

УДК 551.583.14

О ВЫБОРЕ ПЕРИОДОВ ДЛЯ РАСЧЕТА НОРМ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ И ОСАДКАМ

Канд. геогр. наук	Э.П. Кожаметова
Канд. геогр. наук	А.В. Чередниченко
Доктор геогр. наук	В.С. Чередниченко

Рассматривается метод определения минимальной длины ряда для вычисления климатической нормы температуры и осадков на примере нескольких станций Казахстана. Показано, что тридцатилетний период, рекомендуемый ВМО, не отражает всех возможных изменений, которые необходимы при специфических расчетах потребителями при учете климатической информации.

Важнейшим вопросом, который приходится решать при анализе временных рядов любого метеорологического параметра и вычислении многолетних средних, является выбор периода осреднения. Этому вопросу посвящен ряд исследований [1-4], обзор некоторых мы опустим, но воспользуемся выводами.

Самой надежной или точной средней многолетней (климатической нормой) можно считать такую среднюю, и за такой ряд лет, когда от добавления новых лет (продления ряда) она практически не меняется. Длительность выбранного периода осреднения должна обеспечить как устойчивость нормы, так и ее близость к современным климатическим условиям и эти два условия не всегда удается совместить.

Важным условием для получения надежных данных является однородность ряда наблюдений. Однако по разным причинам, обычно из-за необходимости переноса метеорологической станции за черту города или в связи со сменой приборов или методов (сроков) наблюдений однородность ряда нарушается. Тогда очень важно определить минимальную длину периода для вычисления норм с необходимой точностью и вычислить ее по ненарушенной части ряда. Эта необходимая длина ряда всецело определяется изменчивостью изучаемого параметра.

Ряд авторов, например [1, 2 и др.] предлагают вычислять средние из коротких рядов (20...30 лет), взятых так, чтобы найденная средняя была равна средней из длинного ряда. При этом должны браться последние годы наблюдений, т.к. считается, что в этом случае экстраполяция вперед на 2...3 года будет

наиболее успешной. Всемирная метеорологическая организация так же рекомендует вычислять средние за тридцатилетний и более период наблюдений, но за последние годы. Рекомендуемый период 1961...1990 гг. Однако, во временных рядах всех метеорологических параметров существует цикличность, в том числе с периодом колебаний, превышающим 30 лет [3, 4].

Известно, что нормами, содержащимися например, в климатических справочниках [5, 6] пользуются, как правило, 20...30 лет. Устойчивость норм в этом случае может быть обеспечена вычислением ее из длинных рядов необходимой продолжительности, обеспечивающей устойчивость средних. В этом случае не только короткопериодные, но и колебания средней продолжительности (17...45 лет) будут сглажены. В то же время, на фоне таких норм, вполне представляет научный и практический интерес исследования поведения «короткого» ряда, но за последние 30 лет.

На примере М Алматы, имеющей длинный ряд наблюдений, мы попытались определить какой минимальной длины должен быть «длинный» ряд для нахождения норм осадков и температуры, чтобы на его фоне рассмотреть затем более «короткие» ряды за последние 30 лет. Вопрос представлялся важным и потому, что в ряде серьезных исследований, например, в [4, 7] было показано, что для территории с большой изменчивостью изучаемого параметра, например, Барнаул в [7], период наблюдений в 30 лет совпадает с зоной неопределенности. Это значит, что среднее, вычисленное по такому ряду, может отличаться от нормы на 10 % и более, а для нахождения нормы с погрешностью $\pm 10\%$ потребуется ряд длиной 70 лет и более. Или-Балхашский бассейн, к которому принадлежит и Алматы, относится к территориям с большой изменчивостью количества осадков и температуры, и это требует углубленного анализа необходимой длины ряда для вычисления нормы.

Рассмотрим временной ряд осадков, представленный на рис. 1, и выполним сначала чисто качественный его анализ на фоне средней, вычисленной за ряд наблюдений (631,5 мм).

