

УДК:551.50.551.582.1

Е.Н. Вилесов*, В.С. Чередниченко,
В. Алексей Чередниченко, В. Александр Чередниченко

Научно-исследовательский институт проблем экологии,
Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан, г. Алматы
*E-mail: geliograf@mail.ru

Изменение климата города Алматы за последние 130 лет

Климат является одной из важнейших физико-географических характеристик любого города. В этом аспекте представляет интерес вопрос об изменениях основных величин климата южной столицы и самого крупного города Республики Казахстан – Алматы, за период действия городской метеостанции, т.е. за 130 лет, с 1880 по 2010 г. Особенности климатического режима города обусловлены, прежде всего, его географическим положением.

Ключевые слова: период, циклические колебания, гармоника, гармонический анализ полином, континентальность климата, амплитуда, изменение температуры.

Е.Н. Вилесов, В.С. Чередниченко,
В. Алексей Чередниченко, В. Александр Чередниченко
Соңғы 130 жылдағы Алматы қаласының климатының өзгерісі

Климат кез келген қала үшін маңызды физика-географиялық сипаттамасы болып табылады. Осы мәселеде Қазақстан Республикасының ірі қаласы және оңтүстік астанасы – Алматының қалалық метеостанциясының қызметі кезеңіндегі, яғни 130 жыл, 1880-2010 жж. аралығындағы климаттық өзгерісі ерекше қызығушылық тудырады. Қаланың климаттық режимі оның орналасуымен тікелей байланысты.

Түйін сөздер: кезең, циклдік тербелістер, гармоника, гармониялық анализ, полином, климаттың континенталдығы, амплитуда, температура өзгерісі.

E.N. Vilesov, V. Cherednichenko,
Alexey.V Cherednichenko., Alexandr. V. Cherednichenko
Climate of Almaty city for the last 130 years

The climate is one of the major physiographic features of any city. In this respect, it is interesting to change the basic values of climate south of the capital and the largest city of the Republic of Kazakhstan - Almaty for the period of the city's weather station, ie for 130 years, from 1880 to 2010 Features of the climate regime are due primarily to its geographical position.

Keywords: the period, cyclical fluctuations, harmonics, harmonic analysis polynomial, continental climate, the amplitude of temperature change.

Климат является одной из важнейших физико-географических характеристик любого города. В этом аспекте представляет интерес вопрос об изменениях основных величин климата южной столицы и самого крупного города Респу-

блики Казахстан – Алматы – за период действия городской метеостанции, т.е. за 130 лет, с 1880 по 2010 г.

Особенности климатического режима города обусловлены, прежде всего, его географическим

положением. Алматы раскинулся в предгорьях Заилийского (Илейского) Алатау, самого северного хребта Тянь-Шаня, на высотах 600-2200 м (в среднем - 785 м), с чем связано наличие здесь вертикальной климатической поясности. Станция Алматы, ГМО находится на высоте 847 м. Её координаты: 43°15' с.ш. и 76°54' в.д. Алматы лежит на одной широте с Владивостоком, Сухуми, Софией и Марселем. Площадь города – 340 км², население – 1435 тыс. человек (около 9 % всего населения страны), плотность – 4220 чел/км².

Для характеристики климата южной столицы использованы данные Справочника по климату СССР (1969), Научно-прикладного справочника по климату СССР (1989), Метеорологические ежегодники, монографии «Климат Алма-Аты» (1985) и книги «Климатические условия города Алматы» (2010) [1-3] и др.

Одним из важнейших показателей климата, погоды и состояния приземного слоя атмосферы любой местности, изменчивым во времени и пространстве, является температура воздуха с её разнообразными характеристиками.

Термический режим южной столицы определяется радиационными факторами и влиянием циркуляции атмосферы. Типичным для её климата является материковый режим температуры воздуха, который отличается большой контрастностью и разностью сезонных и межгодовых колебаний, значительной суточной и годовой

амплитудой. Одной из основных характеристик термического режима служат средние месячные температуры воздуха (рис. 1).

Средняя месячная температура – 23,2°C, абсолютная – 43,4°C (31 июля 1983 г.), максимумы приходятся на июль. Годовая амплитуда колебаний месячной температуры составляет 5-7°C

В годовом ходе минимум температуры воздуха наблюдается в январе – -6,7°C, тогда как абсолютный минимум приходится на февраль – -37,7°C (26 февраля 1951 г.). Низкие абсолютные минимумы отмечены и в другие месяцы холодного периода: в ноябре – -34,1°C (1952 г.), в декабре – -31,8°C (1952 г.) и в январе – -36,5°C (1919 г.). Такие понижения температуры часто обусловлены ультраполярными вторжениями холодных масс воздуха из района Карского моря.

Повышение средней многолетней температуры от января к февралю незначительно, 1,5°C, поскольку циркуляционные и радиационные условия этих месяцев близки между собой. От февраля к марту, с увеличением прихода солнечной радиации, отмечается заметное повышение температуры до 6,9°C, а в связи со сменой отрицательного радиационного баланса на положительный в апреле происходит наибольшее в году увеличение температуры на 9,1°C.

