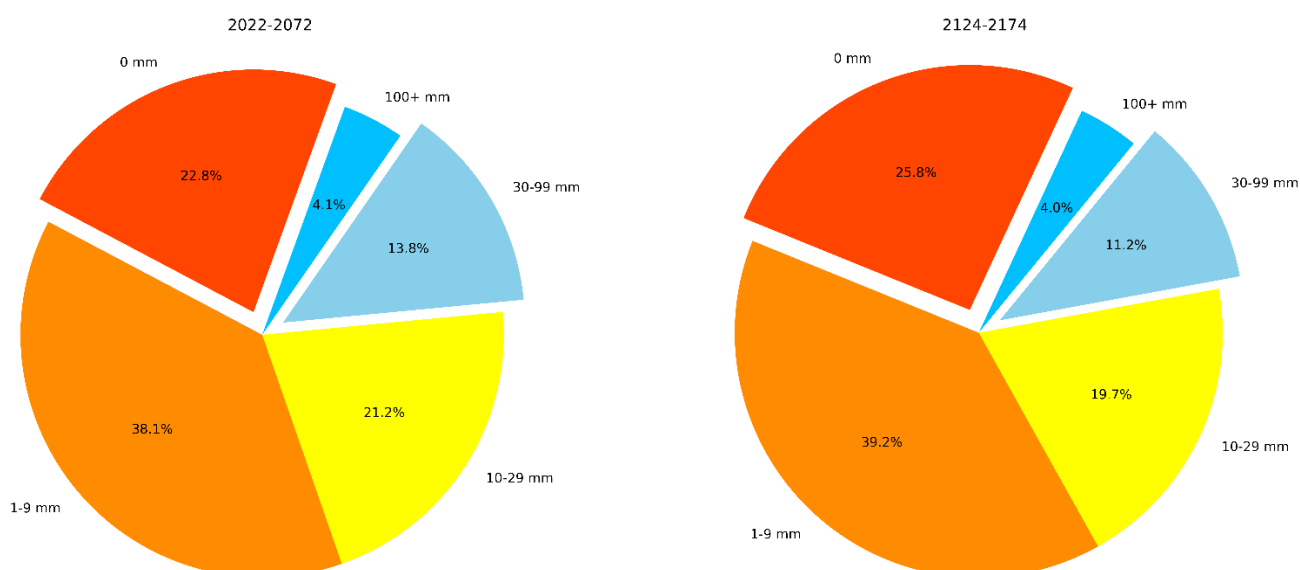
## Гипотезы и предсказания

Помимо сочетания визуального и логического анализа для предсказаний я использовал линейную регрессию из библиотеки *scikit-learn*. Несмотря на то, что предсказание получается слегка упрощённым, оно даёт более обоснованный прогноз, чем тот, который основан лишь на визуальном анализе имеющихся данных.



Прогноз сделан отдельно по каждой категории из: 0 мм дождей в день, от 1 до 9 мм, от 10 до 29, от 30 до 99 и больше 100 мм в день. Периоды предсказаний - ближайший нам 51 год с 2022 года и период с 2124 по 2174 год. Предсказания, сделанные с помощью линейной регрессии, подтверждают закономерность, выявленную при анализе графиков годовых осадков и медианы, и даже показывают всё в худшем свете.

Количество дней в году с осадками 0 и 1-9 мм с 1869 по 1969 год было равно 56% или 204 дням, а в ближайшие нам годы с 1970 по 2021 стало уже 58,1% или 212 дней. Прогнозирование даёт такие результаты на будущие периоды: 2022-2072 год - количество дней в году с объёмом осадков 0 и 1-9 мм вырастет до 60,9% или 222 дня, а в 2124-2174 станет равно 65% или 237 дням, то есть почти 8 месяцев в году дождей будет катастрофически мало или их не будет совсем.



Причём в этом расчёте я использую данные для построения регрессии и в "дотехнологический" период. Когда автомобили, мобильная связь, компьютеры и различные мультимедиа устройства не вошли прочно в жизнь большинства населения планеты. Да и само население Земли было 2-4 раза меньше, чем сейчас (1927 год - 2 миллиарда, 1974 - 4 миллиарда).