Можно видеть, что сглаженная кривая (полином шестой степени) осуществляет плавные колебания около нормы. При этом хорошо виден полный цикл (ритм) с периодом около 80 лет. С 1906 по 1945 гг. осадки были существенно ниже нормы, и если бы мы попытались вычислить новую норму за предшествующий тридцатилетний период, то получили бы всего 550...560 мм. На основании таких расчетов можно утверждать, что в это тридцатилетие осадки существенно ниже нормы, но брать эти данные за норму было бы

ошибочно, также как и утверждать об имеющих якобы место изменениях климата. Действительно, в следующий полупериод восьмидесятилетнего колебания с 1945 по 1985 год осадки были в среднем выше нормы примерно на 15...30 мм, что тоже не следует толковать как изменение климата. И в первом и во втором случае мы имеем дело с восьмидесятилетним циклом колебания количества осадков с полупериодами их спада и роста по сравнению с нормой. Отсюда следует, что норма должна вычисляться за период, сравнимый по продолжительности с данным циклом. Только в этом случае норма будет устойчивой во времени и на ее основе можно делать сценарии изменения количества осадков на 15...20 лет вперед.

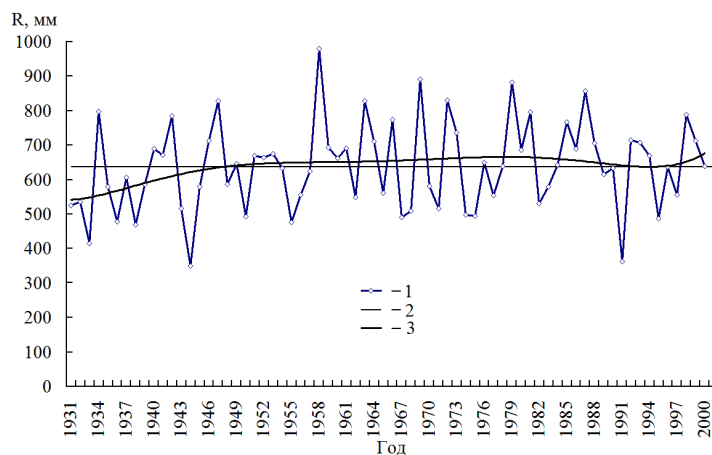


Рис. 1. Временной ход годовой суммы осадков на М Алматы. 1 – сумма осадков за год, 2 – норма, 3 – полиномиальная кривая.

Выполним ту же оценку необходимой длительности ряда для вычисления нормы осадков для М Алматы, но с помощью строгих статистических методов.

Величина нормы тем точнее, чем меньше дисперсия. Временная изменчивость изучаемого признака в бессвязных рядах большой длительности (большого объема выборки) оценивается с помощью среднего квадратического отклонения:

$$\sigma = \sqrt{(x_i - x)^2 / n - 1}, \quad (1)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение; x_i – элементы выборки; x – средняя арифметическая величина или норма; n – объем выборки.

Часто, однако, применяют не само среднее квадратическое отклонение, а коэффициент вариации C_v – относительную величину, дающую лучшее пространственное представление изменчивости признака:

$$C_v = \sigma/x . \quad (2)$$

Величины C_v для нашей территории можно найти в [7]. Мы, однако, проверили их правильность и уточнили, удлинив ряд до настоящего времени. Поскольку коэффициент вариации плавно изменяется в пространстве, по крайней мере над рассматриваемым нами районом, не было необходимости проверять его для всех взятых станций. В табл. 1 приведены величины C_v для М Балхаш и М Алматы.

Таблица 1
Средние месячные величины коэффициента вариации C_v

Станция	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Балхаш	0,60	0,70	0,60	0,69	0,75	0,80	0,70	0,75	0,75	0,70	0,60	0,60	0,69
Алматы	0,55	0,60	0,60	0,58	0,65	0,60	0,65	0,80	0,70	0,80	0,57	0,60	0,64

Из данных табл. 1 видно, что величины C_v и в Балхаше и в Алматы в среднем за год близки, но в отдельные месяцы они могут различаться на 0,2, например, в июне. Годовая амплитуда для М Балхаш составляет 0,20, а для М Алматы – 0,25, что довольно много. Эти данные, однако, неплохо согласуются с результатами, полученными в [7].

Считается, что если $C_v \leq 0,5$, то автокорреляционная функция распространяется на крупные районы, т.е. пространственная связность поля осадков высокая. Мы же видим, что в нашем случае пространственная связность осадков средняя в ноябре – январе и низкая в остальную часть года. Детальные исследования полей осадков, выполненные нами, подтверждают этот наш предварительный вывод.

Уточним далее, какой продолжительности должен быть ряд наблюдений за осадками, чтобы получить статистически обеспеченную норму. Для этого выполним последовательный анализ временного ряда осадков для М Алматы.