В дальнейшем интенсивность нарастания температуры от месяца к месяцу уменьшается, от июля к августу начинается медленный спад

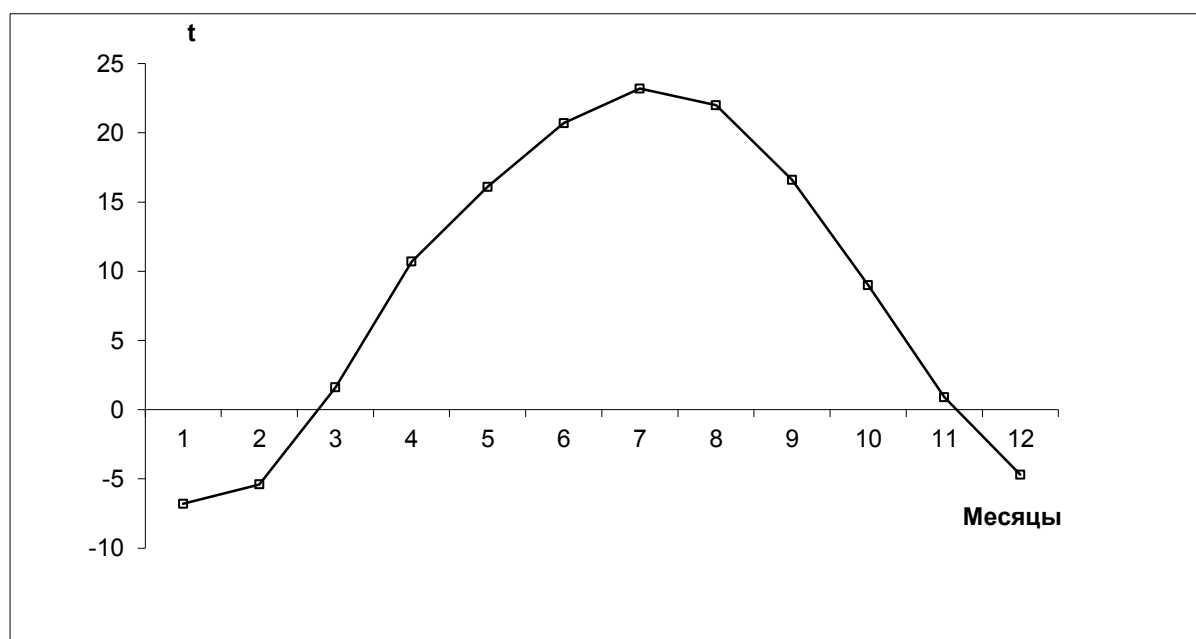


Рисунок 1 – Внутригодовой ход температуры воздуха в Алматы

температуры. Наиболее значительное понижение температуры, вызванное перестройкой циркуляции, наблюдается от октября к ноябрю, $8,1^{\circ}\text{C}$.

Наибольшая межгодовая изменчивость температуры имеет место в холодное время года, а наименьшая – в теплый сезон. В декабре и феврале отклонения средней месячной температуры от нормы достигают, соответственно, 10 и $11,4^{\circ}\text{C}$, а в июне-августе – лишь $3,6-3,8^{\circ}\text{C}$.

Средняя годовая температура в городе положительная, $8,7^{\circ}\text{C}$. Типичный зимний месяц – январь со средней температурой в $-6,7^{\circ}\text{C}$ и абсолютным месячным минимумом $-14,5^{\circ}\text{C}$ (в 1969 г.). Нередки годы, когда самым холодным бывает не январь, а февраль или декабрь (по 1/4 случаев). Величина годовой амплитуды температуры, т.е. разность между температурой самого холодного и самого теплого месяцев составляет $29,9^{\circ}\text{C}$. Абсолютная амплитуда равна $81,1^{\circ}\text{C}$.

Достаточно наглядное представление о многолетнем температурном режиме и его межгодовой изменчивости дают графики хода средних годовых температур воздуха, «нормы» этих температур, вычисленные для десятилетних периодов, а также кумулятивной суммы временного ряда температуры.

Межгодовой ход температуры воздуха за 130 лет (1881-2010 гг.) в Алматы представлен на рис. 2. За весь период минимальная средняя годовая температура составила $5,8^{\circ}\text{C}$ (1898 г.), а максимальная – $11,4^{\circ}\text{C}$ (2006 г.). Среднее многолетнее значение годовой температуры за 130 лет составляет $8,7^{\circ}\text{C}$. Коэффициент вариации всего ряда $cv = 0,12$.

При анализе межгодового хода температуры были рассчитаны её средние значения по десятилетним периодам (рис. 3).

В течение первых 30 лет, в конце XIX – начале XX в. (1881-1910 гг.), величины средней температуры десятилетних периодов были одинаковыми и равными $7,2^{\circ}\text{C}$. На протяжении следующих 60 лет (1911-1970 гг.) эти величины варьировались в пределах $0,4^{\circ}\text{C}$ – от $8,6$ до $9,0^{\circ}\text{C}$. В последние десятилетия их средние температуры неуклонно повышались от $9,1$ до $10,7^{\circ}\text{C}$, т.е. на $1,6^{\circ}\text{C}$. Таким образом, с начала XX в. до 2010 г. средние десятилетние температуры повысились на $3,5^{\circ}\text{C}$.

