

УДК 551.582.1

Доктор геогр. наук Е.Н. Вилесов<sup>1</sup>**ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛИМАТА ГОРОДА АСТАНА И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 90 ЛЕТ**

**Ключевые слова:** температура воздуха, атмосферные осадки, континентальность климата, испаряемость, коэффициент увлажнения

*В статье охарактеризован климатический режим Астаны – столицы Республики Казахстан. Для этого использованы данные многолетних метеорологических наблюдений и дополнительных исследований автора. Представлены материалы по основным метеорологическим величинам – температуре воздуха и атмосферным осадкам, а также по их изменению за 90 лет, с 1926 по 2015 год.*

**Введение.** Астана – столица Республики Казахстан с 10 июня 1998 г. Ее координаты: 51°08' с.ш., 71°26' в.д. Площадь территории города – 722 км<sup>2</sup>. Численность населения, по данным КазСтата, на 1 мая 2016 г. составляла 880 191 человек. Однако 4 июля 2016 г. было официально объявлено о том, что в городе родился миллионный житель, о чём сообщил акимат Астаны, а также президент Казахстана Нурсултан Назарбаев.

Астана расположена на слабоволнистой степной равнине со средней высотой 347 м, по берегам р. Есиль (Ишим), разделяющей город на две части – правый берег и левый берег. Гидрографическая сеть города представлена, помимо Есиля, его правыми притоками – Сарыбулак и Акбулак. Город лежит в зоне сухой степи, преобладают каштановые почвы. В радиусе 25...30 км вокруг Астаны многочисленны пресные и солёные озера [1].

История наблюдений за климатом в Астане (Акмоле, Целинограде) насчитывает 146 лет. Первая метеостанция здесь начала работу 1 ноября 1870 г., что, в принципе, позволяет отследить изменение климата города за этот период. Однако в конце 19 в. и в первой четверти 20 в., особенно во время гражданской войны, были большие пропуски в метеонаблюдениях. Поэтому для характеристики современных климатических условий города были взяты последние 90 лет, с 1926 по 2015 гг. Разумеется, в необходимых случаях мы прибегали к данным и начального периода метеоизмере-

---

<sup>1</sup> КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

ний. Были использованы также данные Справочника по климату СССР (1969), Научно-прикладного справочника по климату СССР (1989), Метеорологические ежегодники, а также материалы Интернета – Климатический монитор Астаны и Веб-сайт [www.bnews.kz](http://www.bnews.kz).

**Температура воздуха.** Термический режим столицы определяется радиационным фактором и влиянием циркуляции атмосферы. Типичным для ее 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).

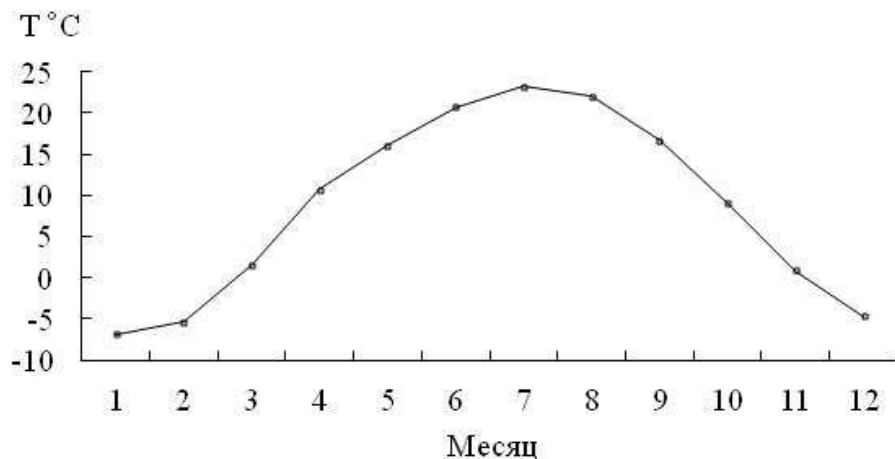


Рис. 1. Внутригодовой ход температуры воздуха в Астане, °С.

