

УДК 913 (477.75):551.583.2

АНАЛИЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ РЯДОВ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Парубец О. В.

*Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь,
yarkaya2006@mail.ru*

Произведен анализ среднегодовых температур воздуха и среднегодовых сумм атмосферных осадков по пяти метеорологическим пунктам на полуострове более чем за 100 лет. В работе использованы метод линейной регрессии, метод скользящей средней и метод аппроксимации. Выявлена цикличность и произведен прогноз временных рядов рассматриваемых метеопоказателей.

Ключевые слова: среднегодовая температура, среднегодовое количество осадков, линейный тренд, скользящая средняя, полиномиальная кривая.

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос изменения климата в настоящее время является достаточно актуальным. Данные Всемирной метеорологической организации говорят об аномально быстром росте среднегодовой температуры в последние десятилетия. За всю историю прямых инструментальных наблюдений никогда не было столь длительного и сильного потепления. Этот факт признан учеными как совершенно достоверный [1].

В последние 15–20 лет произошли наиболее интенсивные перемены. Эмпирические данные показывают, что с конца XIX столетия до 1930-х годов средняя температура Северного полушария повышалась, особенно в высоких широтах. В конце 1930-х годов началось понижение температуры, которое также было наиболее значительным в Арктике. Изменение температуры в холодное время года было заметно больше, чем в теплое. Считалось, что в ближайшие годы понижение температуры будет продолжаться. Однако в середине 1960-х годов и, особенно, начиная с зимы 1970–1971 гг., ранее преобладавшая тенденция к падению температуры сменилась тенденцией к потеплению (рис. 1).

В середине 1970-х годов в России и за рубежом резко возросло число публикаций по проблемам глобального потепления и его экологических и социально-экономических последствий [2].

Потепление климата охватило как Северное, так и Южное полушарие. Северное полушарие прогрелось сильнее Южного. В Южном полушарии, как и в Северном, наблюдались два заметных потепления. Температура повышалась вплоть до начала 40-х годов XX века, затем наблюдалось некоторое снижение глобальной температуры. С конца 60-х годов началось увеличение температуры, которое продолжается до сих пор. Наиболее теплыми были 1997 и 1998 годы.

Причины таких изменений климата остаются неизвестными. Среди основных внешних воздействий: изменения орбиты Земли (циклы Миланковича), влияние солнечной активности (в том числе и изменение солнечной постоянной),

вулканические выбросы и антропогенный фактор. Тенденция потепления проявляется также и в Крыму.

В связи с этим большой интерес представляет анализ временных рядов данных, характеризующих режимы температуры воздуха и количества осадков в приземном слое атмосферы.

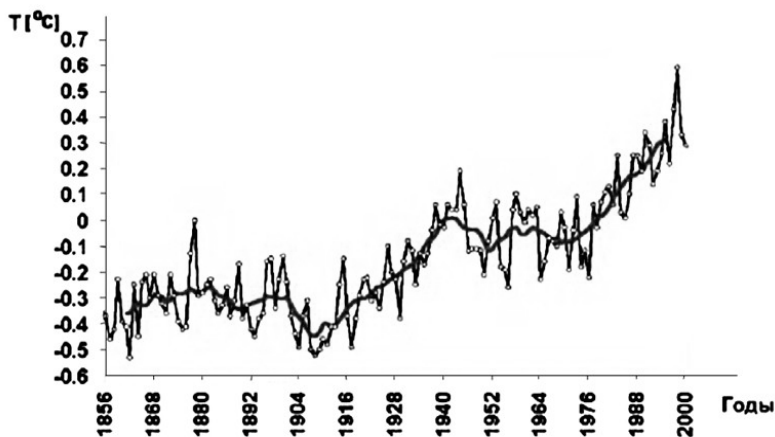


Рис. 1. Аномалии глобальной температуры воздуха [2]

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для проведения анализа послужили временные ряды среднегодовых температур воздуха по данным метеостанций на территории заповедника Карадаг, в г. Симферополе и в г. Евпатории и среднегодовых сумм осадков по метеостанциям на горе Ай-Петри, в г. Симферополе и в г. Судаче [3, 4]. Отчетливо видна общая синхронность изменения осадков во времени на этих станциях, находящихся в разных природных зонах и орографических условиях. Для большей доказательности этой синхронности были построены графики связи среднегодовых температур по Симферополю и Евпатории, Карадагу и Евпатории, Карадагу и Симферополю (рис. 2), а также среднегодовых сумм атмосферных осадков по Симферополю и Судачу, Ай-Петри и Судачу, Ай-Петри и Симферополю (рис. 3).

