

УДК 504.38

Канд. геогр. наук

И.А. Седельников<sup>1</sup>М.М. Тайжанова<sup>1</sup>**ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ КЛИМАТА ГОРОДА ПЕТРОПАВЛОВСК ЗА 85 ЛЕТ**

**Ключевые слова:** термический режим, атмосферные осадки, климат, изменение климата, индекс континентальности

*В статье рассмотрены многолетние изменения основных компонентов климата – температурного режима и атмосферных осадков в городе Петропавловск Республики Казахстан. Дан анализ многолетним метеорологическим данным и их изменениям за период 1935...2019 гг. В результате анализа выявлено, что темп повышения среднегодовой температуры составил 0,17 °С/10 лет, максимальным изменениям подвергся зимний сезон, термический режим которого изменялся в 3 раза быстрее, чем летний. Годовые суммы осадков имеют незначительную тенденцию к увеличению (7...8 мм/10 лет). Изменениям подверглись зимний, осенний и весенний сезоны. В летний сезон тенденция к увеличению или к уменьшению годовых сумм осадков не выявлена. Определен индекс континентальности Петропавловска, который составил 57,1%. Он подвергся уменьшению степени континентальности на 0,53 %/10 лет.*

**Исследуемый объект.** Петропавловск – город на севере Казахстана, административный центр Северо-Казахстанской области. Город Петропавловск имеет внутриматериковое положение в зоне умеренных широт, его координаты 54°47' с. ш. и 69°07' в. д. и занимает площадь в 224,9 км<sup>2</sup>. Расположен на южной окраине Западно-Сибирской равнины, в лесостепной ландшафтной зоне умеренного пояса, на правом берегу р. Есиль (Ишим) [1]. Высота над уровнем моря составляет 100,3 м.

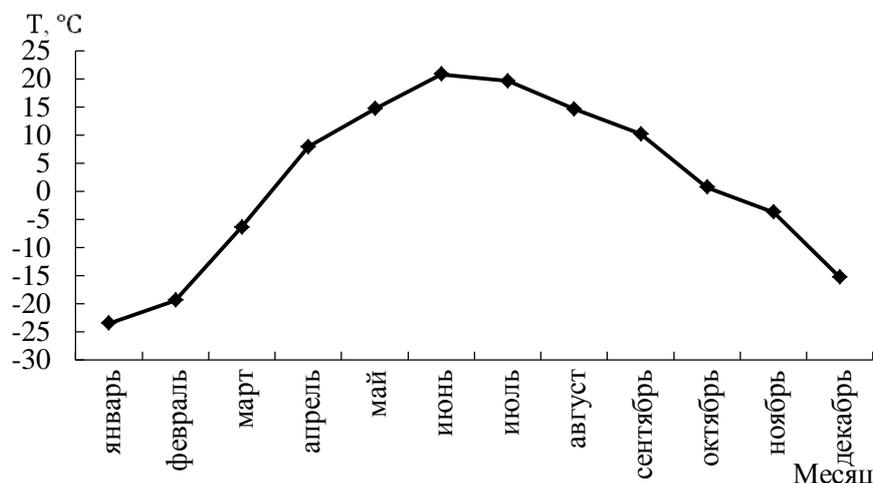
Метеорологические наблюдения в г. Петропавловске начали проводиться с 1890 г. Метеостанция за период работы переносилась трижды (1935 г., 1936 г., 1975 г.). Последний перенос осуществлён на территорию аэропорта, где она располагается в настоящее время [6].

<sup>1</sup> Северо-Казахстанский Государственный Университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, Казахстан

**Материалы и методы исследования.** Период работы станции составляет 130 лет, но имеются существенные пропуски в метеонаблюдениях вплоть до 1932 г. По этой причине было решено использовать метеоданные за последние 85 лет (1935...2019 гг.), что позволит более корректно определить изменения основных компонентов климата и установить их тенденции. Исходными данными в работе являются среднемесячные величины температуры воздуха и осадков. Использованные данные архива РГП «Казгидромет», а также из Климатологического справочника СССР (1966), Справочника по климату Казахстана (2004).

