



Научная статья

## РЕЖИМ ПРИЗЕМНОГО ВЕТРА В КАЗАХСТАНЕ

Бакыт Т. Жездибаева , Аружан Ә. Әбілқадир , Акмарал Б. Смагулова , Айзат Е. Жаксыбаева 

РГП «Казгидромет», Астана, Казахстан; [zhezdebayeva\\_b@meteo.kz](mailto:zhezdebayeva_b@meteo.kz) (БТЖ), [abilkadi\\_a@meteo.kz](mailto:abilkadi_a@meteo.kz) (АӘӘ), [smagulova\\_ak@meteo.kz](mailto:smagulova_ak@meteo.kz) (АБС), [zhaksybayeva\\_a@meteo.kz](mailto:zhaksybayeva_a@meteo.kz) (АЕЖ)

\*Автор корреспонденции: Акмарал Б. Смагулова, [smagulova\\_ak@meteo.kz](mailto:smagulova_ak@meteo.kz)

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

скорость ветра,  
максимальная скорость  
ветра,  
аномалия,  
линейный тренд,  
статистически значимый.

### АБСТРАКТ

В данной работе рассматриваются пространственно-временные особенности ветрового режима на территории Республики Казахстан, на основе данных наземных метеорологических станций, а также с использованием современных методов анализа климатических параметров. Казахстан, обладая обширной территорией с разнообразным рельефом – от равнин и степей до горных массивов – демонстрирует значительную вариативность скоростей и направлений ветра. Эта вариативность обусловлена как крупномасштабными климатическими процессами, так и локальными орографическими особенностями. Проведенный анализ позволил выделить устойчивые ветровые зоны, определить характерные сезонные колебания, а также выявить многолетние тенденции изменения ветровых характеристик. Полученные результаты представляют практическую ценность для проектирования ветроэнергетических установок, строительства объектов, чувствительных к ветровой нагрузке, а также для разработки региональных стратегий адаптации к изменению климата.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Ветер является важной климатической компонентой, поскольку ветром обусловлен перенос тепла, влаги, аэрозоля и различных примесей. Климатические характеристики скорости ветра в пограничном слое необходимы для различных задач, как исследовательских, так и прикладных [1]. Ветровой режим, как правило, формируется под влиянием атмосферной циркуляции, местных барикоциркуляционных и термических условий моря. И, соответственно, изменения в поле ветра могут указывать об изменениях в циркуляционных процессах [2].

Изменения ветрового режима могут служить индикаторами климатических сдвигов. В условиях глобального потепления перераспределение температур и изменение циркуляции атмосферы могут сопровождаться как усилением, так и ослаблением приземных ветров, что, в свою очередь, отражается на режимах осадков, частоте экстремальных погодных явлений и влаговом балансе территории [3]. Эти изменения особенно важны для оценки климатических рисков, в том числе риска засух, опустынивания и разрушительных штормов [4].

С точки зрения эрозионных процессов, ветер играет ведущую роль в переносе почвенных частиц, особенно в зонах с пониженной увлажненностью и ослабленным растительным покровом. Нарушение структуры землепользования может приводить к усилению ветровой эрозии, что требует проведения мониторинга и внедрения защитных мероприятий [5].

Ветровой режим также представляет собой ключевой ресурс для ветроэнергетики. Определение средней и экстремальной скорости ветра, устойчивости направлений и суточной изменчивости позволяет оценивать энергетический потенциал территории. При этом важна не только высокая

#### По статье:

Получено: 29.09.2025

Пересмотрено: 06.10.2025

Принято: 06.10.2025

Опубликовано: 08.10.2025

**Для цитирования:**

Жездибаева Б., Әбілқадир А., Смагулова А., Жаксыбаева А. Режим приземного ветра в Казахстане // Гидрометеорология и экология, 119 (4), 2025, 177-189.

среднегодовая скорость ветра, но и его стабильность, что напрямую влияет на эффективность и рентабельность ветряных электростанций [6].

Не менее важен ветер и в контексте урбанистики и охраны окружающей среды. В условиях плотной городской застройки слабые ветры могут приводить к застою воздуха и ухудшению экологической обстановки. Напротив, чрезмерно сильные ветровые потоки создают риски для инфраструктуры и безопасности. Таким образом, планирование городской среды требует учета характеристик ветрового режима при проектировании зданий, улично-дорожной сети и озеленения [7]. Определение неблагоприятных направлений и скоростей ветра, при которых создаются наиболее высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха в изучаемых районах, рассматривается как ключевой этап оценки экологической ситуации и разработки мер по улучшению качества воздуха. Анализ таких ветровых условий позволяет выявить зоны наибольшего накопления загрязняющих веществ и способствует эффективному планированию мониторинга и управления загрязнением атмосферы [8].

В ряде исследовательских работ рассматривается проблема мониторинга опасных ветровых нагрузок на сооружения, подчеркивается важность учета скорости и длительности воздействия ветра при проектировании и эксплуатации зданий и инженерных объектов, а также необходимость обновления нормативной базы с учетом современных методов наблюдений [9...10].

Таким образом, ветер – это многофакторный климатический элемент, значение которого охватывает широкий спектр направлений: от устойчивого развития энергетики до предотвращения деградации земель и оценки климатической изменчивости. Его системное изучение и мониторинг являются важными составляющими национальной климатической и экологической политики.

В связи с изложенным целью настоящего исследования является анализ характеристик приземного ветра на территории Казахстана, выявление основных закономерностей его распределения и тенденций изменения, а также определение перспективных зон для развития ветроэнергетики и минимизации климатических рисков.

## 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ ветровой активности на территории Республики Казахстан проведен на основе данных о приземной скорости ветра за 2024 год, с учетом оценки многолетних изменений, начиная с 1979 года. В качестве исходного материала использованы данные наблюдений скорости приземного ветра, полученные с наземных метеорологических станций государственной наблюдательной сети РГП «Казгидромет» за период 1979...2024 гг. Скорость и направление ветра на метеостанциях регистрируются с помощью анеморумбометра М-63, установленного на мачте на высоте 10...12 метров над уровнем поверхности земли. Высота установки датчика выбрана в соответствии с международными стандартами для минимизации влияния поверхности и обеспечения репрезентативности измерений в приземном слое атмосферы.

