

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЪ-ФАРАБИ

С. Е. Полякова

КЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ
ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОГО
РЕГИОНА

Монография

Алматы
«Қазақ университеті»
2025

УДК 591.543

ББК 26.236

П 54

*Рекомендована к изданию Ученым советом
(протокол №9 от 3 апреля 2025 г.)*

и Редакционно-издательским советом

*Казахского национального университета имени аль-Фараби
(протокол №1 от 30 мая 2025 г.)*

*Монография выполнена в рамках гранта НИР № BR21882122
«Устойчивое развитие природно-хозяйственных и социально-
экономических систем Западно-Казахстанского региона в контексте
зеленого роста: комплексный анализ, концепция, прогнозные оценки и
сценарии» при поддержке Комитета науки Министерства науки и
высшего образования Республики Казахстан*

Рецензенты:

доктор географических наук, профессор С.К. Давлетгалиев

доктор PhD Ж.К. Наурызбаева

Полякова С.Е.

П 54 Климатический потенциал Западно-Казахстанского региона:
монография / С.Е. Полякова. – Алматы: Қазақ университеті,
2025. – 204 с.

ISBN 978-601-04-7057-6

В монографии рассматривается современный климат Западно-Казахстанского региона и его изменения за период 1961-2023 гг. Представлено пространственное распределение основных метеорологических величин, оценены тенденции их изменения на основе тестов Манна-Кендалла, Сена и Петтитта, а также изучен климатический потенциал региона для развития и использования возобновляемых источников энергии. Изменение метеорологических параметров связано с повторяемостью атмосферных процессов, в связи с этим рассмотрены колебания общей циркуляции атмосферы и представлены сезонные распределения аномалий температуры воздуха и осадков по региону исследования.

Книга предназначена для специалистов в области метеорологии и смежных наук, докторантам, магистрантам и студентам.

УДК 591.543

ББК 26.236

ISBN 978-601-04-7057-6

© Полякова С.Е., 2025

© КазНУ им. аль-Фараби, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	5
ВВЕДЕНИЕ	7
1. ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА	9
1.1. Современные концепции глобальных и региональных изменений климата	9
1.2. Глобальные изменения климата	16
1.3. Региональные изменения климата	25
1.4. Климатические индексы	30
1.5. Климат и устойчивое развитие	39
2. КЛИМАТ ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОГО РЕГИОНА.....	47
2.1. Общие сведения	47
2.2. Климатические зоны	50
2.3. Радиационный режим	53
2.4. Термический режим	68
2.5. Режим атмосферных осадков	79
2.6. Режим ветра	90
3. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЗАПАДНО- КАЗАХСТАНСКОГО РЕГИОНА	98
3.1. Изменение температуры воздуха	98
3.2. Изменение атмосферных осадков	117
4. АТМОСФЕРНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ОСАДКОВ	127
4.1. Многолетние колебания общей циркуляции атмосферы и распределение аномалий температуры воздуха и осадков	127
4.1.1. Особенности распределения аномалии температуры воздуха для различных форм циркуляции	136
4.1.2. Особенности распределения аномалии сезонного количества осадков для различных форм циркуляции	140

4.2. Эпохи атмосферной циркуляции и длительные тенденции в изменении температуры воздуха и осадков	144
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	154
ЛИТЕРАТУРА	158
Приложение А	176
Приложение Б	186
Приложение В	189
Приложение Г	192
Приложение Д.....	202

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ВМО – Всемирная метеорологическая организация
ЗКР – Западно-Казахстанский регион
ВИЭ – возобновляемые источники энергии
ООН – Организация Объединенных Наций
МГЭИК – Межправительственная группа экспертов по изменению климата
PCA – Principal Component Analysis – анализ главных компонент
SBMF – solar background magnetic field – суммарная кривая собственных векторов
GSC – grand solar cycle – глобальный солнечный цикл
TSI – Total Solar Irradiance – полная солнечная радиация
НИЦ – Научно-исследовательский центр
TX90p – количество экстремально теплых (жарких) дней
TX10p – количество холодных (нежарких) дней
TN10p – количество экстремально холодных ночей
TN90p – количество теплых ночей
WSDI – продолжительность волн тепла
CSDI – продолжительность волн холода
PRCPTOT – годовые суммы осадков
ЦУР – Цели устойчивого развития
АСПР РК – Агентство по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан
ЕЭК – Европейская экономическая комиссия
СПИК – статистические показатели изменения климата Республики Казахстан, разработанные на основе Глобального набора, рекомендованные ЕЭК ООН
ND-GAIN – Глобальная инициатива по адаптации Нотр-Дам
GSA – Глобальный солнечный атлас – Global Solar Atlas
DNI – показатель солнечной радиации, который измеряет количество солнечной энергии, падающей перпендикулярно на единицу площади – Direct normal Irradiance
DHI – часть солнечной радиации, которая достигает поверхности непрямым путем – Diffuse horizontal irradiation

КИУМ – коэффициент использования установленной мощности

СЭС – солнечная электростанция

ЗКО – Западно-Казахстанская область

МС – метеорологическая станция

ВЭС – ветровая электрическая станция

ΔT – аномалия температуры воздуха

МК-тест – тест Манна-Кендалла (Mann-Kendall test)

STS – стандартизированная тестовая статистика (Standardized

Test Statistics)

Sen's slope – наклон Сена

Pettitt's test – тест Петтитта

T – температура воздуха, °C

ΔT – аномалия температуры воздуха, °C

σ – среднее квадратическое отклонение

R – количество выпавших осадков, мм

ΔR – аномалия сумм осадков, мм

ОЦА – общая циркуляция атмосферы

ПВФЗ – планетарная высотная фронтальная зона

ЕТР – европейская территория России

W, E, C – формы атмосферной циркуляции

ΔW_0 – аномалия чисел Вольфа

ВВЕДЕНИЕ

Проблема глобальных и региональных изменений климата продолжает оставаться актуальной. По данным Всемирной метеорологической организации (ВМО), последние десять лет (с 2015 по 2024 год) являются самыми теплыми за всю историю наблюдений. Согласно консолидированному анализу шести наборов данных ВМО, средняя глобальная температура в 2024 году на $1,55\text{ }^{\circ}\text{C}$ (с погрешностью $\pm 0,13\text{ }^{\circ}\text{C}$) превышает среднее значение за 1850-1900 годы [1].