По данным ВМО – Всемирной метеорологической организации, 1998 г. на Земле являлся самым теплым за все время наблюдений с 1861 г. В этом году средняя глобальная температура приземного воздуха была на $0,54^{\circ}\text{C}$ выше средней

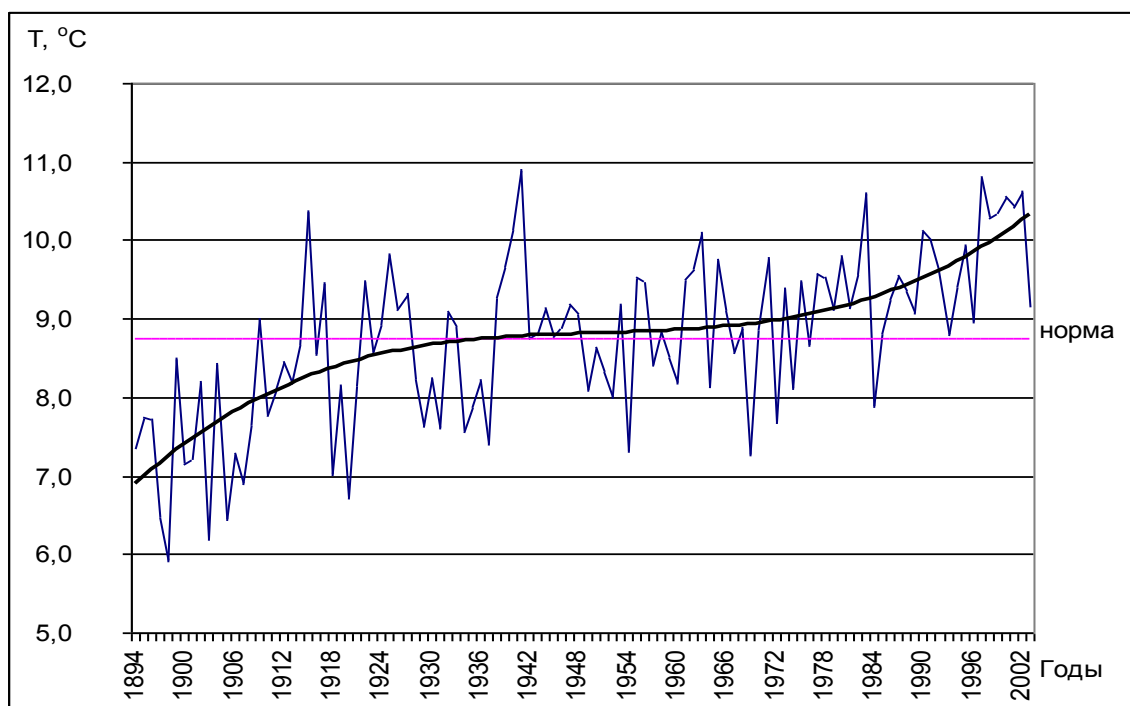


Рисунок 2 – Межгодовой ход температуры воздуха и его линия тренда по станции Алматы, ГМО за 1881-2010 гг.