В ходе работы были использованы статистические методы: сводка и группировка материалов, определение абсолютных и относительных величин, метод вариационных рядов, выборочный метод, метод рядов динамики.

**Ход работы.** Нами проанализированы изменения термического режима города Петропавловск. Изучаемый объект характеризуется большой разностью и контрастностью как сезонных, так и межгодовых колебаний, а также довольно высокой суточной и годовой амплитудой (рис.1).



*Рис.1. Внутригодовой ход температуры воздуха в Петропавловске, °C.*

Амплитуда среднемесячных максимумов и минимумов изученного периода составила 53,6 °C. Среднемесячный минимум температуры воздуха (-30 °C) – январь 1969 г. Среднемесячный максимум (+23,6 °C) – июль 1998 г. Абсолютный минимум температуры (-44,3 °C) зафиксирован 13 января 1940 г., абсолютный максимум (+40,5 °C) – 18 июля 1940 г. Годовая амплитуда составила 84,8 °C.

Январь и июль являются самым холодным и самым теплым месяцами. Однако, выявлено, что им не всегда характерны наименьшие и наибольшие абсолютные значения. Абсолютный минимум отрицательных температур пришелся на декабрь 1968 г. (-43,6 °С) и на февраль 1951 г. (-42,5 °С). Резкие понижения температуры в зимнее время обусловлены вторжением континентального арктического воздуха с севера [3]. Абсолютный максимум положительных температур наблюдался в августе 1998 г. (+37,2 °С) и в июне 2010 г. (+37,4 °С). Изменения термического режима определяют по рядам средних значений. Чтобы сгладить краткосрочные колебания и выделить основную тенденцию, использован метод скользящих средних (рис. 2).

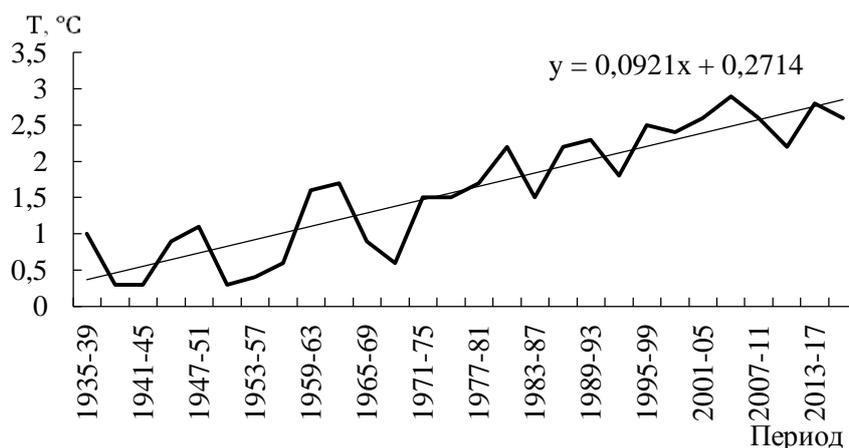


Рис. 2. Средние скользящие пятилетние среднегодовых температур и их линия тренда за 1935...2019 гг.

Из графика виден положительный тренд к повышению среднегодовой температуры. Максимальная среднегодовая температура зафиксирована в 1983 г. (+3,9 °С), а минимальная в 1941 г. (-1,2 °С). Среднемноголетняя годовая температура за 85 лет составила +1,6 °С.

Для сравнительного анализа период наблюдений поделен на два равных промежутка времени (1935...1976 гг., 1977...2019 гг.). В первый период среднемноголетняя годовая температура составила 0,9 °С. Отрицательные среднегодовые температуры зафиксированы в 1941 г. (-1,2 °С); 1945 г. (-0,3 °С); 1954 г. (-0,9 °С); 1960 (-0,3 °С). Их повторяемость за данный временной промежуток 12 % от общего количества лет.

В 1961 году происходит первый переход выше 2 °С (+2,3 °С) и повторяемость данной температуры составила 14,5 %. В 1962 г. наблюдается первый переход выше 3 °С (+3,2 °С), но это был единичный случай.