Таким образом, можно утверждать, что на всей территории Крыма изменение атмосферных осадков идет единообразно, что, в общем, не удивительно, учитывая единство циркуляционных процессов на территории в сотни и даже первые тысячи километров. Эта закономерность позволяет использовать для построения графиков данные по любым пунктам: речь идет просто о тенденции, и не имеет значение характер изменения осадков по пространству.

Для построения трендов температуры воздуха и количества осадков был использован метод линейной регрессии. Прямая линия, называемая линией регрессии, вычисляется с помощью метода наименьших квадратов. Линия регрессии

характеризуется тем, что сумма квадратов расстояний от точек до линии минимальна, она дает наилучшее приближенное описание линейной зависимости между двумя переменными [5].

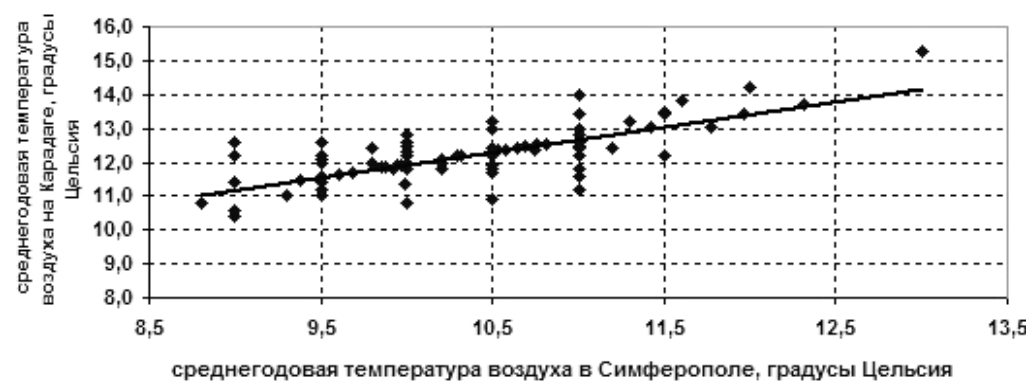
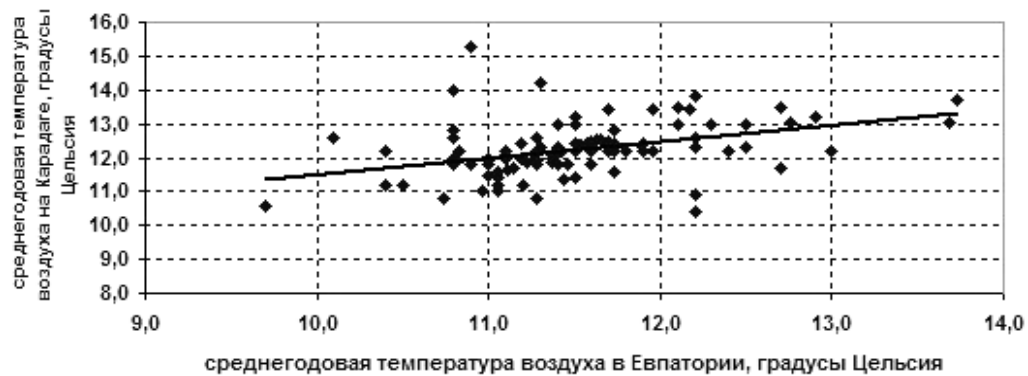


Рис. 2. Связь среднегодовых температур по Симферополю и Евпатории, Карадагу и Евпатории, Карадагу и Симферополю