В рамках исследования были рассчитаны основные характеристики ветрового режима, включая максимальную скорость ветра, аномалии скорости ветра, число дней с сильным ветром (определяемым как скорость ветра, превышающая 15 м/с), а также 95-й процентиль скорости ветра и числа дней с сильным ветром, что позволило оценить экстремальные ветровые события [11].

Аномалия вычислялась как разность между фактическим значением за 2024 год и соответствующей климатической нормой за период 1991...2020 гг. Число дней с сильным ветром рассчитывалось на основе ежедневных данных о скорости

ветра, при этом учитывались только те дни, когда максимальная скорость ветра превышала установленный порог.

Для оценки многолетней изменчивости и выявления тенденций изменения каждого из рассматриваемых показателей применялся метод линейной регрессии с использованием метода наименьших квадратов. Данный подход позволяет оценить скорость изменений во временных рядах данных, выявляя положительные или отрицательные тренды в различных регионах и по сезонам. Статистическая значимость выявленных трендов проверялась с помощью статистических тестов, с использованием стандартного уровня достоверности  $p < 0.05$ . Это обеспечивает уверенность в том, что обнаруженные изменения не являются случайными, а имеют системный характер. Аналогичная методология применялась в ряде предшествующих климатических исследований, посвященных анализу изменений ветрового режима, таких как: расчетные оценки ветровой нагрузки с заданной обеспеченностью для различных регионов России [12], исследование многолетних трендов скорости ветра в Китае [13], оценка глобальных изменений приземной скорости ветра с использованием данных повторного анализа [14], а также анализ тенденций ветровой активности в Турции [15].

Динамика средней многолетней скорости ветра за период 1979...2024 гг. была оценена на основе агрегированных данных метеорологических станций по территории Казахстана. Для каждого года рассчитывалось среднее значение скорости ветра по всем доступным станциям, что позволило получить единый временной ряд, отражающий пространственно осредненные изменения ветрового режима в регионе.

Для наглядного представления и пространственного анализа результатов были построены карты распределения рассчитанных показателей и выявленных трендов с применением геоинформационных систем. Построенные карты обеспечивают наглядную оценку региональных особенностей и динамики изменений.

Итоговые значения трендов и их статистическая значимость были сгруппированы по сезонам года (зима, весна, лето, осень) и представлены в виде сводных таблиц, что облегчает сравнение сезонных различий и региональных особенностей ветровой активности.

### **3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Пространственное распределение максимальной скорости ветра за 2024 год показал выраженные региональные различия, обусловленные как климатическими особенностями, так и орографическими условиями страны (таблица 1). В 2024 году на метеостанциях Республики Казахстан экстремальный ветер наблюдался преимущественно в северных, центральных и юго-восточных регионах страны. На представленных метеостанциях максимальная скорость ветра достигала 30 м/с и выше, что соответствует категории очень сильного и штормового ветра, способного оказывать стихийное гидрометеорологическое воздействие на инфраструктуру и экосистемы. В таблице 1 представлены метеостанции, на которых были зафиксированы скорости ветра 30 м/с и выше.

Наибольшее значение скорости ветра – 40 м/с было зарегистрировано на метеостанции Жаланашколь (область Жетысу), что свидетельствует о наличии в данной зоне экстремальных ветровых условий. Такие экстремальные ветровые условия обусловлены климато-орографическими особенностями данного региона. Жаланашколь расположен в зоне с выраженным влиянием горного рельефа, который способствует усилению ветровых потоков за счет эффекта ускорения воздушных масс при прохождении через горные перевалы и ущелья. Особенно значимым фактором является расположение метеостанции в районе Жетысуских

ворот – узкого межгорного прохода между хребтами Жетысуского Алатау и Тарбагатая, где формируется аэродинамический эффект, способствующий усилению и устойчивости сильных ветров. При этом исторический максимум скорости ветра, зафиксированный на данной метеостанции в период с 1979 по 2024 гг., составляет 60 м/с и наблюдался в 1979, 1982 и 1983 годах. Это подчёркивает устойчивую склонность региона к возникновению сильных и опасных ветров. В целом область Жетысу характеризуется высокой ветровой активностью. В 2024 году на значительной части территории наблюдались сильные ветры со скоростью свыше 15 м/с. Особенно интенсивные ветровые условия за 2024 год зафиксированы в восточной и юго-восточной части области – на метеостанциях Алаколь, Жаркент и Сарыозек, где максимальные скорости достигали 25 м/с.

**Таблица 1**

Максимальные значения скорости ветра  $\geq 30$  м/с, зарегистрированные на метеостанциях Республики Казахстан в 2024 году

№	Метеостанция	Область	Скорость ветра, м/с
1	Есиль	Акмолинская	30
2	Жалтыр	Акмолинская	30
3	Родниковка	Актюбинская	30
4	Аксенгир	Алматинская	30
5	Ертис	Павлодарская	30
6	Актогай	Павлодарская	30
7	Баянауыл	Павлодарская	31
8	Ерейментау	Акмолинская	33
9	Тайынша	Северо-Казахстанская	33
10	Тараз	Жамбылская	34
11	Родниковское	Карагандинская	34
12	Корнеевка	Карагандинская	34
13	Шарбакты	Павлодарская	34
14	Чкалово	Северо-Казахстанская	34
15	Шокпар	Жамбылская	36
16	Жаланашколь	Жетысу	40

Для оценки однородности временного ряда максимальных значений скорости ветра метеостанции Жаланашколь за период 1979...2024 гг. был применён непараметрический тест Петита, предназначенный для выявления статистически значимых структурных сдвигов в ряде. В ходе анализа подсчитано количество изменений знаков разностей между соседними наблюдениями и рассчитана соответствующая статистика теста. Полученное значение статистики показало значимое отклонение от гипотезы однородности, что свидетельствует о наличии структурных разрывов и неоднородности временного ряда. В ряде наблюдается выраженный спад в 2023 году.

Скорости в диапазоне 34...36 м/с были отмечены преимущественно в Северо-Казахстанской, Карагандинской, Жамбылской и Павлодарской областях, тогда как экстремумы 30 м/с фиксировались также в Актюбинской, Акмолинской, Алматинской и Павлодарской областях.