Последним годом с отрицательной среднегодовой температурой (-1,2 °С) является 1969 г. и выделяется аномально холодным январём, среднемесячная температура которого составила -30 °С. Остальные 70 % повторяемости приходится на температуры от 0 °С до +1,9 °С.

С 1977 по 2019 гг. среднемноголетняя годовая температура воздуха составила 2,3 °С., что в 2,5 раза больше среднемноголетней годово́й температуры начального периода наблюдений. Также этот период выделяется отсутствием отрицательных среднегодовых температур и заметной тенденцией к потеплению. Среднегодовая температура в 2 °С и выше зафиксирована в 45 % случаях, 3 °С и выше – 27 %, а остальные 28 % приходятся на температуру от 0 °С до 1,9 °С. Это соответствует данным из докладов Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), где отмечается, что последние десятилетия являются самыми теплыми на планете за прошедшие 150 лет [3]. Темп повышения среднегодовой температуры воздуха за весь период наблюдений составил 0,17 °С/10 лет.

Стоит отметить, что сезонные изменения неоднородны, несмотря на общий положительный тренд каждого из сезонов. Средние зимние температуры повысились от -16,2 °С до -13,4 °С, т.е. на 2,8 °С по 0,33 °С/10 лет. Максимальное значение средней температуры воздуха в зимние месяцы наблюдалось в декабре 2006 г. (-6,9 °С), минимальное – январь 1969 г. (-30 °С). Многолетняя средняя температура зимних месяцев (XII...II) за 85 лет составила -16,1 °С. Наблюдается тенденция к потеплению зимнего сезона (рис. 3).

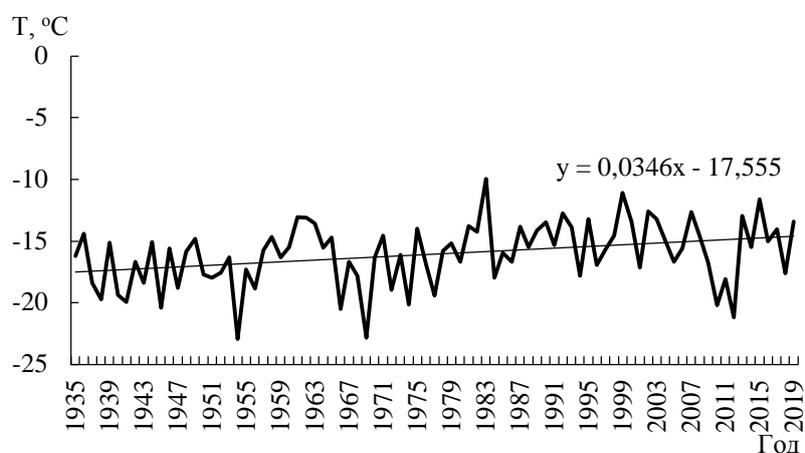


Рис. 3. Многолетний ход средней зимней температуры воздуха и её линия тренда за 1935...2019 гг.

Летний сезон характеризуется следующими показателями: многолетняя средняя температура летних месяцев (VI...VIII) составила +17,9 °С. Величины средних температур остались неизменны +18,2 °С в 1935 г. и 2019 г. Минимальное значение средней температуры воздуха зафиксировано в августе 1996 г. (+13,7 °С), максимальное – в июле 1998 г. (+23,6 °С). График (рис.4) показывает, что температура летнего сезона за 85 лет подверглась меньшим изменениям, чем в зимний сезон. Она испытывала флуктуацию около среднемноголетнего календарного уровня в +17,9 °С, с некоторой тенденцией к потеплению.

