

ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЖИМА ЗИМНИХ ОСАДКОВ НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Рыбак Елена Алексеевна

к.ф.-м.н., старший научный сотрудник
ФГБУН «ФИЦ «Субтропический научный центр РАН», Сочи
elena.rybak@gmail.com

Аннотация. Результаты многолетних инструментальных измерений характеристик атмосферы на метеостанциях дают наиболее объективный материал для анализа их динамики на Черноморском побережье Краснодарского края (от Анапы до Сочи). В качестве климатических переменных взяты суммы атмосферных осадков, рассчитаны их аномалии от нормы 1961–1990 гг. Основное внимание уделено годовым и зимним суммам осадков. Своевременный мониторинг современного состояния количества атмосферных осадков на побережье является необходимым и обязательным условием устойчивого развития.

Ключевые слова: аномалии, годовые и зимние осадки, индексы, климатическая норма, Черноморское побережье.

Из климатических характеристик, влияющих на проявление опасных природных процессов, наиболее важными являются приземная температура воздуха и суммы атмосферных осадков. Атмосферные осадки являются основным источником увлажнения суши. В условиях современного изменения климата знание об их количестве весьма актуально. Конкретная метеорологическая обстановка может послужить причиной проявления неблагоприятных паводков, оползней, селей, засух и т. п. Сложный рельеф и особенные характеристики климата во многом определяют пространственное распространение природных процессов, наносящих ущерб хозяйственной деятельности населения юга России. Кроме того, атмосферные осадки играют немаловажную (если не основную) роль в процессе возобновления запасов пресных вод.

Материалы и методы. Результаты многолетних инструментальных измерений характеристик атмосферы на метеорологических станциях – наиболее объективный материал для анализа их динамики в изучаемом регионе. Для проведения настоящего исследования использовались данные инструментальных измерений на репрезентативных метеостанциях, расположенных на Черноморском побережье (это порядка 450 км) Краснодарского края (табл. 1).

Длина анализируемых рядов обусловлена наличием параллельных наблюдений без пропусков на всех станциях побережья. С середины 60-х годов прошлого века методика измерения осадков не изменялась, и ряды сумм осадков можно считать однородными (Булыгина и др., 2022). С 2022 года были введены новые климатические нормы, поэтому анализируемый ряд заканчивается 2021 годом.

Локализация анализируемых точек

| № | Пункт наблюдения | Координаты (N, E) | | Высота н.у.м. | Анализируемый период |
|---|------------------|-------------------|-------|---------------|----------------------|
| 1 | Сочи | 43,58 | 39,77 | 132 | 1960–2021 |
| 2 | Туапсе | 44,10 | 39,07 | 62 | 1960–2021 |
| 3 | Анапа | 44,88 | 37,28 | 32 | 1960–2021 |

Климат от Анапы до Туапсе определяется как типичный средиземноморский, который является разновидностью субтропического климата с жарким, сухим летом и мягкой дождливой зимой. На территории Туапсе климат переходный от сухого средиземноморского на северо-западе к влажному субтропическому на юге-востоке. Южнее Туапсе, согласно классификации Л.С. Берга – влажный субтропический климат (Ткаченко и др., 2015).

Начиная с середины XX века над континентами наблюдается тенденция к увеличению общего количества годовой суммы на 1–2%/100 лет (Бардин и др., 2020; Алешина и др., 2022). Тренды были отмечены в основном для высоких и средних широт, а в тропиках – уменьшение осадков. В среднем по территории России увеличение количества осадков наблюдается на интервале 1976–2021 гг. как для годовых сумм (Доклад об особенностях..., 2023), так и для сумм осадков в отдельные календарные сезоны.

Однако на побережье тренды осадков, как за весь период, так и с 1976 года (1976 год выбран условно в качестве начала современного потепления в соответствии с ходом глобальной температуры (Доклад об особенностях..., 2022) статистически незначимы (рис. 1). Тренды были оценены с помощью программ, описанных в (Привальский, 1985).