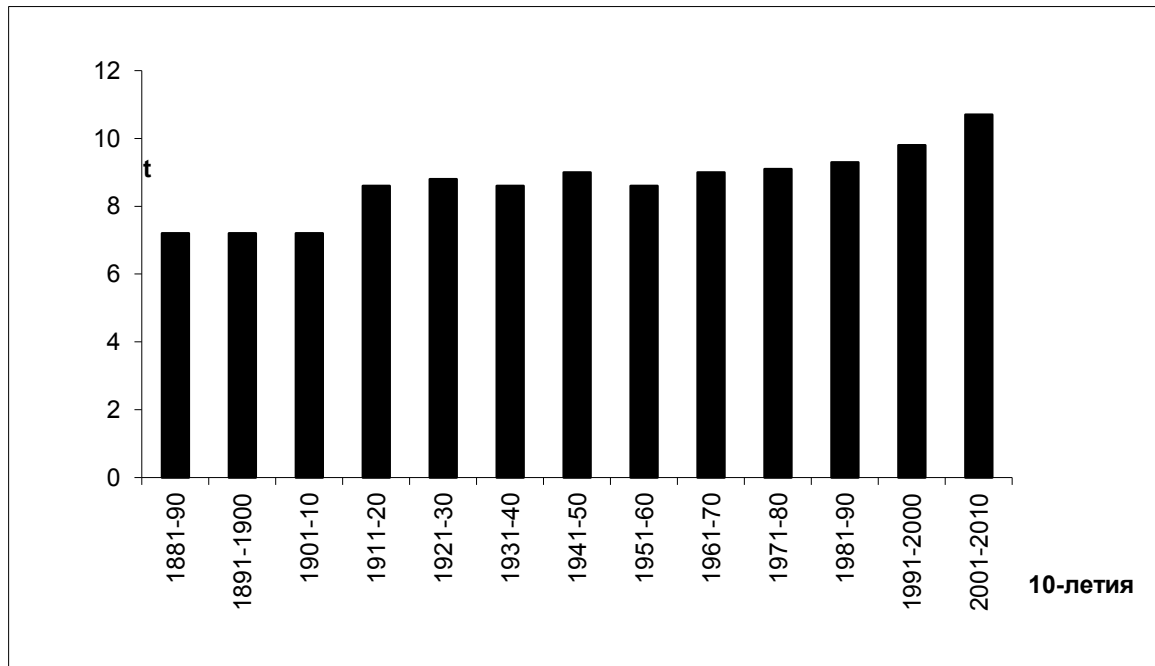


Рисунок 3 – Средние температуры воздуха за 10-летние периоды

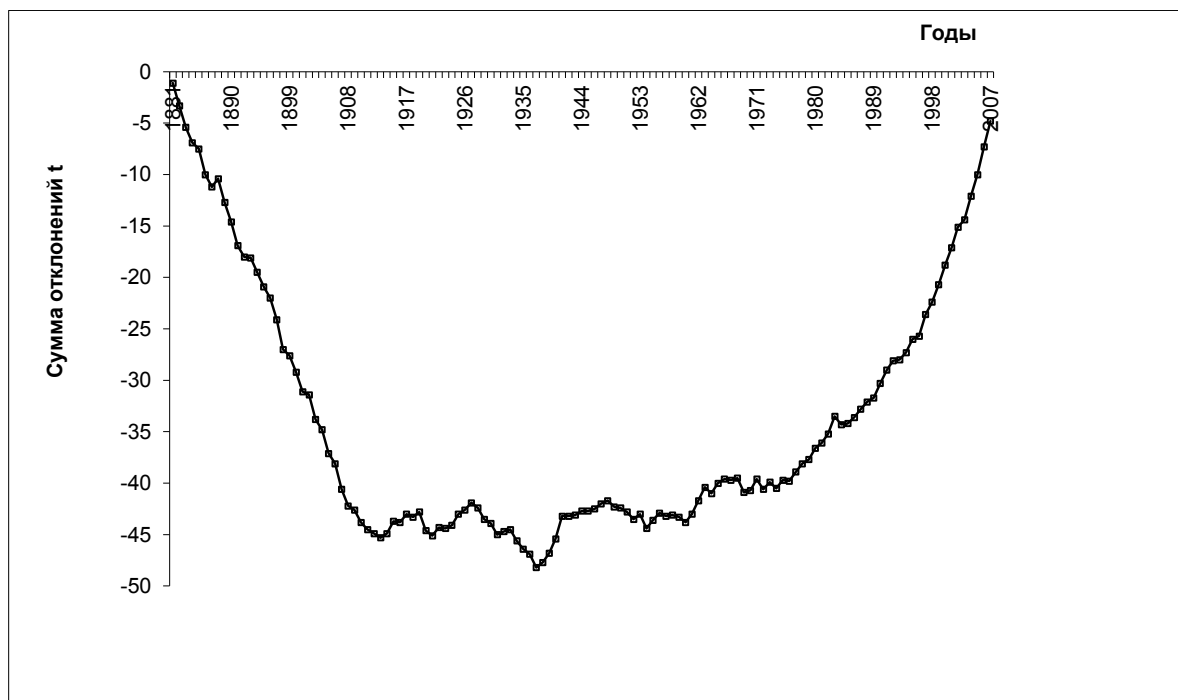


Рисунок 4 – Кумулятивная кривая аномалий средних годовых температур воздуха

многолетней за период 1961-1990 гг. Вторым в ряду самых теплых лет стал 2005 г. с аномалией температуры 0,48°C. Последнее десятилетие, 2001-2010 гг., на нашей планете было самым теплым за полтора столетия.

Практически аналогичные изменения температурного режима характерны и для г. Алматы. Первая декада XXI в. оказалась самой теплой за весь период наблюдений. Её средняя температура составила 10,7°C с положительным от-

клонением от нормы за 130 лет в 2°C. В 2006 и 2007 гг. были зафиксированы наивысшие значения средней годовой температуры с 1879 г., соответственно, 11,4 и 11,2°C. С 60-х гг. XX в. до 2010 г. темпы повышения средней годовой температуры составили 0,42°C/10 лет. При этом положительный тренд температуры наблюдался во все месяцы года.

Средние значения зимних (XII-II) и летних (VI-VIII) температур за 130 лет составили, соответственно, -5,5 и 22,0°C. При этом величины средних летних декадных (по 10-летиям) температур с 70-х гг. к первой декаде XXI в. повысились с 22,3 до 23,3°C, т.е. на 1,0°C, по 0,25°C/10 лет. За то же время аналогичные величины средних зимних температур поднялись на 2°C, от -5,1 до -3,1°C, по 0,54°C/10 лет. Подобные изменения температуры воздуха характерны и для достаточно удаленных от нашего мегаполиса пунктов. Так, средняя годовая температура в Шилике, Баканасе, Кегени росла по 0,3°C/10 лет, а температуры зимних месяцев в тех же пунктах повышались на 0,57-0,69°C/10 лет.

Таким образом, интенсивность повышения зимних температур была в 2,5 раза выше, чем летних. Отсюда с очевидностью следует, что повышение средних годовых температур в последние десятилетия в Алматы произошло в основном за счет потепления зимних сезонов.