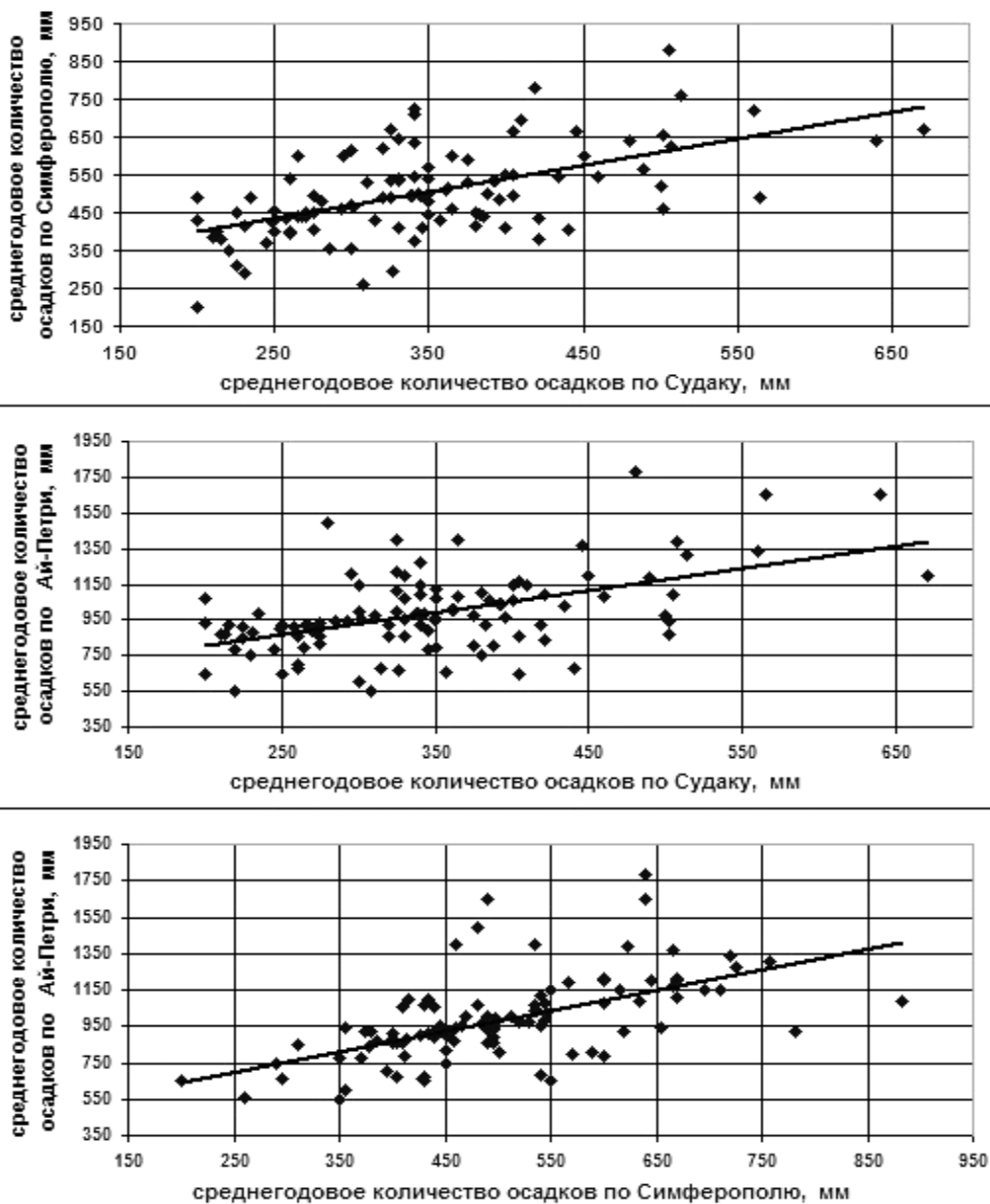


Рис. 3. Связь среднегодовых сумм атмосферных осадков по Симферополю и Судаку, Ай-Петри и Судаку, Ай-Петри и Симферополю

В работе также использован метод скользящей средней. Данный метод применяется для характеристики тенденции развития исследуемой статистической совокупности и основан на расчете средних уровней ряда за определенный период. С помощью метода скользящей средней можно выявить циклические колебания.

Рассчитывается средний уровень из определенного числа первых по порядку уровней ряда (как правило, пяти, семи и так далее), далее – средний уровень из такого же числа уровней, начиная со второго, затем – начиная с третьего и так далее [6].

Также применены аппроксимирующие функции с полиномом шестой степени на основе метода наименьших квадратов. Таким образом, можно получить удовлетворительный прогноз относительно динамики рассматриваемых метеопказателей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 4 изображены тренды среднегодовой температуры воздуха. За 110 лет среднегодовая температура в целом увеличилась на Карадаге на $0,5^{\circ}\text{C}$, в Симферополе – на $0,7^{\circ}\text{C}$, в Евпатории – на $0,6^{\circ}\text{C}$.