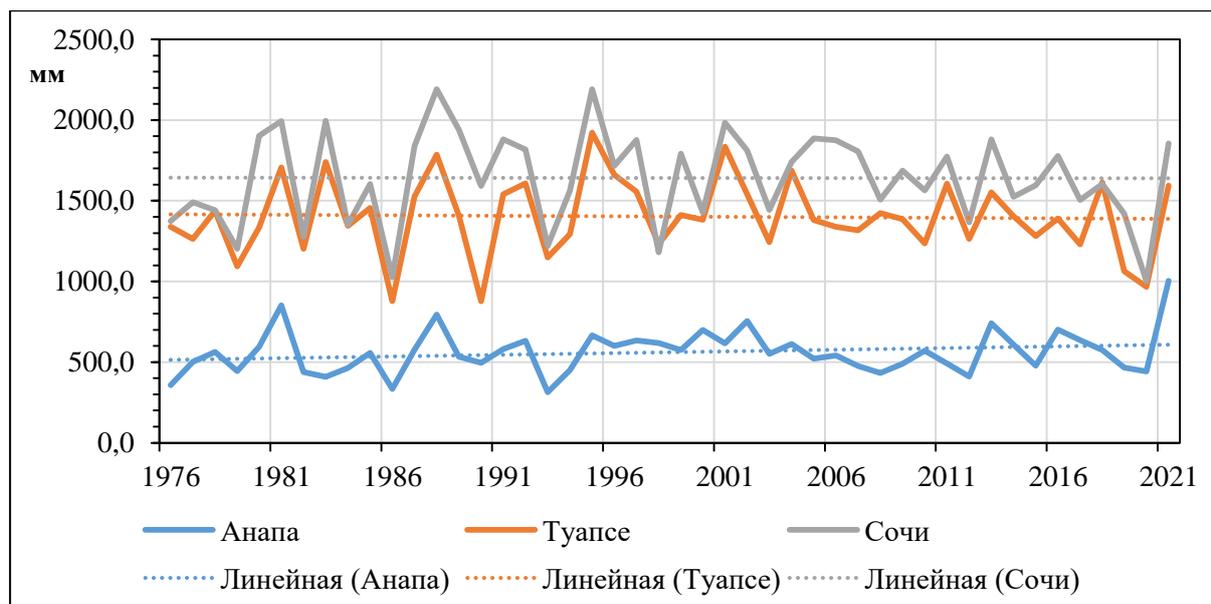


Рисунок 1 – Распределение годовых сумм атмосферных осадков на Черноморском побережье Краснодарского края с 1976 по 2021 гг.

Географическое положение, орография – сочетание гор, долин, близость теплого Черного моря, все это оказывает существенное влияние на характер атмосферной циркуляции, обеспечивающей осадки (климатическая норма: от 517 мм в Анапе до 1571,2 мм в Сочи).

На всем побережье наблюдается практически синхронное изменение годовых сумм осадков. Наибольшая межгодовая изменчивость годовых сумм атмосферных осадков отмечена в районе Туапсе. Для определения степени изменчивости сумм атмосферных осадков по отношению к среднему (в нашем случае, к климатической норме) был использован коэффициент вариации (отношение стандартного отклонения σ к среднему μ). Известно, что: если коэффициент вариации меньше 10%, то степень рассеивания данных считается незначительной; если от 10% до 20% – средней; больше 20% и меньше или равно 33% – значительной. Наши исследования рядов годовых и зимних сумм атмосферных осадков показали, что для годовых сумм осадков значительное отклонение от климатической нормы наблюдается в районе Анапы (0,24); южнее – менее 0,20. Для зимних осадков коэффициент вариации увеличивается и составляет более 0,25 (максимум в Анапе – 0,30). По всей видимости, это связано с орографией и преобладающими ветрами в зимний период.

Число дней с жидкими осадками составляет в среднем 157 (43%); со снегом –19 (5%). Отметим, что на всем побережье наблюдается сокращение дней с жидкими осадками и дней со снегом.