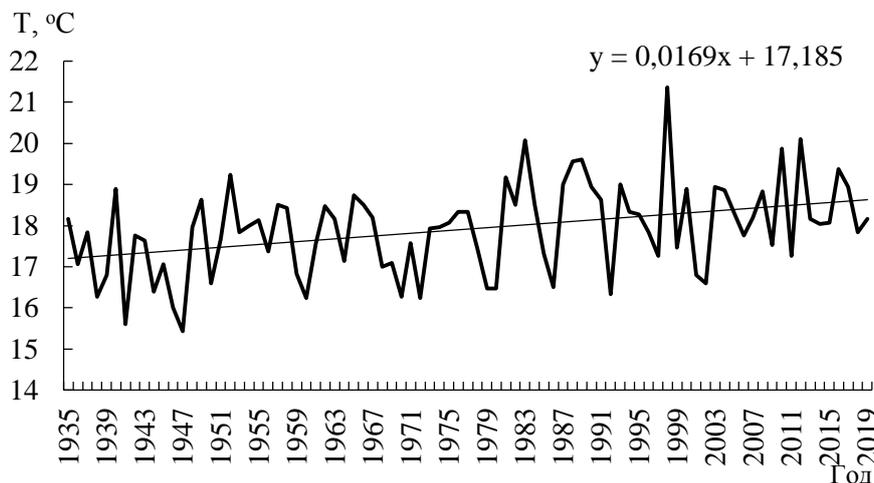


Рис 4. Многолетний ход средней летней температуры воздуха и её линия тренда за 1935...2019 гг.

Весной средняя многолетняя температура составила +2,4 °С, величины средних весенних температур (III...V) подверглись повышению, от +2,3 °С до +4,7 °С. Темп повышения весеннего периода 0,28 °С/10 лет. Осенью (IX...XI) темп повышения температуры ниже, чем весной. Величины средних осенних температур составили от +1,7 °С (1935 г.) до +3,2 °С (2019 г.), повышение на 0,17 °С/10 лет. Средняя многолетняя осенняя температура за 85 лет составила +2,1 °С.

Анализ вышеизложенного показывает, что повышению среднегодовой температуры за последние десятилетия способствовали зимний и весенний сезоны. Температура весеннего и зимнего сезона повышалась в 1,5...3 раза быстрее, чем осеннего и летнего.

**Атмосферные осадки.** Изменение режима атмосферных осадков за исследуемый период представляет собой неоднородную картину (рис. 5).

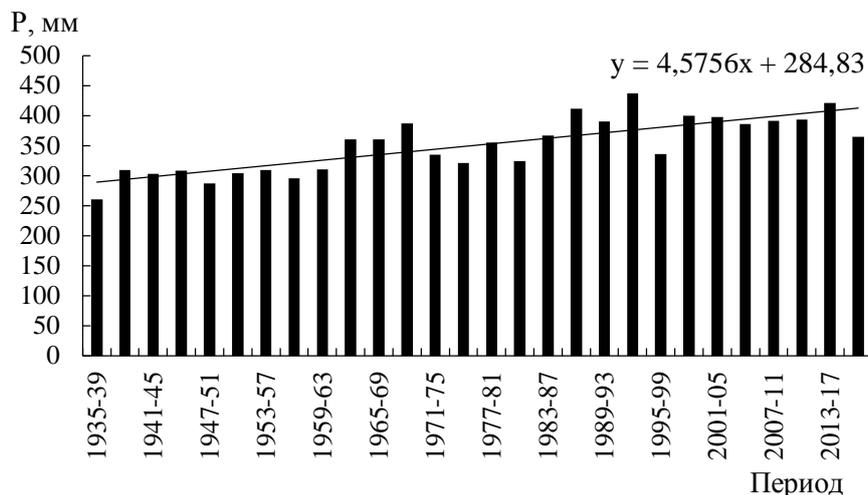


Рис. 5. Средние скользящие пятилетние годовых сумм осадков и их линия тренда за 1935...2019 гг.

Из данных, приведенных на графике, видно, что даже осредненные значения количества осадков заметно отличаются во времени, и имеют резкие колебания от года к году. Данные наблюдения за 85 лет показывают, что в Петропавловске они варьируются от 164 мм (1936 г.) до 594 мм (1994 г.), составляя соответственно 47 % и 172 % средней многолетней величины (350 мм). Однако прослеживается незначительная тенденция к увеличению годовых сумм осадков при среднем их приросте по 7...8 мм/10 лет (табл. 1).

Таблица 1

Повторяемость годовых сумм осадков за период 1935...2019 гг.

Года	Осадки (мм)				
	100...200	200...300	300...400	400...500	500...600
1935...1976	4,7 %	40,5 %	38 %	16,7 %	0 %
1977...2019	0 %	12 %	52,4 %	31 %	7,1 %

Годовое количество осадков 500 мм наблюдалось трижды за последние 30 лет.