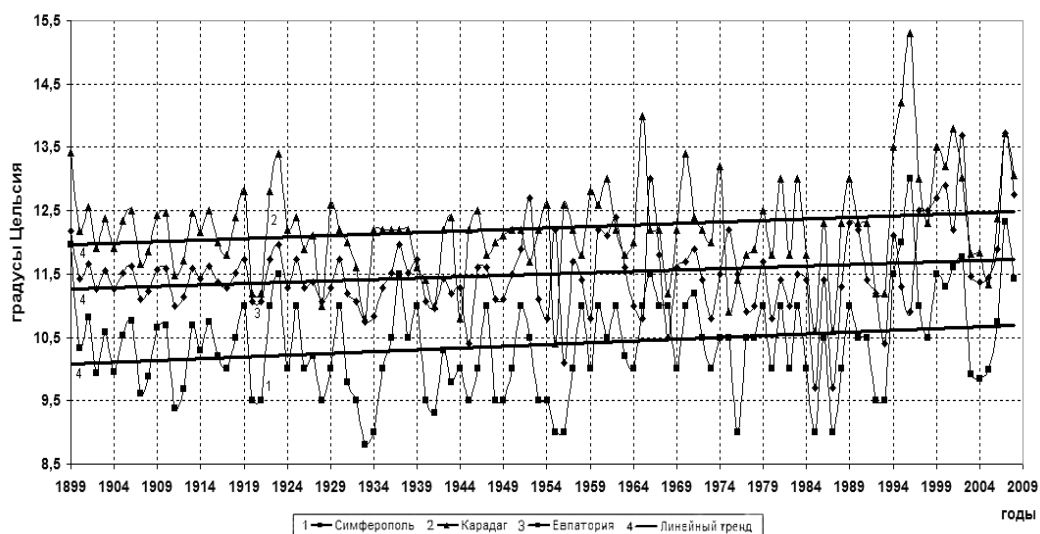


Рис. 4. Изменение среднегодовых температур по Симферополю, Карадагу и Евпатории [3, 4]

Кривые сглаживания рядов среднегодовых температурных показателей с 7- и 11-летними периодами по Симферополю, Карадагу и Евпатории представлены на рисунках 5 и 6.

Кривая сглаживания рядов среднегодовых температур с 7-летним периодом по Симферополю показывает 30-летний цикл, по Евпатории – 37-летний цикл. Максимумы кривой сглаживания с 11-летним временным периодом по Карадагу и Евпатории выявляют в среднем 35-летний цикл. Хорошо видны максимумы. Возможно это цикл Брикнера [7]. Брикнеров цикл – это многолетнее колебание климата, выражающееся в переходе от холодных и влажных лет к теплым и сухим на протяжении в среднем 35-летнего периода.

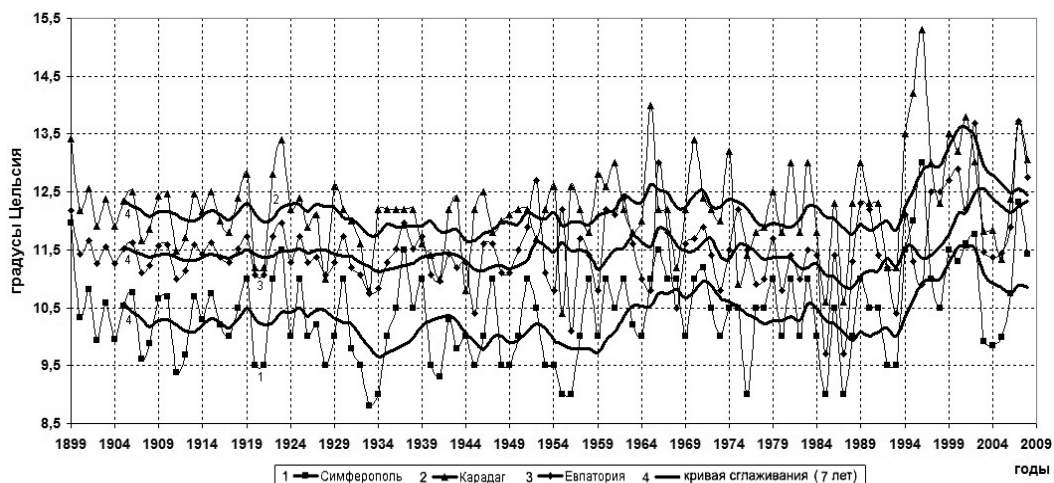


Рис. 5. Кривые сглаживания рядов среднегодовых температурных показателей по Симферополю, Карадагу и Евпатории с 7-летним временным периодом [3, 4]