Наиболее тёплый месяц – июль, его средняя температура +20,4 °С. На этот месяц приходится и средний месячный, +24,3 °С, и абсолютный, +41,6 °С (22 июля 1936 г.), максимумы температуры. Годовая амплитуда колебаний месячной температуры июля составляет 6...8 °С. Только в июле за всю историю наблюдений не зарегистрировано ни одного случая заморозков.

В годовом ходе минимум температуры воздуха наблюдается в январе, -16,3 °С, на январь же приходится и абсолютный минимум, -51,6 °С (5 января 1893 г.). Низкие абсолютные минимумы отмечены и в другие месяцы холодного периода: в ноябре -39,2 °С (1953 г.), в декабре -43,5 °С (1929 г.) и в феврале -48,9 °С (1895 г.). Такие понижения температуры часто обусловлены ультраполярными вторжениями холодных масс воздуха из района Карского моря. Разность между абсолютным максимумом и минимумом температуры составляет 93,2 °С.

Повышение средней многолетней температуры от января к февралю незначительно, всего лишь 0,4 °С, поскольку циркуляционные и радиационные условия этих месяцев близки между собой. От февраля к марту, с увеличением солнечной радиации, отмечается заметное повышение температуры – на 7,2 °С, а в связи со сменой отрицательного радиационного баланса на положительный в апреле происходит наибольшее в году увеличение температуры – на 13,1 °С.

В дальнейшем интенсивность нарастания температуры от месяца к месяцу уменьшается, а от июля к августу начинается медленный спад температуры. Наиболее значительное понижение температуры, вызванное перестройкой циркуляции, наблюдается от октября к ноябрю, 10,0 °С.

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, 13,2 и 10,6 °С, а в июне – августе – лишь 3,0...3,4 °С.

Астана – вторая самая холодная столица в мире (после Улан-Батора). Типичный зимний месяц – январь, но нередко годы, когда самым холодным бывает не январь, а февраль или декабрь (по 1/4 случаев). В целом из-за расположения города вдали от океанов зима здесь холоднее, чем в городах, находящихся западнее на той же широте (Уральск, Киев, Краков, Прага). Величина годовой амплитуды температуры, т.е. разность между средними температурами самого холодного и самого теплого месяцев, составляет 36,7 °С.

Достаточно наглядное представление о многолетнем температурном режиме и его межгодовой изменчивости за 90 лет дает график хода средних годовых температур воздуха, представленный на рис. 2. За весь период минимальная средняя годовая температура составила – 0,1 °С (1934 г.), а максимальная – 5,0 °С (2002 г.). Среднее многолетнее значение годовой температуры за 90 лет равно 2,4 °С.

По данным Всемирной метеорологической организации (ВМО), последние полтора десятилетия, 2001...2015 гг., на нашей планете были самыми теплыми за 150 лет. Аналогичные изменения температурного режима характерны и для Астаны. Первые полторы декады 21 в. оказались самыми теплыми за весь период наблюдений, за которые средняя температура составила +4,1 °С, с положительным отклонением от нормы за 90 лет в +1,7 °С. В 2002 и 2013 гг. были зафиксированы наивысшие значения средней годовой температуры – 5,0 и 4,9 °С соответственно. С 70-х гг.

20 в. до 2015 г. темпы повышения средней годовой температуры составили  $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  лет. При этом положительный тренд температуры наблюдался во все месяцы года.