Аномальные значения 500...600 мм были зафиксированы и ранее: в 1905 г. (618 мм), в 1908 г. (541 мм). Но следующий переход через 500 мм произошёл в 1994 г. (594 мм), что говорит больше об аномальности 1905 и 1908 гг., чем о закономерности [7].

Среднемноголетним месячным суммам осадков также характерна неоднородность (рис.6).

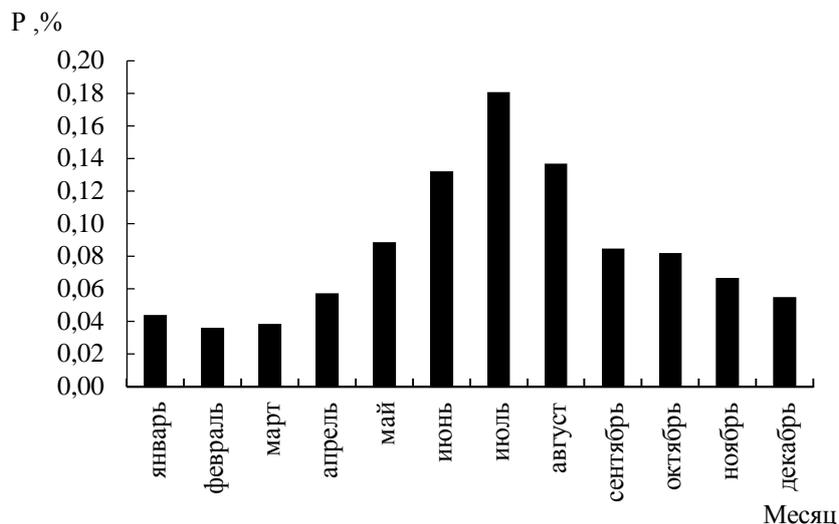


Рис. 6. Среднее многолетнее внутригодовое распределение осадков (месячные суммы осадков в процентах от годовых, %).

Абсолютный минимум осадков за месяц (0...1 мм) зафиксирован в мае 1959 г, а абсолютный максимум – (июль 1994 г. – 208 мм), что составило 315 % месячной нормы (табл. 2).

Таблица 2

Экстремальные значения средних месячных осадков, мм

Месяц	Норма	Минимум	Максимум
Январь	22	0,5 (2012 г.)	42 (2001 г.)
Февраль	16	0,4 (1962 г.)	48 (1966 г.)
Март	13	0,5 (1998 г.)	40 (1994 г.)
Апрель	20	0,2 (1953 г.)	56 (2006 г.)
Май	27	0,0 (1959 г.)	96 (2011 г.)
Июнь	40	0,7 (1955 г.)	116 (1950 г.)
Июль	67	10 (1984 г.)	208 (1994 г.)
Август	47	3 (1981 г.)	141 (1954 г.)
Сентябрь	32	3 (1951 г.)	109 (1946 г.)
Октябрь	30	2 (1991 г.)	93 (1969 г.)
Ноябрь	27	0,6 (1967 г.)	68 (2002 г.)
Декабрь	25	0,8 (1974 г.)	57 (1989 г.)

В большей мере изменениям подвержены зимние, весенние и осенние месяцы. Несмотря на чередование отрезков с довольно разным количеством осадков, в каждом из сезонов видна тенденция к увеличению

суммы осадков [2]. Средний прирост зимних сумм осадков составил 3,7 мм/10 лет, весенних 3,4 мм/10 лет, осенних 4,6 мм/10 лет.