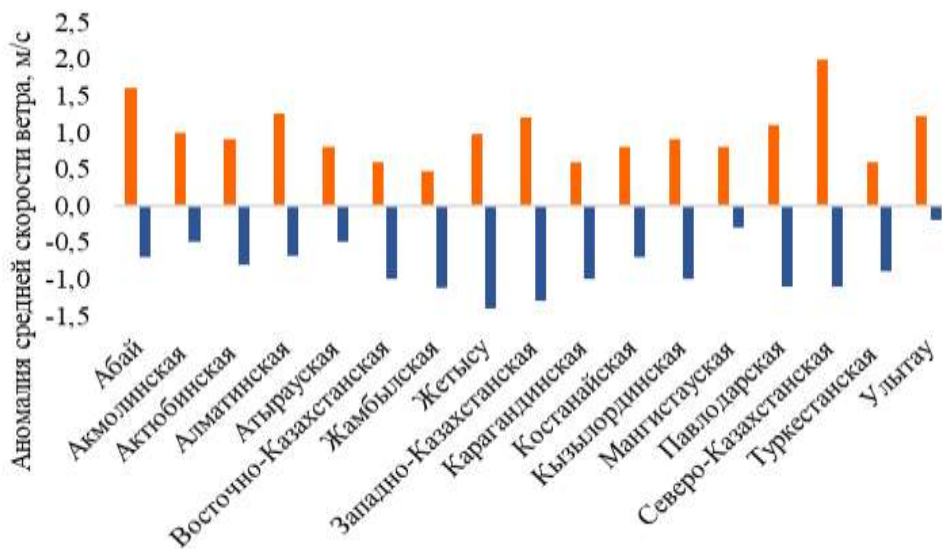
Анализ аномалий среднегодовой скорости приземного ветра за 2024 год по отношению к климатической норме за период 1991...2020 гг. позволил выявить

особенности пространственного распределения и характера отклонений ветрового режима на территории Республики Казахстан (рисунок 1).

Значения максимальных положительных аномалий (усиление ветра по сравнению с нормой) варьировали от +0.5 до +2.0 м/с.

Наибольшие положительные отклонения были зафиксированы в Северо-Казахстанской области (+2.0 м/с), а также в областях Абай (+1.6 м/с), Улытау (+1.2 м/с), Алматинской (+1.3 м/с) и Павлодарской областях (+1.1 м/с). Это свидетельствует о наличии устойчивой тенденции к усилению среднегодового ветра в северных и восточных регионах страны, а также в ряде южных и центральных территорий.

В то же время, в ряде регионов наблюдались отрицательные аномалии, отражающие ослабление среднегодовой скорости ветра. Наиболее выраженные из них отмечены в области Жетысу (-1.4 м/с), Западно-Казахстанской (-1.3 м/с), а также в Жамбылской, Павлодарской и Северо-Казахстанской областях, где значения составили до -1.1 м/с. Такие значения указывают на снижение ветровой активности в отдельных южных и западных регионах.



**Рисунок 1.** Региональные вариации аномалий среднегодовой скорости приземного ветра в Республике Казахстан за 2024 г.

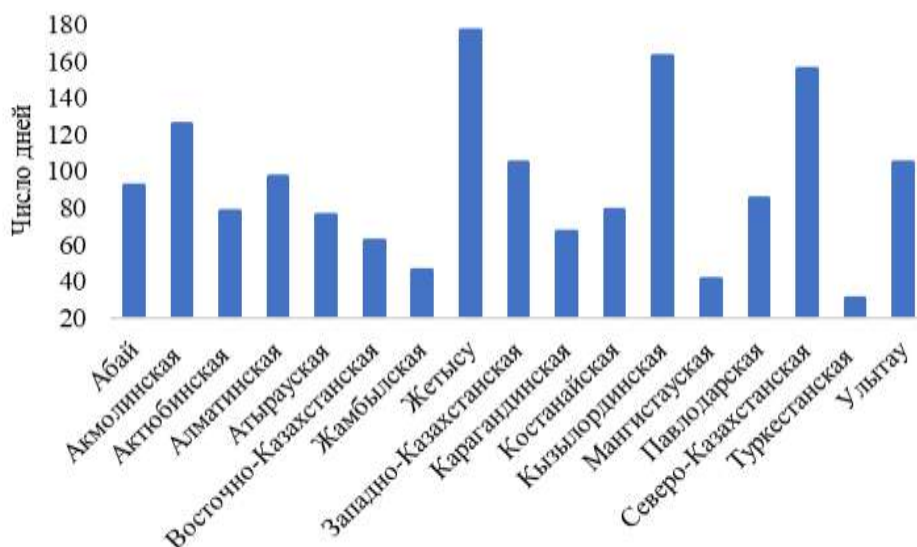
Согласно полученным данным за 2024 год определено максимальное число дней с приземной скоростью ветра  $\geq 15$  м/с, зафиксированное на метеостанциях в пределах каждой административной области Республики Казахстан. Эти значения позволяют оценить интенсивность и потенциальную повторяемость сильных ветров в региональном разрезе, а также служат индикатором ветровой нагрузки (рисунок 2).

Максимальные значения варьируются от 31 дня (Туркестанская область) до 177 дней (область Жетысу), что указывает на существенную пространственную неоднородность условий, способствующих формированию сильного ветра.

Наибольшее число дней с приземной скоростью ветра  $\geq 15$  м/с в 2024 году зафиксировано в области Жетысу (177 дней), Кызылординской (163 дня), Северо-Казахстанской (156 дней) и Акмолинской (126 дней) областях, тогда как минимальные значения отмечены в Туркестанской (31 день), Мангистауской (41 день) и Жамбылской (46 дней) областях.

Сезонный анализ аномалий средней скорости ветра и числа дней с превышением 95-го перцентиля показал, что положительные аномалии средней

скорости ветра преобладали зимой, тогда как весной наблюдались в основном отрицательные аномалии, а число дней со скоростью ветра выше 95-го перцентиля, аналогично было максимальным зимой и минимальным весной (рисунок 3). Исходя из этого, в холодное время года наблюдалось повышение частоты сильных ветров, тогда как весенний сезон характеризовался снижением ветровой активности.



**Рисунок 2.** Максимальное число дней со скоростью ветра  $\geq 15$  м/с по административным областям Республики Казахстан в 2024 г.

В зимний период значения аномалий колебались от  $-3.0$  до  $+2.4$  м/с. Наибольшее положительное отклонение зафиксировано на метеостанции Жолболды в Павлодарской области ( $+2.4$  м/с), а наибольшее отрицательное – на метеостанции Жаланашколь области Жетысу ( $-3.0$  м/с). В этот период на метеостанциях Капчагай и Есик (Алматинской области) зарегистрировали соответственно 34 и 26 дней со скоростью ветра выше 95-го перцентиля.