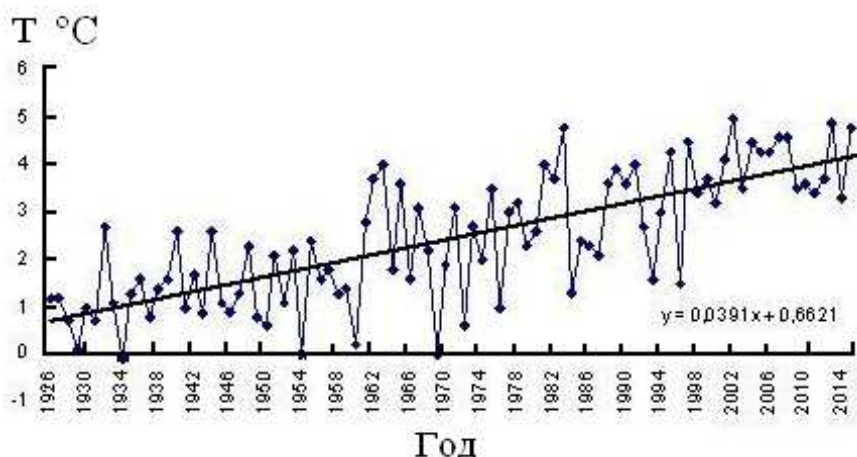


Рис. 2. Многолетний ход средней годовой температуры воздуха и ее линия тренда в Астане за 1926...2015 гг.

Средние значения календарных зимних (XII...II) и летних (VI...VIII) температур за 90 лет составили  $-15,2$  и  $19,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , соответственно. При этом величины средних летних температур повысились с  $18,2$  до  $19,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , т.е. на  $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , по  $0,15\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  лет. За то же время аналогичные величины средних зимних температур поднялись на  $4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , от  $-17,5$  до  $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , по  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  лет.

Таким образом, интенсивность повышения зимних температур была в 3 раза выше, чем летних. Отсюда с очевидностью следует, что повышение средних годовых температур в последние десятилетия в Астане произошло в основном за счет потепления зимних сезонов.

Что касается переходных сезонов, то весна (III...V) и осень (IX...XI) в Астане имеют одинаковую среднюю многолетнюю температуру в  $3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный минимум весенней температуры составил  $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  в 1960 г., а максимум  $8,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  в 2001 г. Аналогичные экстремумы осенних температур равны  $-2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  в 1976 г. и  $6,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  в 2010 г. Температуры осени повышались по  $0,29\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  лет, а весенние температуры – по  $0,45\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  лет. Как видим, осенние и весенние температуры повышались медленнее, чем зимние, но в 2...3 раза быстрее, чем летние.

В свете выявленных тенденций изменения температуры представляет интерес знание того, на какие годы в Астане пришлись самые теплые и самые холодные месяцы (табл. 1).

Как видно из данных табл. 1, средние месячные температуры наиболее теплых месяцев зафиксированы в основном в 21 в. Напротив, средние месячные температуры наиболее холодных месяцев отмечаются в прошлом столетии и даже в конце позапрошлого века (март). Такое распределение экстремумов средних месячных температур вполне согласуется с установленными тенденциями, свидетельствующими о заметном потеплении климата в регионе за последние десятилетия.

Таблица 1

Экстремальные средние месячные температуры воздуха, °С

Месяц	Год	Средняя температура самых холодных месяцев	Средние многолетние температуры месяцев	Средняя температура самых теплых месяцев	Год
Январь	1969	-30,1	-16,3	-6,3	2002
Февраль	1951	-26,5	-15,9	-5,6	2002
Март	1898	-19,8	-8,7	0,9	2002
Апрель	1904	-5,8	4,4	11,8	2012
Май	1960	8,3	13,2	18,1	2001
Июнь	1917	13,6	18,9	23,1	1991
Июль	1960	15,8	20,4	24,3	2012
Август	1936	14,5	18,0	22,1	1998
Сентябрь	1934	7,3	11,8	15,7	2011
Октябрь	1976	-5,0	3,5	10,2	1997
Ноябрь	1993	-15,9	-6,5	0,2	2013
Декабрь	1929	-26,8	-13,6	-5,5	2015

В связи с увеличением размеров города в нем сформировался местный «городской климат». Так, температура воздуха в центре города в среднем на 1,5 °С выше, чем на его окраине. Предполагается, что эта разница с расширением территории города будет расти. Свою роль в изменении климата столицы играет зеленый пояс вокруг нее, который понижает скорость ветра.