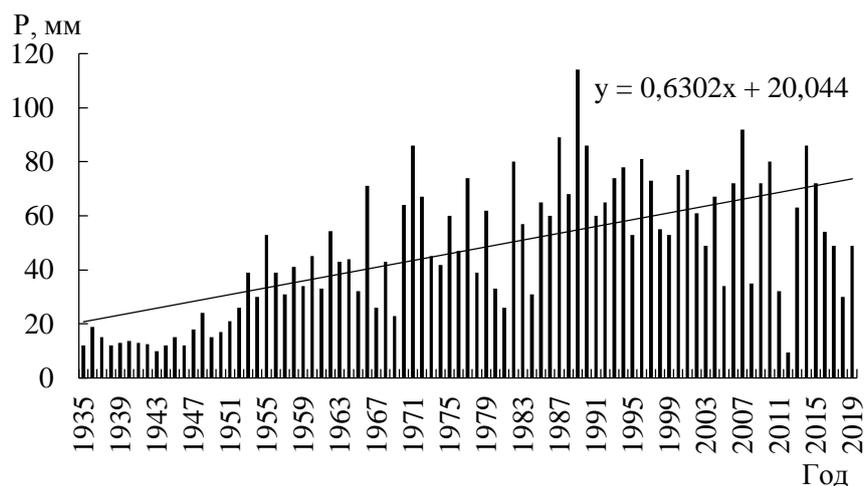


Рис. 7. Межгодовой ход сумм осадков зимних месяцев и их линия тренда за 1935...2019 гг.

Тенденция к увеличению сумм осадков летних месяцев не выявлена. На протяжении всего периода наблюдений линия тренда оставалась примерно на одном уровне. Но, как и остальным сезонам, летнему сезону характерна резкая изменчивость сумм осадков из года в год.

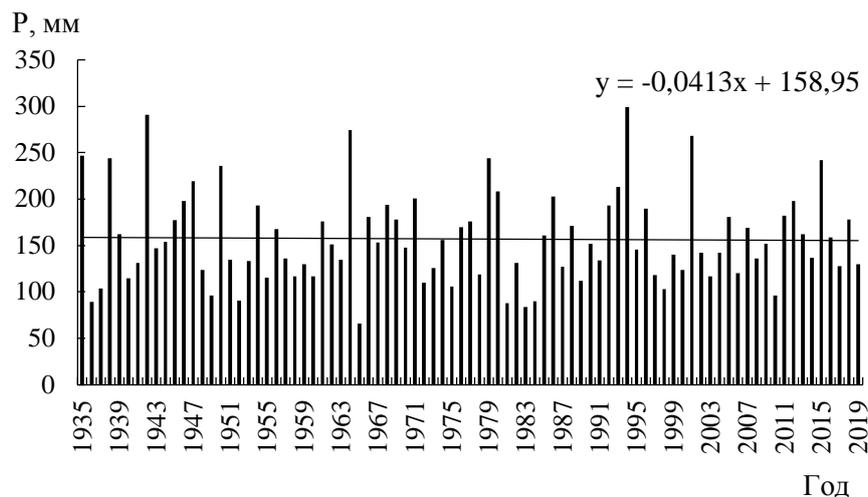


Рис. 8. Межгодовой ход сумм осадков календарных летних месяцев и их линия тренда за 1935...2019 гг.

**Индекс континентальности.** Ввиду заметного потепления зимнего сезона, важно знать степень континентальности климата на данный момент времени, а также его изменения за 85 лет.

Для этого наблюдаемый период поделен на два временных отрезка – 1935...1976 и 1976...2019 гг.

При определении индекса континентальности использовали формулу Л. Горчинского:

$$K = \frac{1,7A}{\sin \varphi} - 20,4 ,$$

где  $A$  – годовая амплитуда температуры воздуха,  $\varphi$  – широта.

В итоге, выявлено, что в первом отрезке времени (1935...1976 гг.) индекс континентальности составил 58,4 %, во втором (1977...2019 гг.) индекс составил 57,5 %. Данный процент подтверждает, что Петропавловск имеет континентальный климат, как указывается во многих учебниках и монографиях, но наблюдается изменение в сторону уменьшения степени континентальности на 0,53 %/10 лет. Средний многолетний индекс континентальности за весь период наблюдений составил 57,1 %.