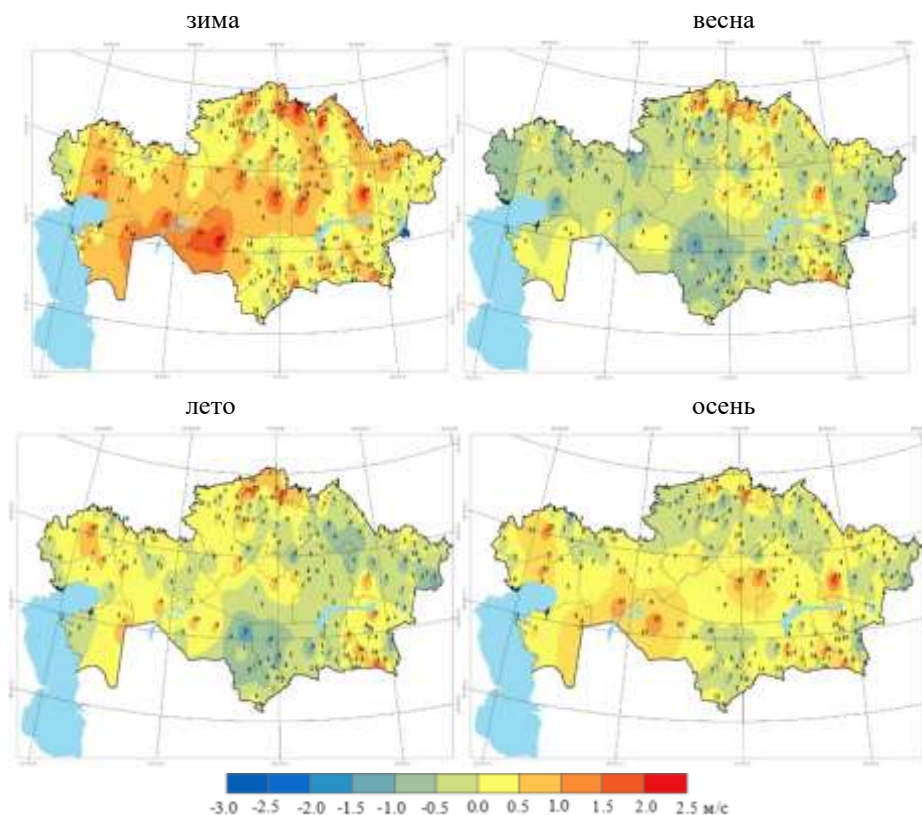
Весной аномалии средней скорости ветра колебались в диапазоне от  $+1.9$  до  $-1.7$  м/с. Наибольшая положительная аномалия была зарегистрирована на метеостанции Чкалово в Северо-Казахстанской области ( $+1.9$  м/с), тогда как наибольшее отрицательное значение наблюдалось на метеостанции Жаланашколь области Жетысу ( $-1.7$  м/с). В указанный период максимальное число дней с превышением порога 95-го перцентиля зафиксировано на метеостанциях Сергеевка Северо-Казахстанской области (23 дня), Есик Алматинской области (21 день).

В летний период аномалии средней скорости ветра изменялись от положительных значений на метеостанции Чкалово Северо-Казахстанской области ( $+2.2$  м/с) до отрицательных на метеостанции Злиха Кызылординской области ( $-1.6$  м/с), что свидетельствует о значительных колебаниях метеоусловий в разных регионах страны. На метеостанциях Капчагай и Аксенгир Алматинской области за данный период отмечалась высокая частота дней со скоростью ветра превышавшей 95-й перцентиль, составляющая соответственно 36 и 33 дня. Аналогично, на метеостанции Сергеевка Северо-Казахстанской области отмечалось 32 дня с превышением 95-го перцентиля скорости ветра, что отражает широкое распространение экстремальных ветровых явлений в данной области летом.

Осенью диапазон аномалий составил от  $+2.1$  м/с до  $-1.3$  м/с. Максимальное положительное отклонение было зафиксировано на метеостанции Баршатак области Абай ( $+2.1$  м/с), тогда как минимальные значения наблюдались на метеостанциях Саумалколь Северо-Казахстанской области и Аксай Западно-Казахстанской области ( $-1.3$  м/с), что также подчеркивает региональные различия



в изменении ветрового режима. В этот период максимальное число дней скорости ветра, превышавшей 95-й процентиль, отмечалось на метеостанции Капчагай (38 дней), также значительные показатели отмечены на метеостанциях Есик (26 дней) и Аксенгир (24 дня) Алматинской области, что отражает высокую интенсивность ветровой активности в данном регионе.



**Рисунок 3.** Аномалии средней скорости ветра и число дней скорости ветра превышавшей 95-й перцентиль по сезонам.

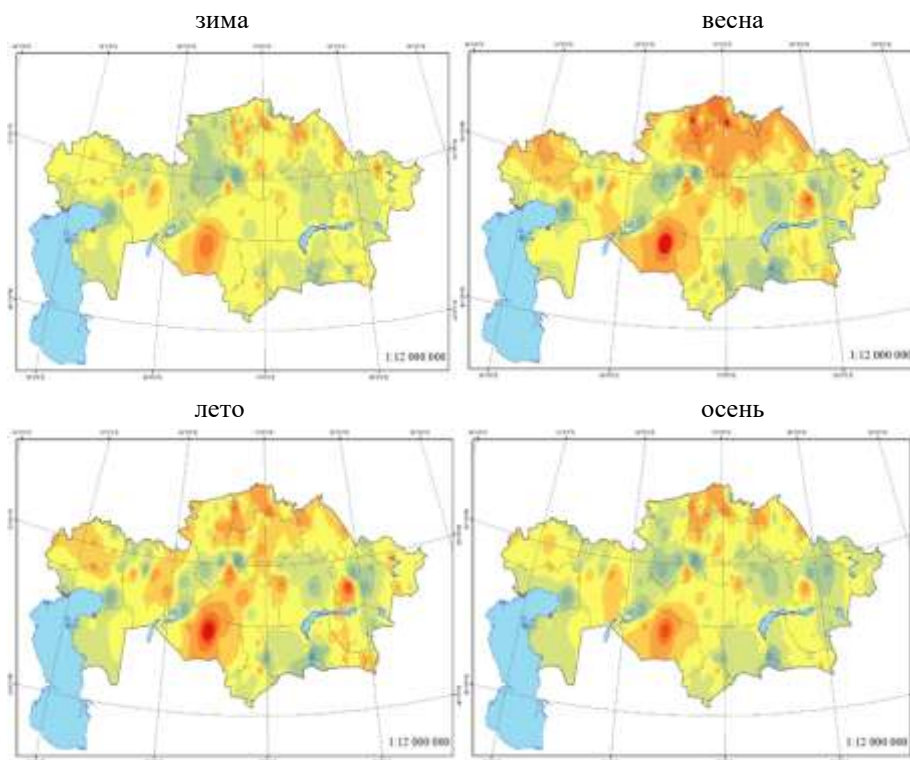
Пространственное распределение коэффициенты линейного тренда (день/10 лет) в рядах числа дней со скоростью больше 15 м/с по сезонам представлено на рисунке 4.