**Атмосферные осадки.** Многолетние нормы месячных осадков и их внутригодовое распределение по М Астана (с поправками показаний осадкомеров на смачивание и выдувание ветром) даны в табл. 2 и на рис. 3.

Таблица 2

Среднее месячное количество осадков по М Астана, мм

	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
R	14	13	15	18	31	34	52	35	23	23	19	17	295

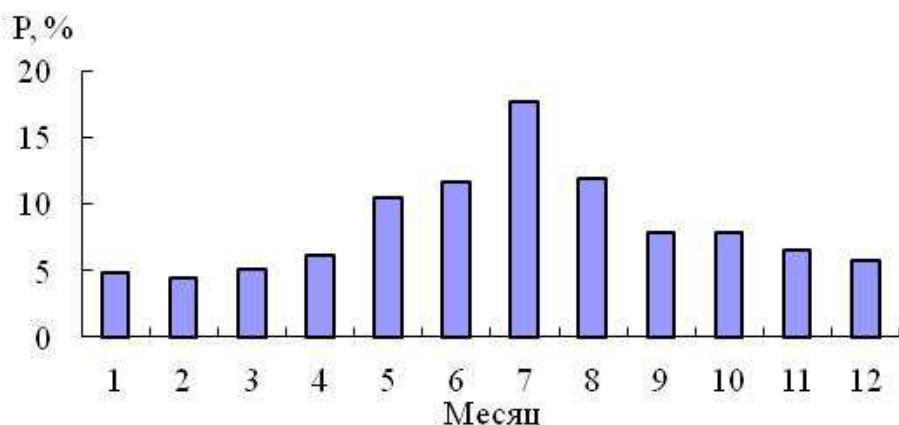


Рис. 3. Среднее многолетнее внутригодовое распределение осадков в Астане (месячные суммы осадков в процентах от годовых, %).

Среднее годовое количество осадков в Астане за 90 лет составляет 295 мм. Максимум осадков приходится на три летних месяца – 121 мм (41 % годовых). Однако высокий температурный фон теплого периода создает здесь условия засушливости. В любом месяце года бывает полное отсутствие или ничтожно малое количество осадков.

Средняя продолжительность залегания устойчивого снежного покрова в Астане – 143 дня. Средняя высота снежного покрова в городе – 23 см (в середине февраля).

Временная изменчивость годового количества атмосферных осадков велика. В отдельные годы годовые осадки превышают норму в 1,75 раза. В наиболее дождливом 1928 г. выпало 520 мм, а в самом сухом 1951 г. их было лишь 112 мм.

Значительна изменчивость и месячных сумм осадков в отдельные годы. Так, не было ни капли дождя в январе и феврале 1932 г., в апреле 1963 г. Максимум месячных осадков зафиксирован в августе 1962 г. – 165 мм, или 44 % от суммы осадков этого года. В мае 2015 г. выпало 114 мм, т.е. 368 % от многолетней майской нормы. Суточный максимум осадков в июле 1972 г. составил 86 мм или 62 % от их месячной суммы.

Межгодовой ход осадков за весь период наблюдений представлен на рис. 4. На рисунке видно, что количество осадков подвержено довольно резким колебаниям от года к году и вместе с тем постепенное увеличение их годовых сумм за 90-летний период при среднем их приросте по 6...7 мм/10 лет.