Примем, что пределы заданной относительной погрешности осадков составляют 10 % от нормы. Примем также, что X – норма, n – число членов ряда, как переменная величина или число членов ряда, $X_{зш}$ – осадки в засушливый период, $X_{вл}$ – осадки во влажной период.

В предположении постоянства климата, известной изменчивости осадков σ и заданных пределов относительной ошибки нормы $0,1X$ предполагаемое число членов ряда n , необходимое для нахождения X может быть найдено по формулам

$$a'_n = \frac{X_{зш} + X}{2} + \frac{\delta^2}{n(X_{зш} - X)} \ln \frac{1-\beta}{\alpha}, \quad (3)$$

$$a''_n = \frac{X_{зш} + X}{2} + \frac{\delta^2}{n(X_{зш} - X)} \ln \frac{\beta}{1-\alpha} \quad (4)$$

и

$$\beta'_n = \frac{X_{вл} + X}{2} + \frac{\delta^2}{n(X_{вл} - X)} \ln \frac{1-\beta}{\alpha}, \quad (5)$$

$$\beta''_n = \frac{X_{вл} + X}{2} + \frac{\delta^2}{n(X_{вл} - X)} \ln \frac{\beta}{1-\alpha}. \quad (6)$$

Формулы (3) и (4) предназначены для оценки степени отклонения $X_{зш}$ от нормы в засушливые, а формулы (5) и (6) – влажные годы.

По результатам расчетов построен график, представленный на рис. 2.

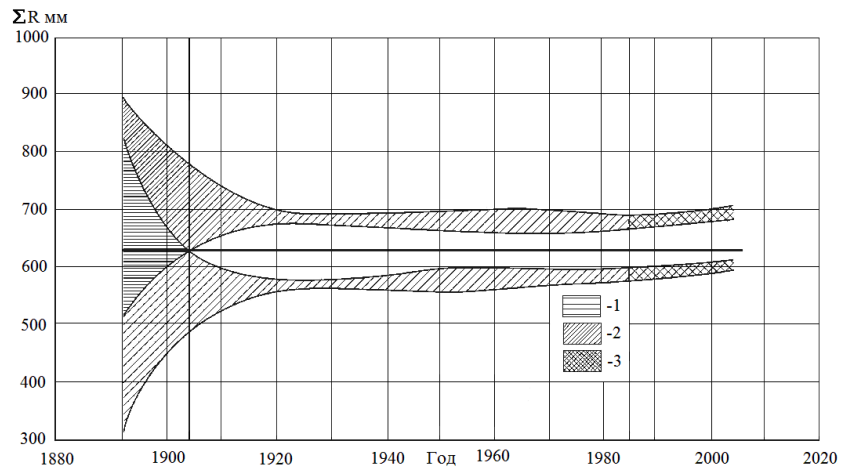


Рис. 2. Схема последовательного анализа годовых сумм осадков. 1 – зона неопределенности; 2 – зона, когда однозначно определяется, стал ли климат более сухим или более влажным по сравнению с нормой; 3 – зона, которая уже не влияет на норму.

При этом a'_n и a''_n определяют коридор погрешностей изменения нормы снизу, со стороны осадков ниже нормы, а β'_n и β''_n – сверху, со стороны осадков выше нормы.

Зона 1 или зона неопределенности, исчисляемая от начала ряда до пересечения a''_n и β''_n и их равенства, это тот промежуток времени, когда о норме X ничего определенного сказать нельзя. Ряд для вычисления X должен быть в любом случае длиннее этой зоны. В нашем случае зона неопределенности несколько превышает 30 лет.

Зона 2 – это зона, когда уже можно сказать, в какую сторону изменился климат, а точнее – режим осадков.

Зона 3 – это та часть ряда, которая, будучи добавленный к зоне 2, уже не влияет на норму.

В то же время можно видеть, что в последние годы ход линий несколько сместился относительно линии нормы. Это может быть как следствие роста влияния большого города на осадки, так и климатическими колебаниями.

В нашем случае зона 2 ясно указывает сначала на тенденцию к засушливости в первые 30...40 лет после зоны неопределённости, а затем – к увлажнённости климата. Конец зоны, т.е. время, когда имеет место равенство $a''_n - a'_n = \beta'_n - \beta''_n$, наблюдается при $n \approx 80...85$ лет (Рис. 2). Таким образом, из последовательного анализа временного ряда осадков по М Алматы следует, что из-за их большой межгодовой изменчивости определенные суждения о его временных тенденциях можно получить только, если анализируемый ряд превышает 30 лет. Ввиду наличия хорошо выраженной восьмидесятилетней цикличности норму осадков, если погрешность задавать $\pm 10\%$ от нормы, желательно определять из ряда в 80 лет и более.