Наименьшие значения коэффициентов линейного тренда в рядах числа дней со скоростью больше 15 м/с заметны в зимний период, наибольшие в весенний. В Кызылординской, Северо-Казахстанской, Павлодарской, на юге Актюбинской, на границе между Алматинской области и области Жетысу преобладают положительные коэффициенты линейного тренда. А в Карагандинской, Мангистауской, Жамбылской и на юге Костанайской области напротив стабильны отрицательные значения коэффициента.

Особенно стоит отметить станцию Джусалы в Кызылординской области, где отмечается самое высокое положительное значение коэффициента линейного тренда количества дней со скоростью 15 м/с за 10 лет (11 дней). На станции Шокпар в Жамбылской области напротив отмечается наибольшее отрицательное значение коэффициента линейного тренда количества дней со скоростью 15 м/с за 10 лет (-7 дней).

В таблице 2 представлены значения линейных трендов по сезонной средней приземной скорости ветра (м/с за 10 лет) и числу дней с ветром  $\geq 15$  м/с (дней за 10 лет), усредненные по административным областям Республики Казахстан за период 1979...2024 гг. Статистически значимые тренды на уровне достоверности  $p < 0.05$  выделены жирным шрифтом.

Наиболее заметное увеличение ветровой активности наблюдается в Северо-Казахстанской области, где статистически значимое увеличение средней скорости ветра зафиксировано весной (+0.18 м/с/10 лет) и летом (+0.11 м/с/10 лет). Существенно возросло и количество дней с сильным ветром: зимой – на +4,37 дней/10 лет, осенью – на +2.45 дней/10 лет. Подобные тенденции частично прослеживаются и в Жамбылской области, где отмечены положительные тренды скорости ветра весной (+0.24 м/с/10 лет) и летом (+0.21 м/с/10 лет), при этом в зимний и осенний сезоны наблюдается снижение количества сильных ветренных дней.



**Рисунок 4.** Коэффициенты линейного тренда (день/10 лет) в рядах числа дней со скоростью больше 15 м/с 1979...2024 гг.

Восточные регионы Казахстана, включающие Восточно-Казахстанскую область, область Абай и Карагандинскую область, характеризуются в целом слабыми и преимущественно статистически незначимыми трендами. Например, в Восточно-Казахстанской области значения трендов скорости ветра по сезонам колеблются в пределах  $\pm 0,1$  м/с/10 лет, не демонстрируя устойчивой направленности изменений. В области Абай также не выявлено выраженных тенденций, за исключением незначительного роста в летний период (+0.07 м/с/10 лет). В Карагандинской области положительные тренды скорости ветра наблюдаются весной и летом, однако их значения близки к порогу значимости.

Снижение ветровой активности преимущественно фиксируется в западных регионах страны, особенно зимой. Так, в Атырауской и Мангистауской областях зарегистрировано уменьшение средней скорости ветра до -0.21 м/с/10 лет, сопровождаемое также снижением числа дней более 15 м/с. Отрицательные сезонные тренды, наблюдаются и в ряде северо-западных и центральных областей (Акмолинская, Актюбинская).

Для южных регионов (Алматинская, Туркестанская области, область Жетысу) характерны слабо выраженные, преимущественно незначимые тренды. Однако в



Кызылординской области наблюдается рост средней сезонной скорости ветра в весенне-летний период, что может указывать на локальное усиление ветровой активности.

По результатам анализа представлена временная зависимость осредненных значений средней многолетней скорости ветра за период 1979...2024 гг. по совокупности метеорологических наблюдений (рисунок 5). Пунктирной линией на графике показана линейная трендовая аппроксимация, выполненная методом наименьших квадратов. Данная линия отражает общую направленность изменения исследуемого показателя во времени и позволяет количественно оценить долгосрочные климатические тенденции. Осреднение по годам соответствует стандартам Всемирной метеорологической организации (ВМО) и позволяет выявить долгосрочные тенденции.

**Таблица 2**

*Оценки линейного тренда (жирный шрифт-статистически значимые на увеличение 5 %-м уровне значимости) регионально осредненных характеристик ветра для областей Казахстана за 1979...2024 гг.*

№	Область	Средняя сезонная скорость ветра, (м/с) / 10 лет				Число дней со скоростью ветра больше 15 м/с (дни/10 лет)			
		зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень
1	Северо-Казахстанская	-0.06	0.18	0.11	0.09	1.1	<b>4.37</b>	<b>2.48</b>	<b>2.45</b>
2	Акмолинская область	-0.52	-0.41	-0.35	-0.42	-0.34	<b>1.75</b>	<b>0.83</b>	0.21
3	Костанайская область	-0.31	-0.12	-0.08	-0.2	-1.26	0.69	<b>0.7</b>	-0.57
4	Павлодарская область	-0.19	-0.04	-0.07	-0.09	0.54	<b>2.19</b>	<b>1.25</b>	<b>0.98</b>
5	Восточно-Казахстанская	-0.06	-0.06	-0.08	-0.08	-0.13	0.07	0.39	-0.17
6	Область Абай	-0.08	-0.04	-0.07	-0.07	-0.52	0.03	-0.19	-0.27
7	Карагандинская область	-0.12	-0.11	-0.08	-0.1	-0.16	-0.13	0.07	-0.28
8	Область Улытау	<b>0.12</b>	0.04	<b>0.13</b>	0.13	<b>0.93</b>	<b>1.63</b>	<b>1.75</b>	<b>1.08</b>
9	Западно-Казахстанская	-0.04	<b>0.1</b>	<b>0.08</b>	0.05	0.14	<b>1.51</b>	<b>0.85</b>	0.58
10	Атырауская область	-0.21	-0.19	-0.14	-0.17	-0.37	0.08	0.14	-0.19
11	Мангистауская область	0.0	-0.02	0.02	0.0	-0.91	-0.71	-0.76	-1.23
12	Актюбинская область	-0.17	-0.11	-0.07	-0.13	-0.32	0.68	<b>0.58</b>	0.33
13	Кызылординская область	-0.13	-0.18	-0.14	-0.12	<b>0.81</b>	<b>1.41</b>	<b>1.44</b>	<b>1.12</b>
14	Туркестанская область	-0.03	-0.05	-0.07	-0.06	0.2	0.43	0.26	0.01
15	Жамбылская область	-0.17	-0.24	-0.21	-0.2	-0.41	-1.12	-1.03	-0.82
16	Алматинская область	-0.04	-0.01	0.01	-0.02	-0.09	0.4	<b>0.64</b>	0.08
17	Область Жетысу	-0.13	-0.08	-0.03	-0.09	0.11	0.43	<b>0.4</b>	0.0