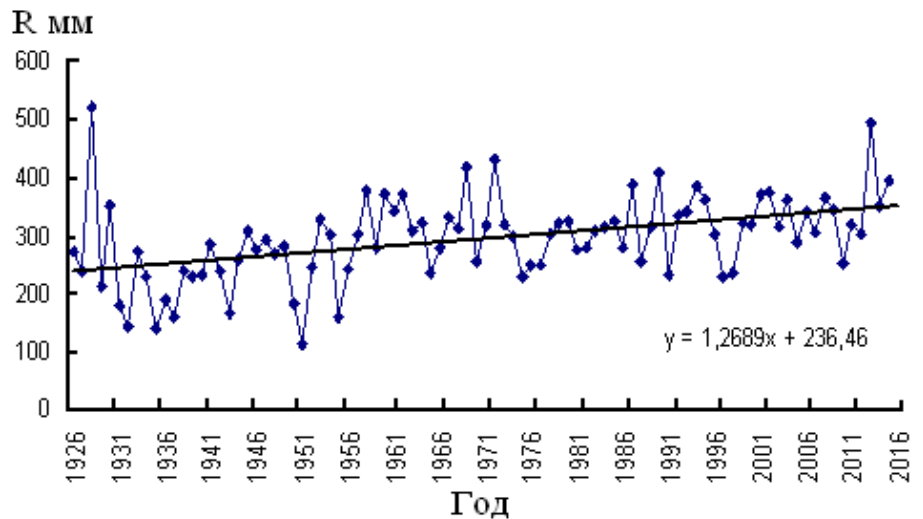


Рис. 4. Межгодовой ход осадков и его линия тренда в Астане за 1926...2015 гг.

Заметное увеличение осадков в последние десятилетия напрямую связано с повышением температуры воздуха, обязанным глобальному потеплению.

**Другие характеристики климата Астаны.** Средняя годовая скорость ветра в городе – 3,4 м/с при минимуме 2,8 м/с в июле и августе и максимумом 3,9 м/с в феврале. Максимальная скорость ветра, зафиксированная за период наблюдений, 36 м/с, отмечается 1 раз в 20 лет.

Господствующее направление ветров осенью и зимой – южное и юго-западное, летом сменяющееся на северо-восточное, хотя в целом в теплый период года почти все направления ветров имеют практически равные повторяемости. Продолжительность холодного периода 245 суток, а зимы – 5,0...5,5 месяцев. Количество дней с морозами до  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  и ниже колеблется от 10...14 до 38...45 суток в году, в некоторые годы 18...20 суток за месяц. Средняя годовая влажность воздуха составляет 67 %, с минимумом в июне, 59 %, и максимумом в ноябре, 80 %. Средняя годовая общая облачность равна 6,6 балла, при максимуме 7,4 балла в декабре и минимуме 5,9 балла в августе. Что касается нижней облачности, то ее максимум в 4,8 балла приходится на ноябрь, минимум в 2,9 балла – на февраль, а средняя за год равна 3,5 балла.

Число дней с метелью за год составляет 30 суток, в 52 % случаях – юго-западного направления. Число суток с туманами около 20 в году. Продолжительность теплого периода 213 суток, безморозного периода –

120 суток. Среднее число дней с грозой 18...20. Средняя продолжительность гроз 2,4 часа. Среднее число дней с градом 1...2, в отдельные годы 4...9.

Для оценки влагообеспеченности и агроклиматических ресурсов 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.

Для расчета величины годовой испаряемости  $E$  существуют десятки формул. Здесь использована разработанная автором ранее достаточно тесная ( $r = 0,97$ ) связь  $E$  (мм) с суммой положительных средних месячных температур ( $\sum t > 0$ ) [3]:

$$E = 15,1 \cdot \sum t > 0 - 570. \quad (1)$$

Средняя многолетняя величина испаряемости в Астане, рассчитанная по формуле (1), равна 795 мм. За весь период зафиксировано заметное увеличение  $E$ , примерно на 200 мм – от 660 до 860 мм (по 22 мм/10 лет). В последние 25 лет в 1991, 1997 и 2012 гг.,  $E$  превысила 1000 мм – 1026, 1049 и 1162 мм, соответственно.

Среднее многолетнее значение коэффициента увлажнения оказалось равным 0,38. Его минимум, равный 0,12, зафиксирован для 1951 г., на который приходится и минимум осадков – всего 112 мм. Максимальное значение этого коэффициента, превысившее 0,72, отмечено лишь три раза – в 1928, 1960 и 1972 гг.