Взяв же для прогнозирования данные за последние 50 лет, с 1967 года по 2021 год, разбив их на 11 частей, я получил более пессимистичную картину: прогноз на следующие 50 лет с 204 "сухих" дней изменится на 231 день, а через 100 лет Брисбен ждут годы в которые дождей не будет даже не 237 дней как в "оптимистичном" прогнозе, а 258 дней (почти 71% вместо «оптимистичных» 65%), или 8,5 месяцев. А в оставшийся период 2-2,5 месяца будут слегка дождливыми и 1 месяц ливней, когда будет выпадать большая часть годовых осадков, увеличивая шансы наводнений.

```
from sklearn.linear_model import LinearRegression

years = np.array([5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55]).reshape((-1, 1))

zero = np.array([zero_rain_71, zero_rain_76, zero_rain_81, zero_rain_86, zero_rain_91, zero_rain_96,
                 zero_rain_01, zero_rain_06, zero_rain_11, zero_rain_16, zero_rain_21])
mini = np.array([min_rain_71, min_rain_76, min_rain_81, min_rain_86, min_rain_91, min_rain_96,
                 min_rain_01, min_rain_06, min_rain_11, min_rain_16, min_rain_21])
mid = np.array([mid_rain_71, mid_rain_76, mid_rain_81, mid_rain_86, mid_rain_91, mid_rain_96,
                mid_rain_01, mid_rain_06, mid_rain_11, mid_rain_16, mid_rain_21])
big = np.array([big_rain_71, big_rain_76, big_rain_81, big_rain_86, big_rain_91, big_rain_96,
                big_rain_01, big_rain_06, big_rain_11, big_rain_16, big_rain_21])
flood = np.array([flood_rain_71, flood_rain_76, flood_rain_81, flood_rain_86, flood_rain_91, flood_rain_96,
                  flood_rain_01, flood_rain_06, flood_rain_11, flood_rain_16, flood_rain_21])

model_zero = LinearRegression().fit(years, zero)
model_min = LinearRegression().fit(years, mini)
model_mid = LinearRegression().fit(years, mid)
model_big = LinearRegression().fit(years, big)