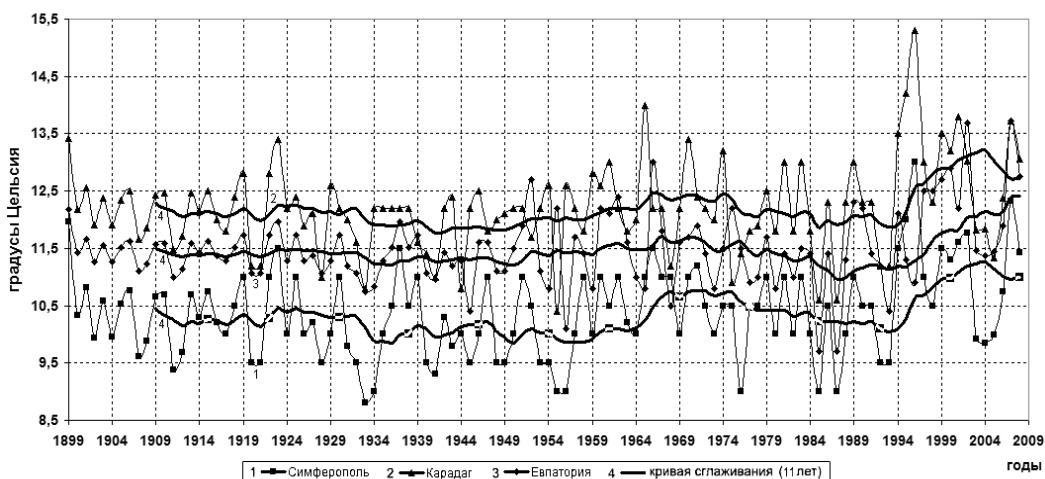


Рис. 6. Кривые сглаживания рядов среднегодовых температурных показателей по Симферополю, Карадагу и Евпатории с 11-летним временным периодом [3, 4]

С целью прогнозирования рассматриваемого климатического показателя были построены полиномиальные кривые (рис. 7). Максимумы и минимумы среднегодовых температур повторяются примерно через 50–55 лет. Максимумы по Карадагу: 1899, 1954, 2003; минимумы по Карадагу: 1927, 1980. Максимумы по Евпатории: 1902, 1955, 2007; минимумы по Евпатории: 1926, 1983. Максимумы и минимумы полинома по Симферополю выражены недостаточно четко.

Исходя из траектории полиномиальных кривых, предполагаем, что среднегодовая температура воздуха в ближайшие годы в Симферополе и Евпатории будет увеличиваться, а на Карадаге – незначительно уменьшаться.

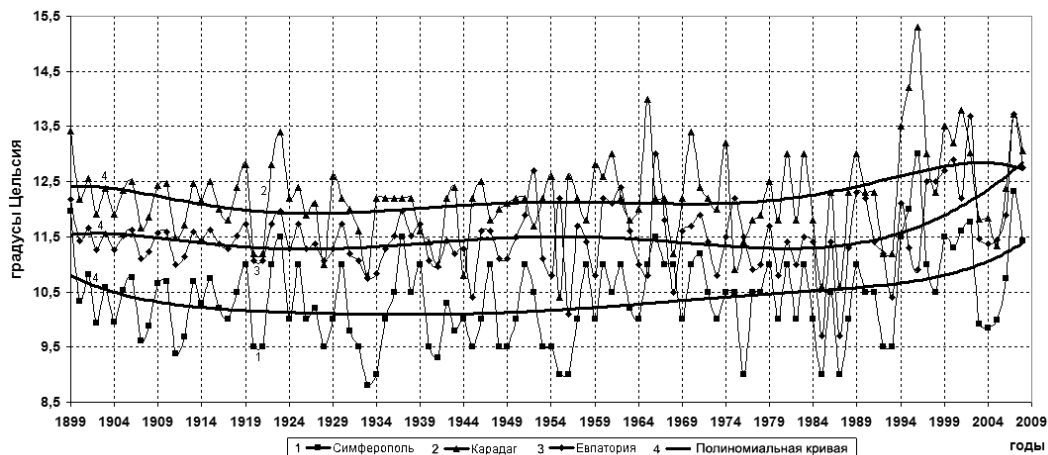


Рис. 7. Полиномиальные кривые среднегодовых температур воздуха по Симферополю, Карадагу и Евпатории [3, 4]

Кроме анализа температуры воздуха, был произведен также анализ и для количества атмосферных осадков, выпавших на Карадаге, в Симферополе и в Евпатории.

Так же, как и в случае со среднегодовой температурой, для среднегодового количества осадков по Ай-Петри, Симферополю и Судаку установлены положительные тренды (рис. 8). За 110 лет в целом рассматриваемый показатель увеличился по Ай-Петри на 45 мм, по Симферополю – на 60 мм и по Судаку – на 125 мм.

Результаты сглаживания рядов с 7- и 11-летними периодами по Ай-Петри, Симферополю и Судаку представлены на рисунках 9 и 10.