По известной классификации Н.Н. Иванова [4], город находится в условиях недостаточного увлажнения, характерного для ландшафтной зоны сухой степи. В течение исследуемого периода 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.

При решении ряда вопросов прикладной климатологии имеет значение знание степени континентальности климата, для расчета которой использована популярная среди климатологов формула В. Горчиньского:

$$K = 1,7(A/\sin \varphi) - 23,0, \quad (2)$$

где  $A$  – разность температур самого теплого и самого холодного месяцев года, °С;  $\varphi$  – географическая широта.



Среднее многолетнее значение индекса континентальности для Астаны, определенное по (2), составляет 63 %, что соответствует континентальному, как и в Казахстане в целом [2], а не резко континентальному климату, как это до сих пор трактуется в ряде учебников, монографий и статей. Для справки: резко континентальный климат характерен для Средней (Восточной) Сибири, в междуречье Енисея и Лены, где континентальность превышает 70 %.

За 90 лет степень континентальности климата в Астане монотонно уменьшалась от 67 до 60 %, т.е. по 0,78 %/10 лет. При таких темпах можно ожидать, что к середине текущего века она уменьшится в среднем до 56 %, а в начале 22-го столетия климат здесь будет соответствовать умеренно-континентальному, с  $K < 50$  %.

**Заключение.** Согласно расчетам по уравнениям линий трендов, приведенным в поле рис. 1 и 4, к 2050 г. средняя годовая температура в Астане повысится до 5,5 °С, а количество осадков может увеличиться на 1/3 и составить 395 мм.

Очевидно, уменьшение степени континентальности с одновременным увеличением осадков свидетельствует о том, что климат Астаны становится более мягким и более комфортным для живущих в ней людей. Жители города, хозяйствующие субъекты, планирующие органы, районные акиматы должны считаться с грядущими 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 столицы, как, впрочем, и в стране в целом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астана. Энциклопедия. – 2009. – Атамұра. – 576 с.
2. Вилесов Е.Н., Гужавина Е.А., Уваров В.Н. К характеристике континентальности климата Казахстана / Вопросы гидрологии орошаемых земель Казахстана.– Алма-Ата: 1986. – С. 44-54.
3. Вилесов Е.Н., Таранец Л.К., Таранец С.А. О величине испаряемости на территории Республики Казахстан // Вестник КазГУ. Серия географическая. – 1995. – Вып. 2. – С. 188-200.
4. Иванов Н.Н. Зоны увлажнения земного шара // Известия АН СССР. Серия геогр. и геофиз. – 1941. – № 3. – С. 261-288.

Поступила 19.07.2017

Геогр. ғылымд. докторы Е.Н. Вилесов

## АСТАНА ҚАЛАСЫ КЛИМАТЫНЫҢ СИПАТТАМАСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ СОҢҒЫ 90 ЖЫЛДАҒЫ ӨЗГЕРУІ

**Түйінді сөздер:** климат, ауа температурасы, атмосфералық жауын-шашын, климаттың континенталдығы, булану, ылғалдану коэффициенті

*Мақалада Қазақстан Республикасының астанасы – Астана қаласының климаттық режимі сипатталған. Бұл үшін көп жылдық метеорологиялық бақылаулар мен автордың қосымша зерттеулерінің мәліметтері қолданылған. Мәліметтер негізгі метеорологиялық өлшемдер – ауа температурасы мен атмосфералық жауын-шашынның 1926 жылдан 2015 жылға дейінгі 90 жылдағы өзгерісі бойынша берілген.*

Vilesov E.N.

## FEATURES CLIMATE ASTANA AND THEIR CHANGES IN 90 YEARS

**Keywords:** air temperature, atmospheric precipitation, continental climate, volatility, humidification factor

*The article described the climate regime Astana the capital of Kazakhstan. To do this, use long-term meteorological data and additional research. Materials on the main meteorological variables – air temperature and precipitation, as well as to change them for 90 years, from 1926 to 2015.*