Отклонение от климатической нормы за весь период исследований составляет менее 10 мм для Анапы и Туапсе и менее 50 мм для Сочи. Основное количество осадков в холодное время года приносят юго-западные потоки влажного теплого воздуха со Средиземного и Черного моря. Встречаясь с Кавказским хребтом, такой поток большую часть влаги оставляет на наветренных склонах гор, притом тем больше, чем больше высота орографического препятствия, которое преодолевает поток.

На побережье зимние осадки составляют в среднем 30–32% от средней годовой суммы осадков. Как показывает анализ индексов, приведенный ниже, в самое сухое десятилетие доля зимних осадков снижалась до 25–29% (сильнее всего в Анапе).

На рисунке 2 представлено распределение зимних осадков на побережье с 1960 по 2021 год. Здесь также наблюдается практически синхронный ход.

Относительные характеристики динамики временных рядов позволяют сравнивать развитие различных территорий, например, регионов с различными типами климатов, т.к. абсолютные характеристики исследуемых объектов различны. Для этого воспользуемся методикой введения индексов, описанной (Корчагина, 2016; Рыбак, 2023).

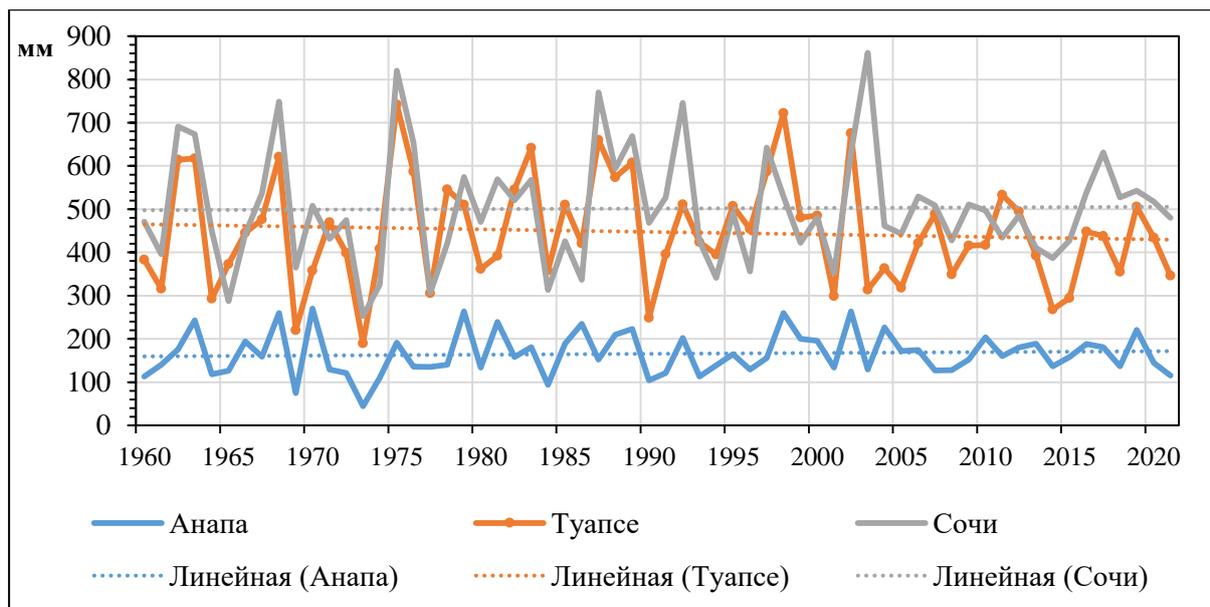


Рисунок 2 – Распределение зимних осадков на Черноморском побережье Краснодарского края с 1960 по 2021 гг.