Что касается переходных сезонов, то весна (III-V) в Алматы со средней многолетней температурой 9,5°C на 0,7°C теплее осени (IX-XI). Абсолютный минимум весенней температуры составил 4,4°C в 1905 г., а максимум – 13,0°C в 1930 г. и 12,8°C в 2006 г. Аналогичные экстремумы осенних температур равны 5,1°C в 1889 г. и 12,2°C в 2006 г. В первую декаду XXI в. весенние температуры (11,7°C) были на 2,2°C, а осенние (11,1°C) на 2,3°C выше их многолетней нормы. Как видим, весенние и осенние температуры повышались медленнее, чем зимние, но вдвое быстрее, чем летние.

Кумулятивная кривая на рис. 4 показывает, что с 80-х гг. XIX в. до второго десятилетия XX в. происходило накопление отрицательных разностей годовых температур (относительно средней многолетней нормы, равной 8,7°C). Затем на протяжении почти полувека значения годовых температур испытывали колебания, мало отличающиеся от нормы. С начала 70-х гг. XX в. ускоренными темпами шло повышение средних годовых температур, впервые превысивших в 2006-2008 гг. 11°C.

В свете выявленных тенденций изменения температуры представляет интерес знание того, на какие годы за 130 лет наблюдений в Алматы пришлось самые теплые и самые холодные месяцы (табл. 1).

Таблица 1 – Экстремальные средние месячные температуры воздуха, °C

Месяц	Год	Средняя т-ра самых теплых месяцев	Средние многолетние т-ры месяцев	Сред. т-ра самых холодных месяцев	Год
Январь	1976	-1,6	-6,8	-15,9	1900
Февраль	2006	1,8	-5,4	-16,8	1931
Март	2006	7,6	1,6	-7,8	1905
Апрель	1930	18,6	10,7	5,8	1905
Май	1917	21,2	16,1	12,2	1889
Июнь	2008	24,8	20,7	17,4	1901,1903
Июль	1944	27,0	23,2	20,6	1908,1972
Август	1923	25,6	22,0	18,8	1912
Сентябрь	1959	20,9	16,6	13,3	1896
Октябрь	1997	14,9	9,0	3,2	1882
Ноябрь	1980	6,8	0,9	-6,6	1952
Декабрь	1971	2,3	-4,7	-14,7	1984

Как видно из данных табл. 1, средние месячные температуры наиболее теплых месяцев зафиксированы в основном во второй половине XX в., в т.ч. за три месяца (февраль, март и июнь) – уже в XXI в. Напротив, средние месяч-

ные температуры наиболее холодных месяцев отмечаются преимущественно в первой половине прошлого столетия и даже в конце позапрошлого века (май, сентябрь и октябрь). Такое распределение экстремумов средних месячных

температур вполне согласуется с установленными тенденциями, свидетельствующими о заметном потеплении климата в нашем регионе за последние десятилетия.

Судя по выявленным трендам годовой температуры воздуха, величина последней к 2030 г. в Алматы возрастет на $1,5^{\circ}\text{C}$ и составит $10,8^{\circ}\text{C}$, а в 2050 г. $11,3^{\circ}\text{C}$. (рис. 2). Однако более тщательный, физически обоснованный анализ временного ряда среднегодовой температуры показывает, что есть основания ожидать прекращения роста температуры. Тренд, полученный по методу полиномиальной аппроксимации, действительно показывает на рост температуры (рис. 2). Ещё более уверенный рост показывает линейный тренд, как наименее чувствительный к короткопериодным изменениям температуры на конце ряда [4-6]. Выполненный, однако, гармонический анализ

ряда (анализ периодичностей) с использованием метода Бабкина А.В. [7], показывает, что основные гармоники 53, 33 и 23 года, выделенные из временного ряда и сложенные с трендом (тоже в виде синусоиды), показывают, что наступил их максимум (рис. 5). Поскольку, согласно нашим представлениям, каждая гармоника – это отдельно выделенный физический фактор, воздействующий на климатическую систему, то, по нашим данным, все основные факторы достигли максимума своего воздействия и в ближайшие годы будут ослабевать, а температура воздуха в Алматы понижаться. Сходные тенденции выявлены нами ранее для севера, особенно северо-востока Казахстана, где понижение температуры было отмечено ещё в [8]. Следовательно, рост температуры в Алматы в ближайшие годы маловероятен, следует ожидать её снижения.