model_flood = LinearRegression().fit(years, flood)

future = np.array([5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55,
                   60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105,
                   110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145, 150, 155,
                   160, 165, 170, 175, 180, 185, 190, 195, 200, 205]).reshape((-1, 1))

zero_future = model_zero.predict(future)
min_future = model_min.predict(future)
mid_future = model_mid.predict(future)
big_future = model_big.predict(future)
flood_future = model_flood.predict(future)

zero_2072 = zero_future[11:21].sum()
zero_2174 = zero_future[31:].sum()

min_2072 = min_future[11:21].sum()
min_2174 = min_future[31:].sum()

mid_2072 = mid_future[11:21].sum()
mid_2174 = mid_future[31:].sum()

big_2072 = big_future[11:21].sum()
big_2174 = big_future[31:].sum()

flood_2072 = flood_future[11:21].sum()
flood_2174 = flood_future[31:].sum()

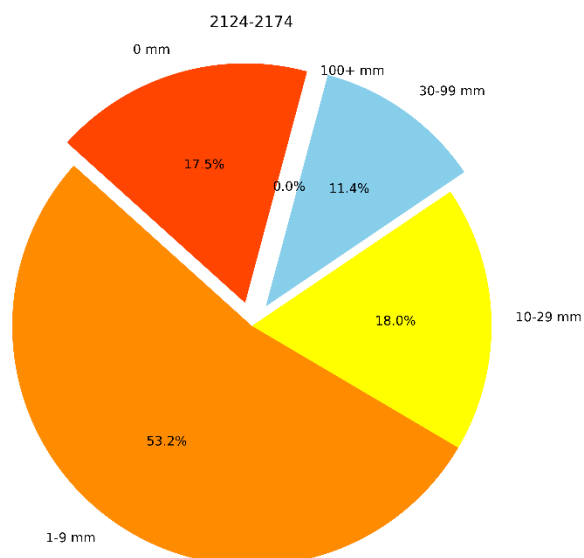
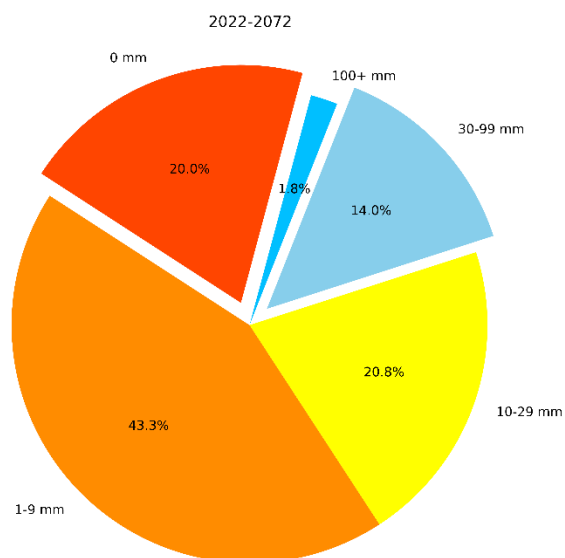
labels = ['0 mm', '1-9 mm', '10-29 mm', '30-99 mm', '100+ mm']
sizes_1 = [zero_2072, min_2072, mid_2072, big_2072, flood_2072]
sizes_2 = [zero_2174, min_2174, mid_2174, big_2174, 0]
explode = (0.1, 0, 0, 0.1, 0)

fig, axs = plt.subplots(1, 2, figsize=(18, 8))
colors = ['orangered', 'darkorange', 'yellow', 'skyblue', 'deepskyblue']

axs[0].pie(sizes_1, colors=colors, explode=explode, labels=labels, autopct='%1.1f%%', shadow=False, startangle=75)
axs[0].set(title='2022-2072')
axs[0].axis('equal')

axs[1].pie(sizes_2, colors=colors, explode=explode, labels=labels, autopct='%1.1f%%', shadow=False, startangle=75)
axs[1].set(title='2124-2174')
axs[1].axis('equal')

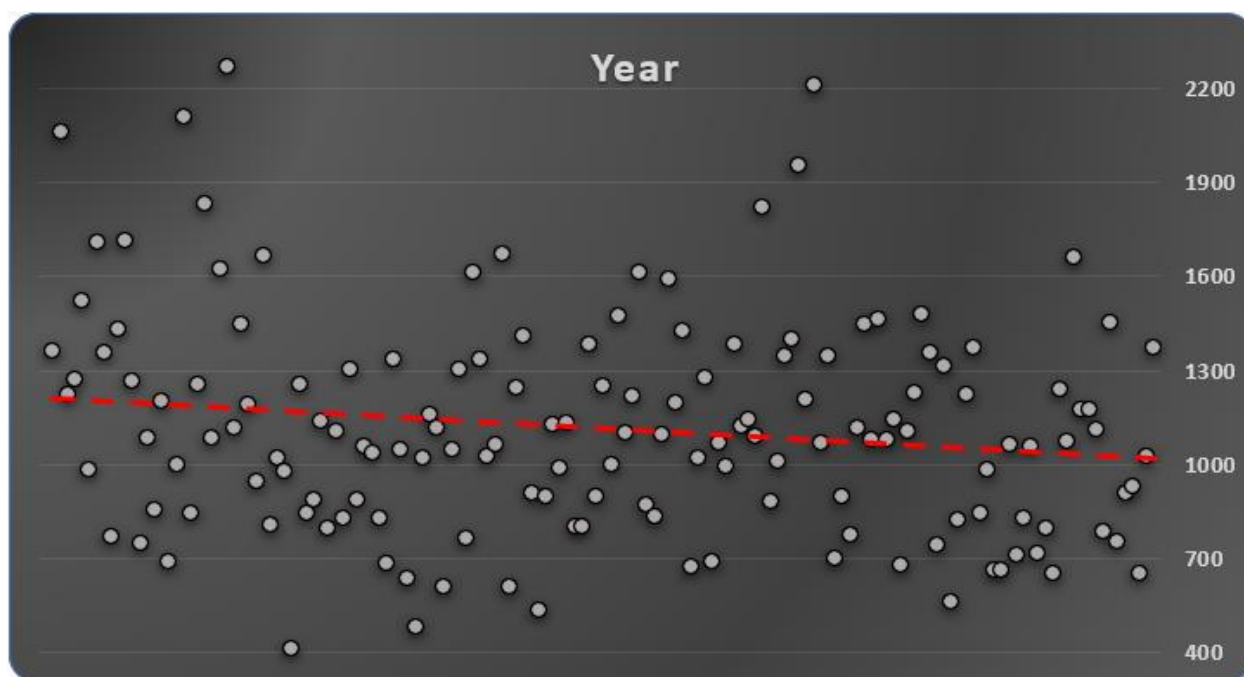
plt.show()
#fig.savefig('BRISBANE_pie_pred_pessi.png', dpi=600, bbox_inches="tight")
```