При анализе циклических колебаний среднегодового количества атмосферных осадков, были отмечены максимумы и минимумы на графиках сглаженных кривых.

Кривая сглаженных рядов с 7-летним временным интервалом по Симферополю показывает в среднем 23-летний цикл, по Судаку – 36-летний цикл. Наконец, кривая сглаженных рядов с временным интервалом в 11 лет по Судаку и Симферополю в среднем выделяет 16,5-летний цикл.

В многолетнем ходе среднегодовых показателей количества атмосферных осадков, сглаженных путем скользящего осреднения, хорошо заметен циклический характер их изменения. Трудно указать на то, что является причиной проявления именно такой цикличности.

Природу 9–12, 14–20, 22–28, 30–50, 100–80-летних циклов, как правило, связывают с изменением солнечной активности [8]. Возможно, 30-, 35- и 37-летние

циклы, выявленные в ходе среднегодовых температур воздуха, а также 16,5-, 23- и 36-летние циклы, выявленные в ходе среднегодовых сумм атмосферных осадков, являются следствием таких влияний Солнца.

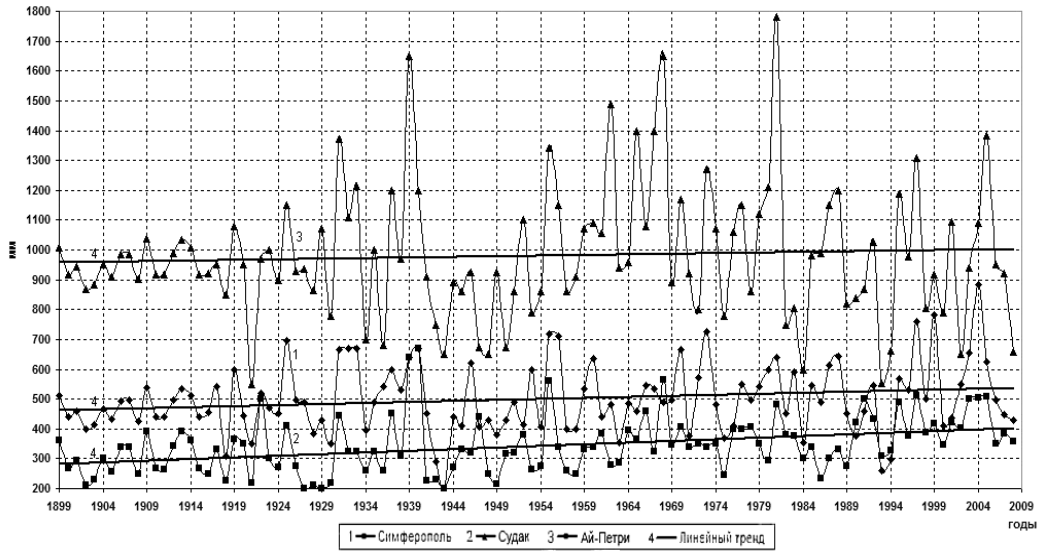


Рис. 8. Изменение среднегодового количества осадков по Симферополю, Судаку и Ай-Петри [3, 4]

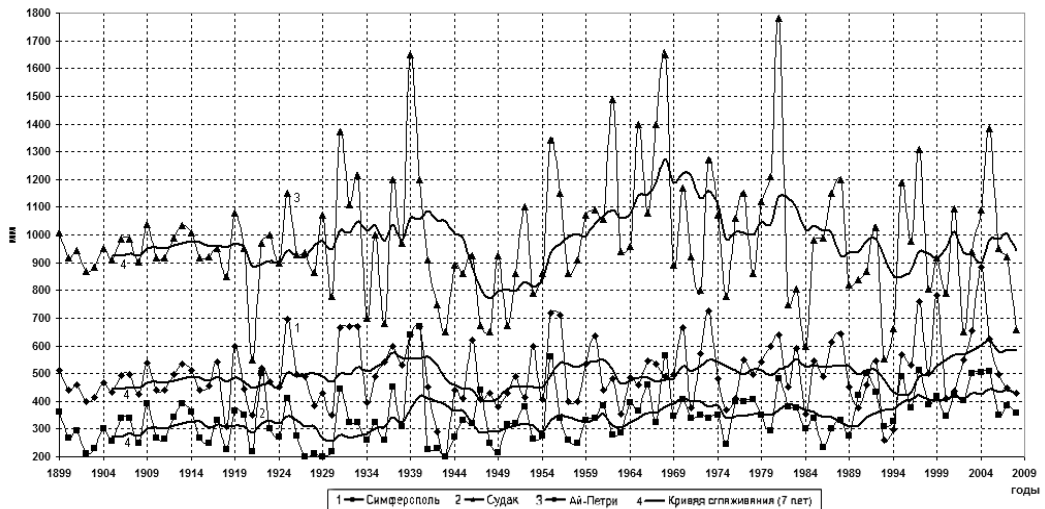


Рис. 9. Кривые сглаживания рядов среднегодового количества осадков по Симферополю, Судаку и Ай-Петри с временным периодом в 7 лет [3, 4]