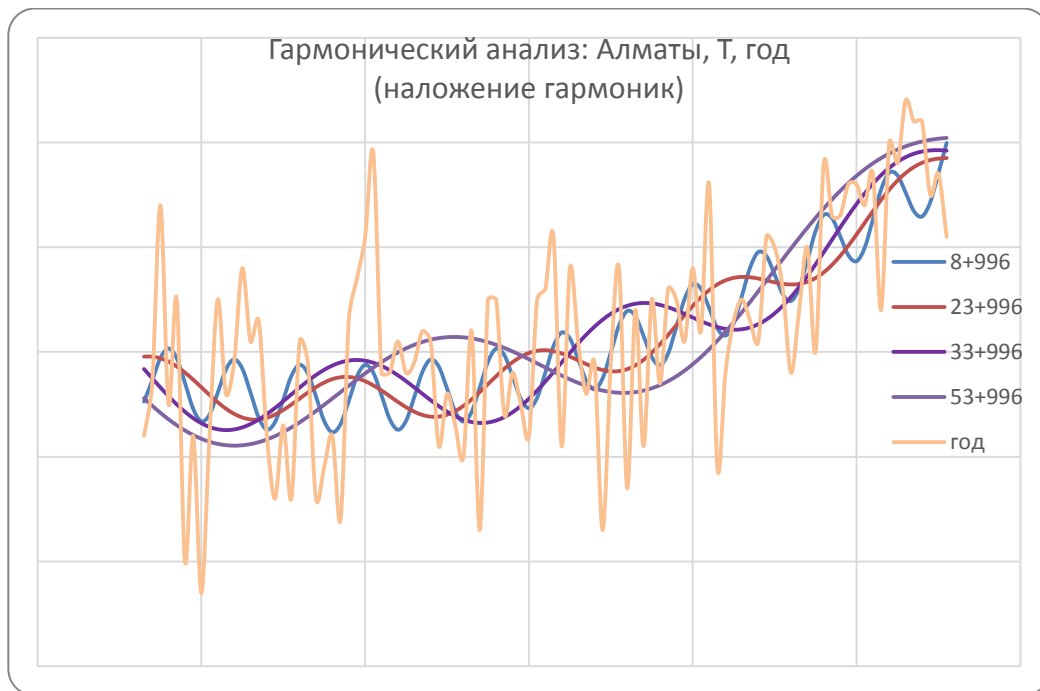


Рисунок 5 – Результаты гармонического анализа временного ряда температуры

Перейдем к рассмотрению атмосферных осадков. Многолетние нормы месячных осадков и их внутригодовое распределение по ст. Алма-

ты, ГМО (с поправками показаний осадкомеров на смачивание и выдувание ветром) представлены в табл. 2 и на рис. 6.

Таблица 2 – Среднее месячное количество осадков по ст. Алматы, ГМО

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
29	33	70	96	96	60	37	26	27	51	49	34	608

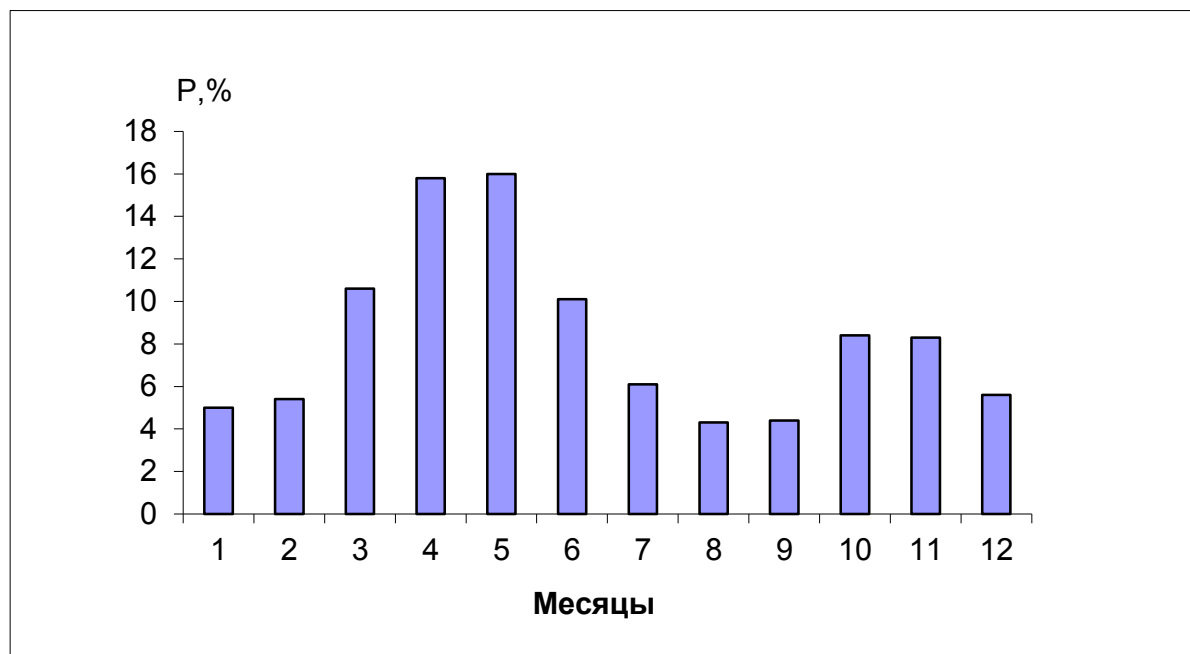


Рисунок 6 – Среднее многолетнее внутригодовое распределение осадков в г. Алматы (месячные суммы осадков в процентах от годовых – P, %)

Среднее годовое количество осадков в Алматы составляет 608 мм, т.е. здесь выпадает столько же осадков, сколько и в зоне достаточного увлажнения (Москва, Санкт-Петербург), однако своеобразие их годового распределения (рис.6) и высокий температурный фон теплого периода создают здесь условия засушливости. Так, с мая по октябрь (полгода) в среднем в Алматы испаряемость превышает осадки в 3,5 раза, а в августе – почти в 9 раз. Сухие летний сезон и начало осени дали основание некоторым климатологам считать климат предгорий Заилийского Алатау и Алматы близким к сухому субтропическому, свойственному югу Средней Азии и Восточному Закавказью.

Максимум осадков приходится на три весенних месяца – 262 мм (43% годовых). В любом месяце года бывает полное отсутствие или ничтожно малое количество осадков. Средняя продолжительность выпадения осадков – 752 ч.