Наблюдается устойчивая тенденция к снижению средней скорости ветра в течение рассматриваемого периода, особенно выраженная в 1990-х – начале 2000-х годов. Несмотря на частичное восстановление значений в последние годы, общее направление изменений остается нисходящим.

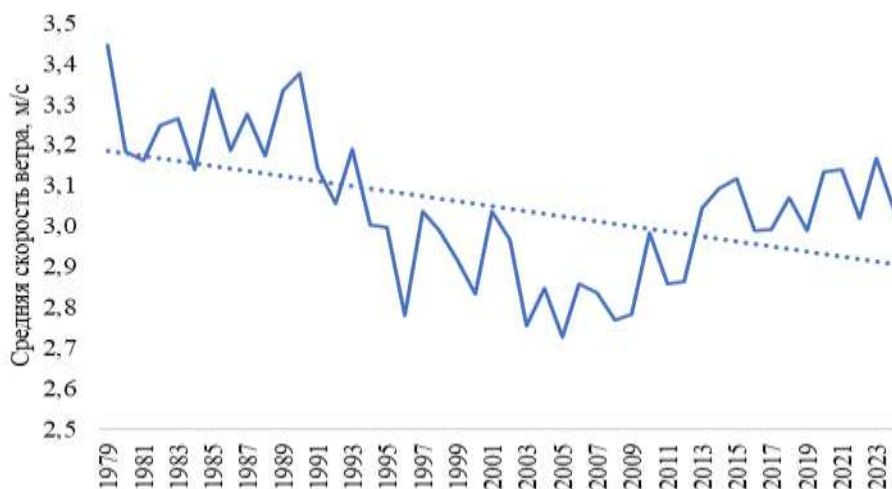
Результаты подтверждают выводы, ранее полученные в ряде региональных и глобальных исследований, касающихся снижения приземной скорости ветра в последние десятилетия [13...15].

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам данного исследования за 2024 год экстремальные скорости ветра, превышающие 30 м/с, были зарегистрированы преимущественно в северных,

центральных и юго-восточных регионах страны. Максимальное значение скорости ветра, равное 40 м/с, зафиксировано на метеостанции Жаланашколь.

Анализ аномалий среднегодовой приземной скорости ветра за 2024 год выявил максимальные положительные отклонения (+0.5...+2.0 м/с) в Северо-Казахстанской области, областях Абай, Улытау, Алматинской и Павлодарской областях, свидетельствующие об усилении ветровой активности. Одновременно отрицательные аномалии до -1.4 м/с отмечены в области Жетысу, Западно-Казахстанской, Жамбылской и ряде других областей, что указывает на снижение скорости ветра в южных и западных регионах страны.



**Рисунок 5.** Динамика средней многолетней скорости ветра за период 1979...2024

гг.

По числу дней с приземной скоростью ветра  $\geq 15$  м/с в 2024 году выявлена значительная пространственная неоднородность ветровой активности. Максимальные показатели зарегистрированы в области Жетысу, Кызылординской, Северо-Казахстанской и Акмолинской областях, что свидетельствует о высокой частоте сильных ветров в этих регионах. Минимальные значения наблюдались в Туркестанской, Мангистауской и Жамбылской областях, указывая на более низкую ветровую активность.

Сезонный анализ аномалий средней скорости ветра и числа дней с превышением 95-го перцентиля показал, что зимой наблюдается усиление ветровой активности с положительными аномалиями и максимальным числом экстремальных дней, тогда как весной – снижение скорости ветра и минимальное число таких дней. Зимой аномалии колебались от -3.0 до +2.4 м/с, число экстремальных дней достигало 26...34 на отдельных метеостанциях. Весной аномалии были в диапазоне от -1.7 до +1.9 м/с, максимальное число экстремальных дней – до 23. Летом аномалии варьировали от -1.6 до +2.2 м/с, число дней с сильным ветром доходило до 36, а осенью аномалии – от -1.3 до +2.1 м/с, с максимумом в 38 экстремальных дней. Экстремальные ветры наиболее часты зимой и реже весной с заметными региональными различиями.

Анализ коэффициентов линейного тренда числа дней со скоростью ветра  $\geq 15$  м/с показал, что наибольшее усиление ветровой активности отмечается весной, особенно в Кызылординской, Северо-Казахстанской и Павлодарской областях. В то же время снижение числа таких дней наблюдается преимущественно в Карагандинской, Жамбылской и Мангистауской областях.

Статистически значимое усиление ветровой активности выявлено преимущественно в Северо-Казахстанской области, особенно в весенне-летний период, как по средней скорости ветра, так и по числу дней с превышением порога

$\geq 15$  м/с. Наиболее устойчивое снижение показателей ветрового режима зафиксировано в западных регионах страны, включая Атыраускую и Мангистаускую области.

Анализ временного ряда за 1979...2024 гг. показал устойчивую тенденцию к снижению средней скорости приземного ветра на территории Казахстана. Несмотря на частичное восстановление в последние годы, общий линейный тренд остается отрицательным, что согласуется с результатами региональных и глобальных исследований.

Полученные результаты расширяют представления о пространственно-временной изменчивости ветрового режима и могут быть использованы для климатических справочников, энергетики, строительства и адаптационных стратегий.