Каковы причины современного глобального потепления? Однозначного ответа на этот вопрос не существует. В настоящее время широко обсуждаются две основные версии объяснения происходящего потепления – антропогенная и естественная.

В условиях сохраняющейся неопределенности в вопросе о генезисе современного потепления чрезвычайно важными остаются эмпирико-статистические оценки пространственно-временной изменчивости метеорологических полей [2].

Современные изменения климата – один из ключевых вызовов, стоящих перед человеком. Многолетний опыт автора в изучении особенностей притока солнечной радиации, пространственно-временного распределения температуры воздуха и осадков, а также их экстремальных значений и возникновения опасных природных явлений способствовал выявлению циркуляционных особенностей формирования полей основных метеорологических величин, что важно для понимания региональных климатических изменений.

В связи с вышесказанным данная монография направлена на изучение современного климата Западно-Казахстанского региона (ЗКР), который обладает большим природным потенциалом и является крупнейшим нефтегазодобывающим районом Казахстана.

Западно-Казахстанский регион занимает площадь $736,1\text{ тыс. км}^2$ и включает 3 климатические зоны. Потенциал каждой зоны определяется режимом температуры воздуха и осадков. Оценка тенденции месячных, сезонных и годовых изменений основных метеорологических величин проведена за

период 1961-2023 гг. с применением непараметрических критериев Манна-Кендалла, Сена и Петтитта. С изменением климата наблюдается повышение температуры воздуха, неравномерное выпадение осадков и увеличение рисков возникновения природных стихийных явлений [3].

Сегодня Казахстан взял курс на развитие экономики без ущерба для окружающей среды, была принята Концепция перехода Республики Казахстан к «зеленой» экономике до 2050 года и достижения нулевого баланса выбросов до 2060 года [4]. Казахстан называют страной солнца, ветра и воды. Он располагает большими возобновляемыми энергетическими ресурсами. Его обширные степи, в частности Западно-Казахстанского региона (ЗКР), обладают конкурентоспособными в мировом масштабе ветровыми ресурсами, а потенциал солнечной энергии не имеет ограничений по территории. В связи с этим для ЗКР климатический потенциал в виде солнечной и ветровой энергии имеет большое значение для развития и использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Выявление региональных изменений климата весьма важно учитывать при принятии управленческих решений в различных отраслях экономики для устойчивого развития государства.

Монография написана при выполнении НИР по программе «Устойчивое развитие природно-хозяйственных и социально-экономических систем Западно-Казахстанского региона в контексте зеленого роста: комплексный анализ, концепция, прогнозные оценки и сценарии» при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № BR21882122).

1. ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

1.1. Современные концепции глобальных и региональных изменений климата

Земля получает энергию от Солнца. Способность климатической системы усваивать определенное количество солнечной энергии называется климатом, а изменение (увеличение или уменьшение) этой способности приводит к изменениям климата. Существуют и другие определения климата. Так, к примеру, Монин А.С. определил климат как «статистический ансамбль состояний, которые проходит система океан – суша – атмосфера в период времени в несколько десятилетий». Также под климатом понимают многолетний режим погоды, т.е. совокупность последовательных смен возможных условий погоды за десятилетия, характерные для данной местности [5-9].

Климат формируется в результате взаимодействия основных компонентов климатической системы (рис. 1): наиболее подвижной – атмосферы [10], менее подвижных – океана [11] и криосферы, а также поверхности суши и биосферы, включающей растительный и животный мир, а также самого человека.

Он непрерывно меняется под влиянием множества факторов, действующих в разных масштабах времени – от десятилетий до миллиардов лет [12-15].

К числу важнейших климатообразующих факторов относятся астрономические и геофизические. Согласно Мониному А.С. и Шишкову Ю.А. [8], астрономические факторы – это светимость Солнца, положение и движение Земли в Солнечной системе, наклон ее оси вращения к плоскости орбиты и скорость вращения. Данные факторы определяют инсоляцию Земли (облучение солнечной радиацией), а также гравитационное воздействие внешних сил, создающих как приливы, так и колебания характеристик орбитального движения и собственного вращения Земли, что приводит к колебаниям в распределении инсоляции на внешней границе атмосферы [7, 16, 17].

Научное издание

Светлана Евгеньевна ПОЛЯКОВА

**КЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ
ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОГО
РЕГИОНА**

Монография

Компьютерная верстка
и дизайн обложки *Н. Базарбаевой*

ИБ №11480

Подписано в печать 31.05.2025. Формат 60х84 1/16. Бумага офсетная.

Печать цифровая. Объем 12,8 п.л. Тираж 500 экз. Заказ №318.

Издательский дом «Қазақ университеті»

Казахского национального университета им. аль-Фараби.

050040, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71. КазНУ.

Отпечатано в типографии издательского дома «Қазақ университеті»