Суммируя результаты полученные от анализа круговых диаграмм с предсказательной частью и гистограмм с визуализацией прошедшего периода, можно сделать довольно точный прогноз: Брисбен в ближайший век ожидает гораздо более тяжёлая ситуация с осадками, будет наблюдаться перекоп в сторону "неравномерности" их выпадения, большая часть года будет проходить без дождей и город ожидает в эти периоды нехватка пресной воды, а вероятность наводнений будет оставаться на прежнем уровне или даже расти (данных по этой части недостаточно, к тому же город, кроме двух существующих дамб, может создать ещё некую систему защиты от наводнений, которая будет эффективно с ними бороться).

## Выводы и заключение

При анализе полученных результатов были выявлены сезонность изменений и тренд. Причём сезонность ярче всего выражена в зимний период, именно зимой происходит явное уменьшение количества осадков и на это время года в будущем придутся самые засушливые дни года.



Тренд к снижению объёма выпадающих осадков наблюдается во все сезоны исследуемого периода с 1869 по 2021 год и только в весенний период – с сентября по ноябрь, снижение объёма незначительно. В остальные времена года тренд к снижению виден невооружённым взглядом. Годовой тренд суммирует все минусы сезонов и устремляется вниз ещё заметнее. Вероятно, он будет ещё и усиливаться с появлением новых факторов или увеличением влияния на климат уже существующих проблем.

Из анализа медианных и годовых значений объёма осадков можно сделать вывод, что в последние 50 лет происходит значительное уменьшение объёма осадков и усиление неравномерности их выпадения. Динамика климата в странах с высокой плотностью населения и расположенных в окружении других государств должна быть ещё значительнее. И хотя точную корреляцию между внедрением каких-либо технических устройств или машин практически невозможно провести, в основном из-за растянутого по годам увеличения их количества, можно предположить, что ускорение климатических изменений конца 20-го и начала 21-го века связано с крупнейшими за историю человечества технологическими изменениями как в жизни отдельных людей, так и целых стран. Рост населения и «сверхпотребление» как нечто нормальное также расшатывают хрупкое равновесие на нашей планете. И даже такой далёкий и изолированный уголок планеты как Брисбен в Австралии, в ближайшие 100 лет может пережить череду всё более сильных штормов и наводнений в летние периоды, а 230-280 дней в году выживать без дождей. Вся планета — это огромная и взаимосвязанная система, где разрушение природы в одной стране может привести к негативным последствиям за тысячи километров от неё. Конечно, прогнозирование погоды - одна из сложнейших тематик для предсказаний, так как факторы, которые могут повлиять на неё даже в ближайшие 50 лет, просто невозможно рассчитать и предсказать. Но ясно одно – сейчас на планете происходят значительные изменения климата, которые вызваны различными технологическими макрофакторами. Человечеству необходимо учиться жить в новом мире и быть готовым к изменениям, которые случатся уже в 21-м веке.