Авторы [2-4, 7] указывают, что последовательный анализ эффективен, если асимметрия не превышает 0,28. Наличие даже слабой асимметрии существенно искажает результаты оценки ошибки нормы.

В нашем случае коэффициент асимметрии несколько больше, 0,30. Это, а также большая величина среднего квадратического отклонения ($\sigma = 138,4$), привели к тому, что за пределами лимитированной зоны оказались не 5 %, как у [7], а 10...12 %. Отдельные точки вообще вышли за пределы $\pm 3\sigma$, что возможно обусловлено еще и особенностями применяемых формул, анализ которых не входит в нашу задачу.

Рассмотрим далее временной ряд температуры для М Алматы. На рис. 3 он представлен за весь период наблюдений.

Можно видеть, что, несмотря на наличие хорошо видимых флуктуаций и коротких циклов, общий ход температуры имеет выраженную тенденцию к непрерывному повышению. Метеостанция Алматы находится в центре крупного мегаполиса в южной его части, а сам город вытянут к северу примерно на 50 км. Причем с юга (и частично – с запада и востока) территория города ограничена горами Илейского Алатау. Основной перенос воздушных масс происходит с севера или с северной составляющей. Все это способствует тому, что повторяемость штилей растет, если в тридцатые годы она была близка к 30 %, то сейчас около 80 %. В результате

средняя годовая температура воздуха растет вместе с городом, население которого и сам город только за последние 50 лет выросли в 4...5 раз, превысив в 1,5 млн. человек. Отмечаемая поэтому тенденция температуры представляет большой интерес для изучения влияния большого города на температуру воздуха, что не входило в нашу задачу.

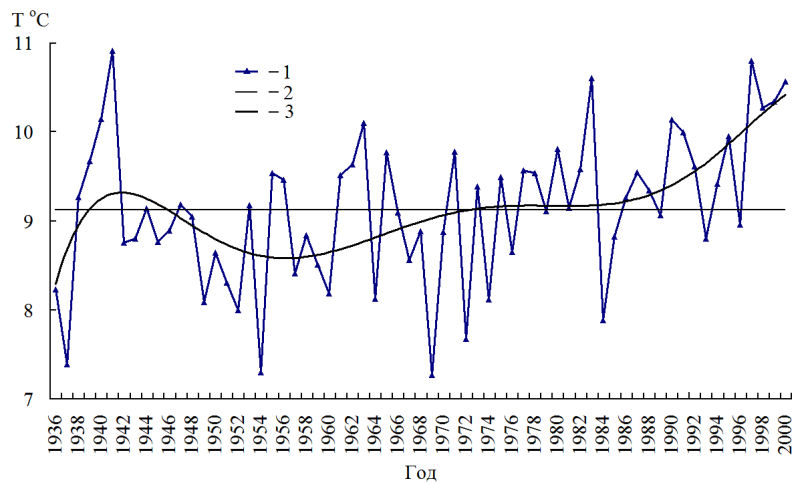


Рис. 3. Временной ход температуры воздуха на М Алматы.
 1 – среднегодовая температура воздуха, 2 – норма, 3 – полиномиальная кривая.

Анализ аппроксимированной кривой показывает, что при такой временной тенденции норма, найденная за любой ряд лет, будет показательна только для этого периода. Целесообразно поэтому в данном случае вести анализ и вычислять норму для потенциальных потребителей за последние годы, что мы и сделали далее.

Как видно, это тот случай, когда не удалось совместить устойчивость нормы и ее близость к современным климатическим данным, о чем говорилось в начале статьи.

Что же касается последовательного анализа ряда наблюдений, то ввиду специфики временного хода температуры он оказался не в состоянии способствовать определению ни зоны неопределенности, ни длины ряда, необходимой для вычисления нормы.