Временная изменчивость годового количества атмосферных осадков велика. В отдельные годы годовые осадки могут превышать норму в 1,5-2 раза. В наиболее дождливом 2003 г. выпало 943 мм, а в самом сухом 1917 г. их было лишь 293 мм. Как выдающиеся влажные, так и очень сухие годы могут повторяться 2-3 раза

подряд. Например, очень влажными в Алматы были 2002 и 2003 гг. – 935 и 943 мм, а осадки в 1909 и 1910 гг. составили лишь 68 мм или 53% от многолетней нормы.

Во внутригодовом распределении месячных осадков в Алматы выделяется глубокий минимум в конце лета – начале осени, в августе и сентябре – 26 и 27 мм и два максимума – главный весной и второстепенный осенью. В среднем многолетии наиболее дождливыми являются апрель и май (по 96 мм), на которые вместе приходится 192 мм осадков, или 32% их годовой суммы.

Значительна изменчивость и месячных сумм осадков в отдельные годы. Так, не было ни капли дождя в июле 1913 г., в августе 1884, 1913, 1919, 1984 и 2006 гг. Максимум месячных осадков зафиксирован в июне 2006 г. – 252 мм, или 28% от годовых осадков 2006 г. и 42% от их годовой нормы. В апреле 2009 г. выпало осадков 223 мм, т.е. 232% от многолетней апрельской нормы.

Межгодовой ход осадков за весь период наблюдений представлен на рис. 7, который показывает, что их количество подвержено довольно резким колебаниям. Хорошо просматривается «вековое» колебание с периодом несколько более 60 лет. При этом среднее годовое количество

осадков за 1881-1950 гг. составило 556 мм, а за 1951-2010 гг. – 660 мм, т.е. на 106 мм, или почти на 20% больше. Коэффициент вариации всего ряда = 0,22.

О тенденции увеличения осадков свидетельствует и распределение экстремальных величин их средних месячных сумм (табл. 3). Как и в случае с аналогичным распределением температуры воздуха (табл. 1), минимальные месячные суммы осадков в основном приходятся на годы первой половины XX в. (и даже на конец XIX в.), а максимальные – на его вторую половину и на начало XXI в.

Судя по тренду изменения осадков (рис. 7), с учётом наличия гармоник в 60 лет, примерно до 2015 г. количество осадков будет ещё расти, а затем начнётся их уменьшение.

Для оценки влагообеспеченности любой местности используется коэффициент увлажнения – отношение количества выпавших в данном месте осадков к величине возможного испарения, т.е. испаряемости. По существу, этот коэффициент показывает, в какой мере выпадающие осадки возмещают величину испаряемости, отражающую иссушающую способность воздуха.

Средняя многолетняя величина испаряемости в Алматы равна 1334 мм. Значение коэффициента увлажнения оказалось равным 0,46. По известной классификации Н.Н. Иванова, город находится в зоне недостаточного увлажнения. В течение последних 60 лет (1951-2010) величина коэффициента увлажнения находилась на среднем многолетнем уровне, несмотря на увеличивающееся количество осадков. Их увеличение полностью компенсировалось повышением летних и годовых температур воздуха и испаряемости.

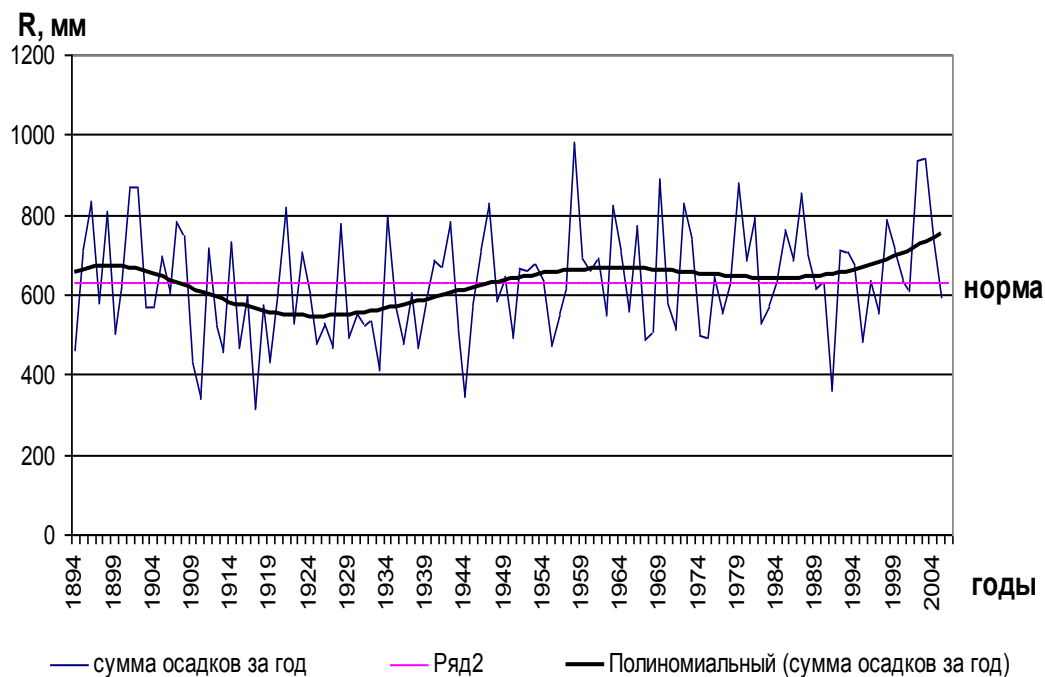


Рисунок 7 – Временной ход годовой суммы осадков на МС Алматы

Таблица 2 – Экстремальные значения средних месячных осадков, мм

Месяц	Год	Мин.	Норма	Макс.	Год
Январь	1955	4	30	79	1896
Февраль	1901	1	33	69	1987
Март	1930	12	64	154	2002
Апрель	1995	1	96	223	2009