Индексы позволяют оценить изменение исследуемого параметра (в нашем случае атмосферных осадков) по отношению к климатической норме. Индексы определяются следующим образом:

$$X = \frac{\bar{X}_{jk}}{\bar{X}_{Nk}},$$

где X – метеопараметр (p – осадки); \bar{X}_{jk} – среднее за j -ое десятилетие значение метеопараметра за k -ый сезон; \bar{X}_{Nk} – климатическая норма за k -ый сезон; j принимает значения из множества (1961–1970; 1971–1980; 1981–1990; 1991–2000; 2001–2010; 2011–2021); $k \in$ (год; зима).

Индексы годовых и зимних сумм атмосферных осадков p на Черноморском побережье Краснодарского края России представлены в таблице 2.

На побережье самым сухим десятилетием оказалось 1971–1980 гг., как для зимних, так и для годовых сумм (табл. 2, рис. 3). С 1981 года в три последующих десятилетия наблюдалось незначительное превышение годовых сумм осадков по сравнению с климатической нормой (3–12%). В Анапе эта тенденция сохранилась и в дальнейшем.

В то же время некоторые исследователи указывают на то, что количество осадков с 1991–2010 гг. претерпевает уменьшение, причем «...в большей степени это отражается на Причерноморском регионе и свидетельствует об уменьшении влагозапаса в почве и уровне воды в водоемах» (Данова, Касанджик, 2013). Это хорошо согласуется с тем фактом, что распределение сухих и влажных десятилетий по сезонам на побережье весьма неравномерно. К примеру, в районе

Туапсе с 2001 года зимы были очень «сухими» – относительные аномалии осадков составили 14 и 13% соответственно.

Таблица 2

Индексы годовых и зимних сумм атмосферных осадков p на Черноморском побережье Краснодарского края России

| Сезон | Год | | | Зима | | |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | г. Сочи | г. Туапсе | г. Анапа | г. Сочи | г. Туапсе | г. Анапа |
| 1961–1970 | 0,93 | 0,98 | 1,06 | 1,02 | 0,92 | 1,07 |
| 1971–1980 | 0,99 | 0,97 | 0,88 | 0,94 | 0,96 | 0,85 |
| 1981–1990 | 1,06 | 1,00 | 1,05 | 1,04 | 1,05 | 1,08 |
| 1991–2000 | 1,07 | 1,07 | 1,12 | 0,99 | 1,06 | 1,02 |
| 2001–2010 | 1,13 | 1,03 | 1,08 | 1,04 | 0,86 | 1,04 |
| 2011–2021 | 0,99 | 0,98 | 1,15 | 0,97 | 0,87 | 1,00 |

Примечание:

Жирным шрифтом выделена среднедекадная сумма осадков меньше климатической нормы.