Рассмотрим далее временной ход среднегодовых величин осадков и температуры для новой столицы – Астаны. На рис. 4. представлен ход осадков. Можно видеть, что, по крайней мере, начиная с 1930-х годов среднегодовое количество осадков в Астане ниже нормы на 20...60 мм. В данном случае под нормой мы подразумеваем величину, вычисленную за

весь период наблюдений, т.е. с 1894 г. Норма в 340 мм получена потому, что в начале 20-го века до 30-х годов осадки были существенно выше нормы, в отдельные годы превышая 600 мм. Если мы вычислим норму за последние 30 лет, или за любые 30 лет, например, за период 1961...1990 гг. [8], то при малой дисперсии мы получим норму примерно 320 мм. В данном случае она будет очень хорошо (малая дисперсия) отражать ход осадков и устроит потребителя. Более глубокий анализ показывает, что во временном ходе имеют место циклические колебания (ритмы) разной продолжительности. Отметим только 80-летний полный цикл (точнее 77 лет), с 1897 по 1974 год, имеющий продолжение и в последующие годы. Минимум очередного цикла, видимо, уже пройден. Анализ временных рядов на их краях всегда имеет ниже достоверность, чем в середине, однако в данном случае речь идет только об уточнении времени перехода через многолетнюю норму. Поэтому потребителя больше устроила бы информация, в случае, (если норма вычислена за последние 30 лет), что на следующее десятилетие или больше следует ожидать среднее годовое количество осадков, выше этой нормы, а если информация включает и старую норму, то что осадки будут около многолетней нормы.

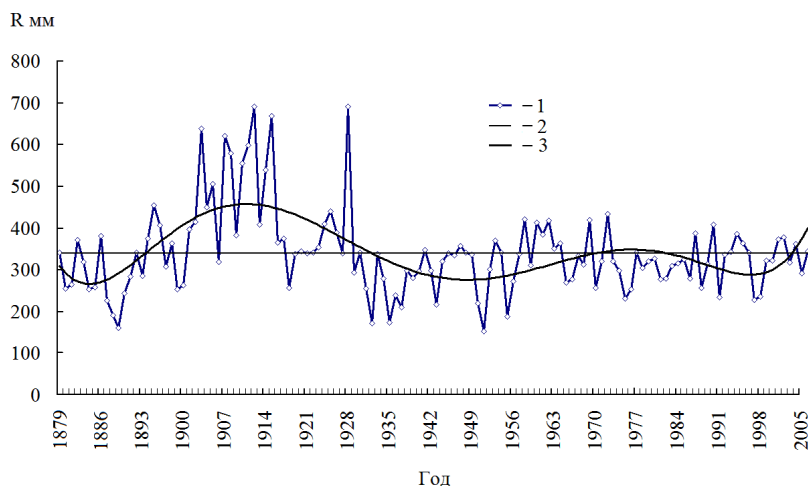


Рис. 4. Многолетний ход осадков в Астане. 1 – сумма осадков за год, 2 – норма, 3 – полиномиальная кривая.

Другими словами потребителя следует информировать, на какой стадии многолетнего цикла мы находимся. Это, несмотря на то, что не все циклы постоянны, речь идет только о длиннопериодных циклах [8].

На рис. 5 представлен вековой ход среднегодовой температуры в Астане.

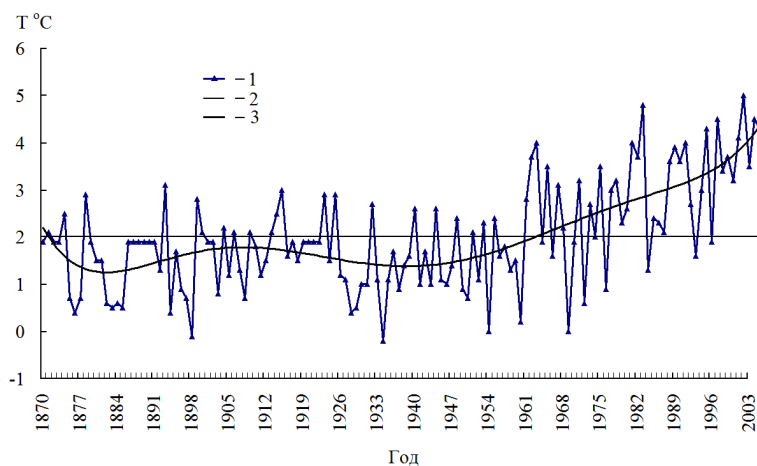


Рис. 5. Временной ход температуры воздуха на М Астана. 1 – среднегодовая температура воздуха, 2 – норма, 3 – полиномиальная кривая.