### ДОСТУПНОСТЬ ДАННЫХ

Данные, использованные в этом исследовании получены авторами из источников: РГП «Казгидромет» МЭПР РК.

### ВКЛАД АВТОРОВ

Концептуализация, управление данными – БТЖ, формальный анализ, методология – АӘӘ, руководство – БТЖ, визуализация – АЕЖ, написание исходного текста – АБС, написание и редактирование окончательного текста – АБС.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Хохлова А. В. Повторяемость слабых и сильных ветров в пограничном слое атмосферы на территории Российской Федерации, оцененная по данным многолетних аэрологических наблюдений // *Фундаментальная и прикладная климатология*. – 2023. – Т. 9. – № 4. – С. 506–519.
- 2 Наурызбаева Ж. К. Изменение ветрового режима Северного и Среднего Каспия в холодное полугодие // *Гидрометеорология и экология*. – 2023. – № 4. – С. 36–45.
- 3 Salkin V., Talanov Y., Polyakova S., Assylbekova A., Kauazov A., Bultekov N., Musraliniva G., Kisebayev D., Beldeubayev Y. (2023). An assessment of the present trends in temperature and precipitation extremes in Kazakhstan. *Climate*. Vol. 11. No 2. P. 33. <https://doi.org/10.3390/cli11020033>
- 4 Papalexioiu S. M., Montanari A. (2019). Global and regional increase of precipitation extremes under global warming. *Water Resources Research*. Vol. 55. No 6. P. 4899–4918.
- 5 Koza M., Funk R., Pöhlitz J., Conrad C., Shibistova O., Meinel T., Akshalov K., Schmidt G. (2024). Wind erosion after steppe conversion in Kazakhstan. *Soil and Tillage Research*. Vol. 240. P. 105455.
- 6 Курбанбеков Ш. Р., Насирова Н. М. Исследование перспектив развития ветроэнергетики в Казахстане // *Известия Международного казахско-турецкого университета имени Х.А. Ясауи. Математика*. – 2021. – Т. 4. – № 19. – С. 43–50.
- 7 Dedova T., Balakay L., Zakarin E., Bostanbekov K., Abdimanap G. (2024). High-Resolution WRF Modeling of Wind and Thermal Regimes with LCZ in Almaty, Kazakhstan. *Atmosphere*. Vol. 15. No. 8. P. 966.
- 8 Ляпкало А. А., Деметьев А. А., Цурган А. М. Влияние скорости и направления ветра на уровень загрязнения атмосферного воздуха города продуктами сгорания топлива // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 7-1. – С. 125–129.
- 9 Пчелкин В. И. Проблема мониторинга опасных ветровых нагрузок на сооружения и пути ее решения // *Технологии гражданской безопасности*. – 2012. – Т. 9. – № 4 (34). – С. 44–47.
- 10 Краснощеков Ю. В., Заполева М. Ю. Расчетные значения ветровой нагрузки с заданной обеспеченностью // *Вестник СибАДИ*. – 2015. – № 2 (42). – С. 89–94.
- 11 Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2022 год. – М.: Росгидромет, 2023. – С. 76–80.
- 12 Жабелов С. Т., Хоконов И. М., Кадырова А. А., Ниязов И. А. Комплексный анализ временных рядов ветра // *European Science*. – 2020. – № 5 (54). – С. 20–23.
- 13 Wu J., Shi Y. (2021). Changes in surface wind speed and its different grades over China during 1961-2020 based on a high-resolution dataset. *International Journal of Climatology*. Vol. 42. No. 7. P. 3954–3967.
- 14 Fan W., Liu Y., Chappell A., Dong L., Xu R., Ekstrom M., Fu T., Zeng Z. (2021). Evaluation of global reanalysis land surface wind speed trends to support wind energy development using in situ observation. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. Vol. 60. No 1. P. 33–50.
- 15 Dadaser-Celik F., Cengiz E. (2013). Wind speed trends over Turkey from 1975 to 2006. *International Journal of Climatology*. Vol. 34. No 6. P. 1913–1927.

### REFERENCES

- 1 Khokhlova A. V. (2023). Povtoryaemost' slabykh i sil'nykh vetrov v pogranichnom sloe atmosfery na territorii Rossiyskoy Federatsii, otsenennaya po dannym mnogoletnikh aerologicheskikh nablyudenyi [Frequency of weak and strong winds in the atmospheric boundary layer over the Russian Federation based on long-term aerological observations]. *Fundamentalnaya i prikladnaya klimatologiya*, 9(4), 506–519 [in Russian]
- 2 Naurozbayeva Zh. K. (2023). Izmenenie vetrovogo rezhima Severnogo i Srednego Kaspiya v kholodnoe polugodie [Change in the wind regime of the Northern and Middle Caspian in the cold half-year]. *Gidrometeorologiya i Ekologiya*, 4, 36–45 [in Russian]