**Вывод.** проанализировав многолетние метеорологические данные по г. Петропавловску, мы с уверенностью можем сказать, что данная территория подверглась изменениям как значительным, например, термический режим зимнего сезона, так и минимальным, в виде незначительного тренда к повышению количества осадков. Но даже если изменения не так значительны, их ни в коем случае нельзя игнорировать ни жителями города, ни хозяйствующим субъектам, чьё производство тесно связано с климатическими условиями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белецкая Н.П., Дмитриев П.С., Назарова Т.В., Пашков С.В., Фомин И.А. Рекреационный потенциал Северо-Казахстанской области. Ч. 1. – Петропавловск: СКГУ им. М. Козыбаева, 2019. – С. 5.
2. Ежегодный бюллетень мониторинга изменения климата Казахстана: 2018 год. – Астана: РГП «Казгидромет», 2019. – С. 27.
3. Изменение климата, 2013 г. Резюме для политиков // Доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата / под ред. Д. Цинь, Дж.-К. Платтнер, М. Тигнор, С.К. Аллен, Дж. Бошунг, А. Науэлс, Ю. Ся, В. Бекс и П.М. Мидглей. – Женева, 2013. – С. 3-5.

4. Климат Казахстана / под ред. Утешева А.С. – Л.: Гидрометеоиздат, 1959. – С. 35-36.
5. Климатический справочник СССР. Казахская ССР. Выпуск 18: Метеорологические данные за отдельные годы. Ч. 1. Температура воздуха. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – С. 15-16.
6. Справочник по климату Казахстана. Выпуск 1: Северо-Казахстанская область. Раздел 1. Температура воздуха. – Алматы, 2004. – С. 21.
7. Тайжанова М.М. Климат Северо-Казахстанской области: методическое пособие для учителей географии и студентов специальности «География». – Петропавловск: ППИ им. К.Д. Ушинского, 1989. – С. 7.

Поступила 26.06.2020

И.А. Седельников

Геогр. ғылымд. кандидаты М.М. Тайжанова

### **ПЕТРОПАВЛ ҚАЛАСЫ КЛИМАТЫНЫҢ НЕГІЗГІ КОМПОНЕНТТЕРІНІҢ 85 ЖЫЛ АРАЛЫҒЫНДАҒЫ ӨЗГЕРУІ**

**Түйін сөздері:** термиялық режимі; атмосфералық жауын-шашын; климат; климаттың өзгеруі; континенталдық индексі

*Мақалада климаттың негізгі компоненттерінің – температуралық режимі және Қазақстан Республикасының Петропавл қаласындағы атмосфералық жауын-шашынның көп жылдық өзгерістері қарастырылған. Талдау нәтижесінде орташа жылдық температураның өсу қарқыны  $0,17\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  жылды құрайтыны анықталды, қысқы маусым барынша өзгерістерге ұшырады, оның термиялық режимі жазғыға қарағанда 3 есе жылдам өзгерді. Жауын-шашынның жылдық мөлшері шамалы ұлғаю үрдісіне ие ( $7...8\text{ мм}/10$  жыл). Қысқы, күзгі және көктемгі маусымдар өзгерістерге ұшырады. Жазғы маусымда жылдық жауын-шашын мөлшерінің ұлғаю немесе азаю үрдісі анықталған жоқ. Петропавлдың континенталдық индексі анықталды, ол  $57,1\%$  құрады. Континенталдық индекс дәрежесі  $0,53\%$ /10 жылда азайған.*

## **CHANGES IN THE MAIN COMPONENTS OF PETROPAVLOVSK CLIMATE OVER 85 YEARS**

**Keywords:** thermal regime; atmospheric precipitation; climate; climate change; continental index

*The article deals with long-term changes in the main components of climate-temperature regime and precipitation in the city of Petropavlovsk of Republic of Kazakhstan. The analysis of long-term meteorological data and their changes for the period from 1935 to 2019 is given. The analysis revealed that the rate of increase in the average annual temperature was 0.17 °C/10 years, the maximum changes were made in the winter season, the thermal regime of which changed 3 times faster than in the summer. Annual precipitation amounts tend to increase slightly (7...8 mm/10 years). The winter, autumn and spring seasons have changed. In the summer season, there is no tendency to increase or decrease the annual precipitation amounts. The index of continentality of Petropavlovsk was determined, which was 57.1 %. It has undergone a decrease in the degree of continentality by 0.53 %/10 years.*