С 1964 г., как видно на рис. 5, имеет место заметный рост температуры воздуха, до $0,06 \text{ }^{\circ}\text{C}/1 \text{ год}$. Ход температуры в последние 30...40 лет лучше отражает ее нынешнее состояние, и норма, вычисленная за эти годы, отражает состояние температурного режима. Именно такая информация будет ценной для энергетиков, коммунальных служб и др. Однако в отличие от Алматы во временном ходе температуры воздуха для Астаны хорошо просматривается полный вековой цикл (93 года), который возможно является частью другого, более длинного. Поэтому при долгосрочном планировании следует учитывать вековой ход, в данном случае факт, что в течение века средние годовые температуры воздуха были ниже тридцатилетней нормы на $1,5 \div 2,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Нами проанализированы также ряды осадков и температуры по многим другим станциям. На результатах анализа нет необходимости останавливаться, поскольку с вариациями в деталях они похожи на случаи для М Алматы и М Астаны.

В качестве выводов отметим следующее:

- решение о длине ряда, который необходим при вычислении нормы, следует принимать после тщательного анализа всего ряда.

Не мы одни усомнились в достоверности нормы для потребителя, вычисленной за тридцать лет, как рекомендует ВМО. Авторы [8] пишут, что: «...в условиях изменяющегося климата оказывается недостаточным традиционный набор статистических характеристик, обычно включающихся в климатические справочники. Этого было достаточно, когда по-

стулировалось и наблюдалось постоянство климата. В условиях же изменяющегося климата этого недостаточно...». Цитируемые авторы предлагают включать целый ряд так называемых динамических характеристик как-то: результаты, сглаживания, фильтрации, содержащие низкочастотную составляющую процессов, тренды и др.

Целесообразность выделения и учета низкочастотной составляющей с периодом около 80 лет нами показана на примере Алматы и Астаны. Не настаивая на необходимости включения всех динамических характеристик временного ряда, как это сказано в [8], мы считаем, что при расчете норм и передаче их потребителю необходимо следующее:

- решение о длине ряда, который необходим при вычислении нормы, следует принимать после тщательного анализа всего временного ряда наблюдений осадков или температуры по данной станции;
- для вычисления нормы осадков по большинству станций Казахстана следует брать ряд не менее 80 лет, что соответствует продолжительности выявленных циклов в рядах осадков;
- для вычисления нормы температуры на ряде станций целесообразно брать ряд наблюдений за последние 30 лет, что уточняется при анализе ряда. В то же время целесообразно информировать потребителя на какой фазе векового хода взяты данные для расчета нормы;

Представляется, что предлагаемый подход более объективен и он будет способствовать укреплению доверия со стороны современного потребителя к метеорологической информации в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батталов Ф.З. О вычислении норм осадков и районировании территории с учётом колебаний осадков // Труды Всесоюз. науч. метеорол. совещания. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – Т.4. – С. 365-375.
2. Алексеев Г.А. Методы оценки случайных погрешностей гидрометеорологической информации. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 96 с.
3. Дроздов О.А. О свойствах интегрально-разностных кривых // Труды ГГО. –1964. – Вып. 162. – С. 3-6.
4. Дроздов О.А., Орлова В.В., Швер Ц.А. К вопросу об оптимальной длительности ряда осреднения при климатологических исследованиях // Труды ГГО. – 1965. – Вып. 181. – С. 14-45.
5. Справочник по климату Казахстана. Алматы: РГП Казгидромет, 2004. – Вып. 1-14. – С. 51-55.
6. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Казахская ССР. –

- Л.: Гидрометеиздат, 1989. – Вып. 18. – Книга 2. – 440 с.
7. Швер Ц.А. Атмосферные осадки на территории СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 302 с.
 8. Груза Г.В. Ранькова Э.Я. Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата. // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 4. – С. 50-68.

КазНИИЭК, г. Алматы

КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

ТЕМПЕРАТУРА ЖӘНЕ ЖАУЫН-ШАШЫН ШАМАЛАРЫН ЕСЕПТЕУ ҮШІН МЕРЗІМДЕРДІ ТАЛДАУ ТУРАЛЫ

Геогр. ғылымд. канд.	Э.П. Қожахметова
Геогр. ғылымд. канд.	А.В. Чередниченко
Геогр. ғылымд. докторы	В.С. Чередниченко

Қазақстанның бірнеше стансалары мысалында температура мен жауын-шашынның климаттық шамасын есептеу үшін қатардың ең кіші мәнін анықтау әдісі қарастырылады. ХМҰ ұсынған отызжылдық мерзім климаттық мәліметтерді ескеріп тұтынушылардың ерекше есептеулерінде ықтимал бар өзгерістерді айқындамайтыны көрсетілген.