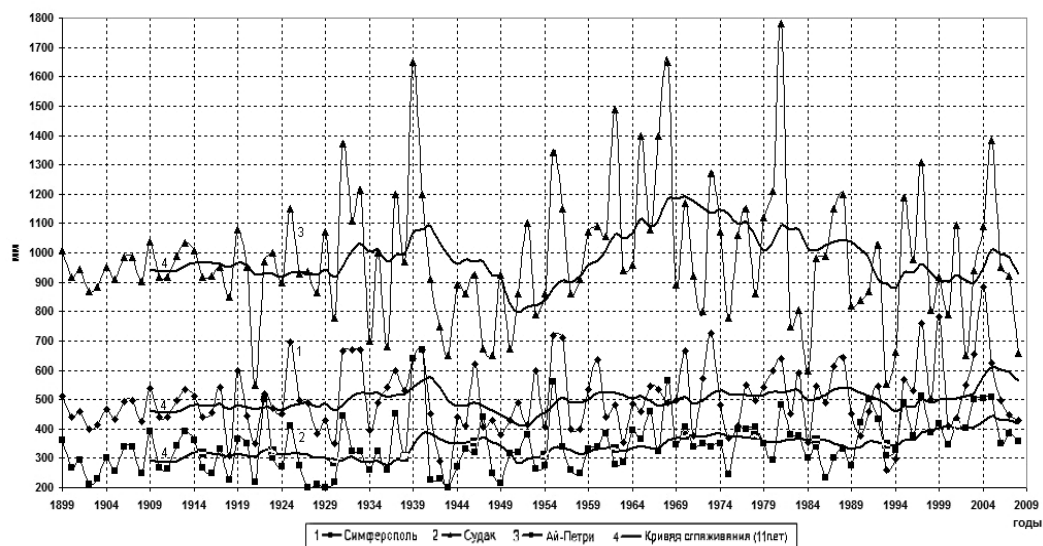


Рис. 10. Кривые сглаживания рядов среднегодового количества осадков по Ай-Петри, Симферополю и Судаку с временным периодом в 11 лет [3, 4]

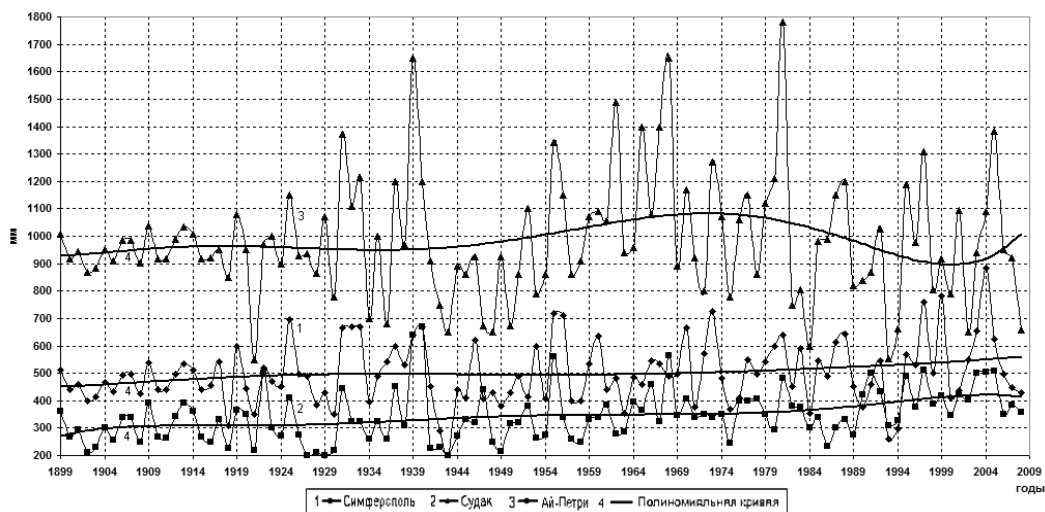


Рис. 11. Полиномиальные кривые среднегодового количества осадков по Симферополю, Судаку и Ай-Петри [3, 4]

С целью прогнозирования среднегодового количества осадков были построены полиномиальные кривые (рис. 11). Анализируя минимумы и максимумы полиномиальной кривой по Ай-Петри, выяснили, что максимумы среднегодового количества осадков повторяются примерно через 54 года (1918, 1972); а

минимумы – через 66 лет (1934, 2000). Максимумы и минимумы полиномиальной зависимости по Симферополю и Судаку выражены нечетко.