- 3 Salnikov V., Talanov Y., Polyakova S., Assylbekova A., Kauazov A., Bultekov N., Musralinova G., Kissebayev D., Beldeubayev Y. (2023). An assessment of the present trends in temperature and precipitation extremes in Kazakhstan. *Climate*, 11(2), 33. <https://doi.org/10.3390/cli11020033>
- 4 Papalexioiu S. M., Montanari A. (2019). Global and regional increase of precipitation extremes under global warming. *Water Resources Research*, 55(7). <https://doi.org/10.1029/2018WR024067>
- 5 Koza M., Funk R., Pöhlitz J., Conrad C., Shibistova O., Meinel T., Akshalov K., Schmidt G. (2024). Wind erosion after steppe conversion in Kazakhstan. *Soil and Tillage Research*. Vol. 240. P. 105455.
- 6 Kurbanbekov Sh. R., Nasirova N. M. (2021). Issledovanie perspektiv razvitiya vetroenergetiki v Kazakhstane [Study of wind energy development prospects in Kazakhstan]. *Izvestiya Mezhdunarodnogo kazakh-turetskogo universiteta imeni Kh.A.Yasavi. Matematika*, 4(19), 43–50 [in Russian]
- 7 Dedova T., Balakay L., Zakarin E., Bostanbekov K., Abdimanap G. (2024). High-Resolution WRF Modeling of Wind and Thermal Regimes with LCZ in Almaty, Kazakhstan. *Atmosphere*. Vol. 15. No. 8. P. 966.
- 8 Lyapkalo A. A., Dement'ev A. A., Tsurgan A. M. (2013). Vliyanie skorosti i napravleniya vetra na uroven' zagryazneniya atmosfernogo vozdukhа goroda produktami sgoraniya topliva [Influence of wind speed and direction on urban air pollution by fuel combustion products]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 7(1), 125–129 [in Russian]
- 9 Pchelkin V. I. (2012). Problema monitoringa opasnykh vetrovykh nagruzok na sooruzheniya i puti ee resheniya [The problem of monitoring hazardous wind loads on structures and ways to solve it]. *Tekhnologii grazhdanskoy bezopasnosti*, 9(4[34]), 44–47 [in Russian]
- 10 Krasnoshchekov, Yu. V., Zapoleva, M. Yu. (2015). Raschetnye znacheniya vetrovoy nagruzki s zadannoy obespechennost'yu [Design values of wind load with specified exceedance probability]. *Vestnik SibADI*, 2(42) [in Russian]
- 11 Roshydromet. (2023). Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2022 god [Report on climate features in the territory of the Russian Federation for 2022]. pp. 76–80. Roshydromet [in Russian]
- 12 Zhabelov S. T., Khokonov I. M., Kadyrova A. A., Niyazov I. A. (2020). Kompleksnyy analiz vremennykh ryadov vetra [Comprehensive analysis of wind time series]. *European Science*, 5(54), 20–23 [in Russian]
- 13 Wu J., Shi Y. (2021). Changes in surface wind speed and its different grades over China during 1961–2020 based on a high-resolution dataset. *International Journal of Climatology*. Vol. 42. No. 7. P. 3954–3967.
- 14 Fan W., Liu Y., Chappell A., Dong L., Xu R., Ekstrom M., Fu T., Zeng Z. (2021). Evaluation of global reanalysis land surface wind speed trends to support wind energy development using in situ observation. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. Vol. 60. No 1. P. 33–50.
- 15 Dadaser-Celik F., Cengiz E. (2013). Wind speed trends over Turkey from 1975 to 2006. *International Journal of Climatology*. Vol. 34. No 6. P. 1913–1927.

## ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ЖЕР БЕТІ ЖЕЛІНІҢ РЕЖИМІ

Бақыт Т. Жездибаева, Аружан Ә. Әбілқаді, Акмарал Б. Смагулова, Айзат Е. Жаксыбаева

«Қазгидромет» РМҚ, Астана, Қазақстан; [zhezdebayeva\\_b@meteo.kz](mailto:zhezdebayeva_b@meteo.kz), [abilkadi\\_a@meteo.kz](mailto:abilkadi_a@meteo.kz), [smagulova\\_ak@meteo.kz](mailto:smagulova_ak@meteo.kz), [zhaksybayeva\\_a@meteo.kz](mailto:zhaksybayeva_a@meteo.kz)

\*Автор корреспондент: Акмарал Б. Смагулова, [smagulova\\_ak@meteo.kz](mailto:smagulova_ak@meteo.kz)

### ТҮЙІН СӨЗДЕР

жел жылдамдығы  
максималды жел жылдамдығы  
аномалия  
сызықтық тренд  
статистикалық маңызды

#### Мақала жайында:

Жіберілді: 29.09.2025  
Қайта қаралды: 06.10.2025  
Қабылданды: 06.10.2025  
Жарияланды: 08.10.2025

### АБСТРАКТ

Бұл мақалада Қазақстан Республикасы аумағындағы жел режимінің кеңістіктік және уақыттық ерекшеліктері жерүсті метеорологиялық станциялар деректері мен климаттық параметрлерді талдаудың заманауи әдістеріне сүйене отырып қарастырылады. Аумағы кең әрі жер бедері әртүрлі – жазықтар мен далалардан бастап таулы аймақтарға дейін созылып жатқан Қазақстанда жел жылдамдығы мен бағыты айтарлықтай өзгеріп отырады. Бұл өзгерістер ірі ауқымды климаттық үдерістермен қатар, жергілікті орографиялық ерекшеліктерге де байланысты. Жүргізілген талдау нәтижесінде тұрақты жел аймақтары, маусымдық тербелістер, сондай-ақ жел сипаттамаларының ұзақмерзімді өзгеру үрдістері анықталды. Алынған нәтижелер жел энергетикалық қондырғыларды жобалау, жел жүктемесіне сезімтал нысандарды салу, сондай-ақ климаттың өзгеруіне бейімделу бойынша аймақтық стратегияларды әзірлеу үшін практикалық маңызға ие.

## SURFACE WIND REGIME IN KAZAKHSTAN

Bakhyt Zhezdebayeva, Aruzhan Abilkadi, Akmaral Smagulova\*, Aizat Zhaxybayeva

RSE «Kazhydromet», Astana, Kazakhstan; [zhezdebayeva\\_b@meteo.kz](mailto:zhezdebayeva_b@meteo.kz), [abilkadi\\_a@meteo.kz](mailto:abilkadi_a@meteo.kz), [smagulova\\_ak@meteo.kz](mailto:smagulova_ak@meteo.kz), [zhaksybayeva\\_a@meteo.kz](mailto:zhaksybayeva_a@meteo.kz)

\*Corresponding author: Akmaral Smagulova, [smagulova\\_ak@meteo.kz](mailto:smagulova_ak@meteo.kz)

---

## KEY WORDS

---

wind speed  
maximum wind speed  
anomaly  
linear trend  
statistically significant

### About article:

Received: 29.09.2025

Revised: 06.10.2025

Accepted: 06.10.2025

Published: 08.10.2025

---

## ABSTRACT

---

This article examines the spatial and temporal characteristics of wind patterns across the territory of the Republic of Kazakhstan, based on data from ground-based meteorological stations and using modern methods for analyzing climate parameters. Kazakhstan, with its vast territory and diverse terrain – ranging from plains and steppes to mountain ranges – demonstrates significant variability in wind speeds and directions. This variability is influenced by both large-scale climatic processes and local orographic features. The conducted analysis made it possible to identify stable wind zones, determine characteristic seasonal fluctuations, and reveal long-term trends in wind patterns. The results obtained are of practical value for the design of wind energy installations, the construction of structures sensitive to wind loads, as well as for the development of regional strategies for adaptation to climate change.

---

**Примечание издателя:** заявления, мнения и данные во всех публикациях принадлежат только автору (авторам), а не журналу "Гидрометеорология и экология" и/или редактору (редакторам).