Май	1885	5	97	209	1958
Июнь	1927	3	61	252	2006
Июль	1913	0	37	128	2003
Август	1884 и др.	0	26	75	1958
Сентябрь	1889 и др.	0	27	97	1973
Октябрь	1954	0	51	151	1969
Ноябрь	1915	4	50	126	2003
Декабрь	1949	2	34	85	1943

При решении ряда вопросов прикладной климатологии важное значение имеет знание степени континентальности климата, для расчета которой использована формула В. Горчиньского: $K = 1,7 A / \sin \varphi - 23,0$, в которой A – годовая амплитуда температуры воздуха, °С; φ – географическая широта.

Среднее многолетнее значение индекса континентальности для Алматы составляет 54%, что соответствует континентальному, как и в Казахстане в целом, а не резко континентальному климату, как это трактуется в ряде учебников и монографий. Для справки: резко континентальный климат характерен для Средней (Восточной) Сибири, в междуречье Енисея и Лены, где континентальность превышает 70%.

За последние десятилетия индекс континентальности климата в Алматы уменьшился на 10%, с 60 до 50%. Наиболее интенсивное сниже-

ние континентальности происходило в последней четверти прошлого и в начале нынешнего века, когда климат стал уже умеренно континентальным, что опять же обусловлено общим потеплением.

Очевидно, уменьшение степени континентальности с одновременным увеличением осадков свидетельствует о том, что климат Алматы становится более мягким и более комфортным для жизни живущих в ней людей. Жители города, хозяйствующие субъекты, планирующие органы, районные акиматы должны считаться с текущими изменениями климата. Во всяком случае, эти изменения следует учитывать при разного рода расчетах элементов климата и речного стока, при составлении перспективных планов и проектов наиболее рационального использования климатических, водных и земельных ресурсов на территории южной столицы, как, впрочем, и в стране в целом.

Литература

- 1 Научно-прикладной справочник по климату СССР // Казахская ССР. Температура воздуха. – Вып.18. – Ч.2 – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 515 с.
- 2 Справочник по климату Казахстана // Многолетние данные. Атмосферные осадки. - Вып.1-14. – Алматы: Казгидромет, 2004.
- 3 Справочник по климату Казахстана. // Многолетние данные. Ветер. - Вып. 1-14. - Алматы: Казгидромет, 2005. – 337 с.
- 4 Вентцель Е.С. Теория вероятностей.- М.: Наука, 1969. – 573 с.
- 5 Sneyers R. On the statistical analysis of series of observations / Technical note N 143. -Geneva, 1990. – 192 p.
- 6 Кендал М., Стюарт А. Статистические выводы и связи. – М.: Наука, 1973. – 900 с.
- 7 Бабкин А.В. Методология оценки периодичностей временных рядов местного стока регионов (на примере Алматинской и Семипалатинской областей)//Материалы международной научно-практической конференции. Алматы, Казахстан, 27-29 августа 2008 г.- С.153-158.
- 8 Чередниченко А.В. Изменение климата Казахстана и возможности адаптации за счет доступных водозапасаов облачности. - Бишкек: Илим, 2010. – 260 с.

References

- 1 Nauchno-prikladnoj spravochnik po klimatu SSSR. // Kazahskaja SSR. Temperatura vozduha. – Vyp.18. – Ch.2 – L.: Gidrometeoizdat, 1989. – 515 s.
- 2 Spravochnik po klimatu Kazahstana. // Mnogoletnie dannye. Atmosfernye osadki. - Vyp.1-14. – Almaty: Kazgidromet, 2004.
- 3 Spravochnik po klimatu Kazahstana. // Mnogoletnie dannye. Veter. - Vyp. 1-14. - Almaty: Kazgidromet, 2005. – 337 s.
- 4 Ventcel' E.S. Teorija verojatnostej.-M.: Nauka, 1969.-573s.
- 5 Sneyers R. On the statistical analysis of series of observations. / technical note N 143. Geneva, 1990. – 192 p.
- 6 Kendal M., Stuart A. Statisticheskie vyvody i svjazi. – M.: Nauka, 1973. – 900 s.
- 7 Babkin A.V. Metodologija ocenki periodichnostej vremennyh rjadov mestnogo stoka regionov (na primere Almatinskoj i Semipalatinskoj oblastej)/Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Almaty, Kazahstan, 27-29 avgusta 2008g.-s.153-158.
- 8 Cherednichenko A.V. Izmenenie klimata Kazahstana i vozmozhnosti adaptacii za schet dostupnyh vodozapasov oblachnosti. - Bishkek: Ilim, 2010. – 260 s.