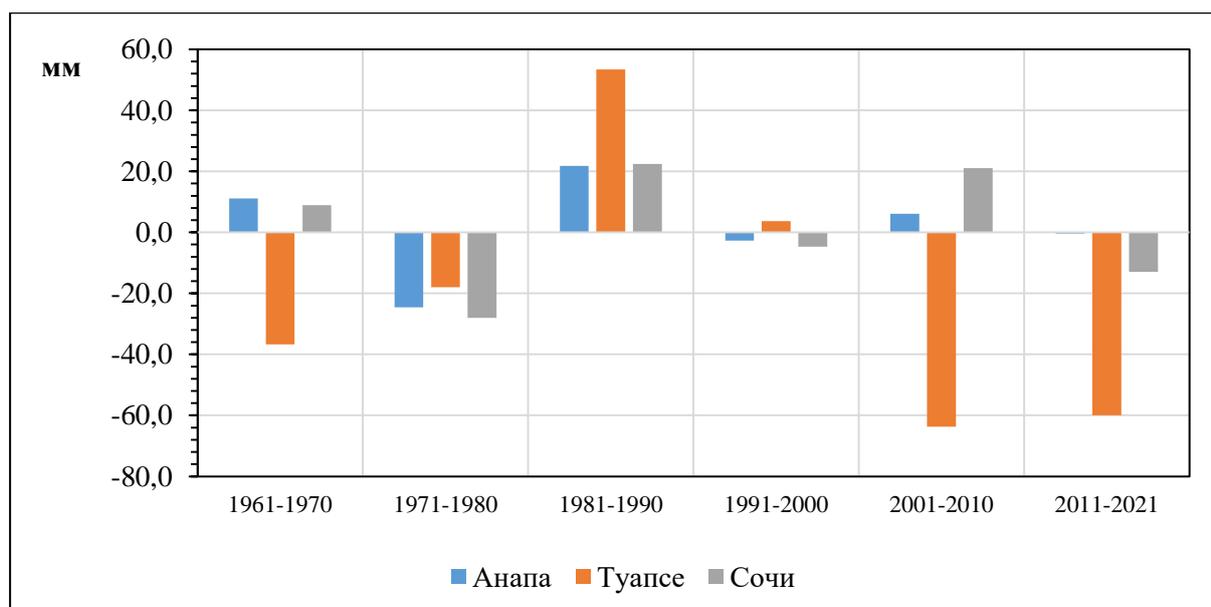


Рисунок 3 – Аномалии среднедекадных сумм зимних осадков на Черноморском побережье Краснодарского края

Таким образом, в результате выполненных исследований можно сделать краткие выводы:

- на Черноморском побережье Краснодарского края тренды годовых и зимних сумм осадков статистически незначимы;
- на всем побережье наблюдается практически синхронное изменение годовых и зимних сумм осадков. Наибольшая межгодовая изменчивость годовых сумм атмосферных осадков отмечена в районе Туапсе.

- на побережье зимние осадки составляют в среднем 30–32% от средней годовой суммы осадков;
- самым сухим десятилетием оказалось 1971–1980 гг., как для зимних, так и для годовых сумм;
- с 1981 года в три последующих десятилетия наблюдалось незначительное превышение годовых сумм осадков по сравнению с климатической нормой (3–12%). В Анапе эта тенденция сохранилась и в дальнейшем.

Публикация подготовлена в рамках реализации государственного задания ФИЦ СНЦ РАН FGRW-2021-0015, № госрегистрации 122032300363-3»

Список использованных источников

Алешина М.А., Семенов В.А. Изменение характеристик осадков на территории России в XX–XXI вв. по данным ансамбля моделей CMIP6 // *Фундаментальная и прикладная климатология*. Т. 8. № 4. 2022. С. 424–440. doi: 10.21513/2410-8758-2022-4-424-440.

Бардин М.Ю., Ранькова Э.Я., Платова Т.В., Самохина О.Ф., Корнева И.А. Современные изменения приземного климата по результатам регулярного мониторинга // *Метеорология и гидрология*. № 5. 2020. С. 29–45.

Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Коршунова Н.Н., Швец Н.В. Описание массива данных месячных сумм осадков на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620394 URL: <http://meteo.ru/data/158-total-precipitation#описание-массива-данных> (дата обращения: 2022-08-12).

Данова Т.Е., Касанджик Т.Л. Оценка современной изменчивости повторяемости и количества осадков статистическими методами // *Научные ведомости. Серия Естественные науки*. № 7(160). Вып. 24. 2013. С. 155–162.

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2022 год. Москва, 2023. 104 с.

Корчагина Е.А. Исследование динамики приземной температуры воздуха и сезонных сумм осадков в Приэльбрусье (середина XX – начало XXI века) // *Грозненский естественнонаучный бюллетень*. № 4(4). 2016. С. 34–40.

Привальский В.Е. Климатическая изменчивость (стохастические модели, предсказуемость, спектры). М.: Наука, 1985. 183 с.

Рыбак Е.А. Исследование режима осадков на Черноморском побережье Краснодарского края // *Системы контроля окружающей среды*. № 1(51). 2023. С. 38–45.

Ткаченко Ю.Ю., Денисов В.И. Особенности климата прибрежной зоны северо-восточной части Черного моря. Ростов-на-Дону: ЮФУ. 2015. 84 с.