Исходя из траектории полиномиальных кривых, предполагаем, что среднегодовое количество осадков в ближайшие годы на Ай-Петри будет значительно увеличиваться. Для Симферополя наблюдается тенденция к небольшому увеличению, для Судака – к незначительному уменьшению осадков в ближайшие годы.

ВЫВОДЫ

1. С 90-х годов наблюдается значительный рост температуры воздуха и количества атмосферных осадков.

2. Выявлена цикличность температуры воздуха – 30-, 35- и 37-летние циклы, цикличность количества атмосферных осадков – 16,5-, 23- и 36-летние циклы. В целом, цикличность количества атмосферных осадков выражена лучше, чем цикличность температурных показателей.

4. Исходя из хода полиномиальных кривых, среднегодовая температура воздуха в ближайшие годы на Карадаге будет уменьшаться, в Симферополе и Евпатории – увеличиваться, а среднегодовое количество атмосферных осадков на Ай-Петри, в Симферополе будет расти, в Судаке – незначительно уменьшаться.

5. Рост температуры воздуха и количества атмосферных осадков может способствовать увеличению засушливости, изменению годового стока рек и его сезонному перераспределению, повышению вероятности экстремальных гидрометеорологических условий. Все это может усилить частоту таких физико-географических процессов, как осыпи, оползни, сели, паводки, заморозки, засухи и другие.

Список литературы

1. Грицевич И. Г. Энергетическая безопасность и проблема изменения климата / И. Г. Грицевич, А. О. Кокорин. – WWF, 2006. – 32 с.
2. Региональные справочники по климату, ориентированные на особенности социально-экономических факторов регионов [Электронный ресурс]: / ВНИИГМИ – МЦД. Режим доступа: http://meteo.ru/climate/cl_reg.php
3. Ведь И. П. Климатический атлас Крыма / [В. А. Боков, С. А. Ефимов, Ан. В. Ена и др.]. – Симферополь: Таврия-Плюс, 2000. – 120 с.
4. Система обслуживания гидрометеорологической информацией CliWare [Электронный ресурс]: / ВНИИГМИ – МЦД. Режим доступа: <http://cliware.meteo.ru/meteo/index.html>
5. Крамер Г. Математические методы статистики / Г. Крамер. – М.: Мир, 1975. – 648 с.
6. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов / Т. Андерсон. – М.: Мир, 1976. – 235 с.
7. Краткая географическая энциклопедия / [гл. ред. А. А. Григорьев]. – М.: Советская энциклопедия, 1960. – Т. 1. – 564 с.
8. Изменение климата: сб. научн. трудов по материалам междунар. научн.-практ. конф. / М-во образования Рос. Федерации. – М.: Академия, 2007. – 237 с.

Парубець О. В. Аналіз кліматичних рядів Кримського півострова // Екосистеми, їх оптимізація та охорона. Сімферополь: ТНУ, 2009. Вип. 20. С. 154–164.

Розглянуто аналіз середньорічної температури повітря і середньорічної кількості атмосферних опадів за п'ятьма метеорологічними пунктами на півострові більш ніж за 100 років. У роботі використані метод лінійної регресії, метод ковзаючої середньої і метод апроксимації. Виявлена циклічність і вироблений прогноз тимчасових рядів даних метеопказників.

Ключові слова: середньорічна температура, середньорічна кількість опадів, лінійний тренд, ковзаюча середня, поліноміальна крива.

Parubets O. V. The analysis of climatic numbers of Crimean peninsula // Optimization and Protection of Ecosystems. Simferopol: TNU, 2009. Iss. 20. P. 154–164.

The analysis of air mid-annual temperature and mid-annual quantity of the atmospheric precipitation in five meteorological points on peninsula more than for 100 years was made. In work the method of linear regress, a method of sliding average and an approximation method were used. Recurrence was revealed and the forecast of considered meteoindicators was made.

Key words: mid-annual temperature, mid-annual quantity of precipitation, linear trend, sliding average, polynomial curve.

Поступила в редакцію 15.12.2009 г.