

УДК 551.581

## **Тенденции статистических характеристик ветра в Пермском крае в связи с изменениями климата последних десятилетий XX века**

**В.А. Шкляев, Л.С. Шкляева**

**Пермский государственный университет**

Наблюдаемое изменение климата, происходящее в последние десятилетия, сказывается на различных климатических характеристиках. В первую очередь такие изменения проявляются в повышении глобальной температуре воздуха и изменении режима осадков. Однако временной ход других метеорологических элементов и явлений также имеет ярко выраженные тенденции. Как указывалось в четвертом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), ожидается увеличение частоты экстремальных явлений, засух, наводнений и др. [1, 5, 6]. Эти изменения будут происходить с различной интенсивностью в различных регионах земного шара. Тенденции изменения на Урале температуры воздуха и осадков в связи с изменениями климата уже исследовались нами ранее [7-11]. Настоящая работа посвящена исследованию временных изменений характеристик ветра на территории Уральского Прикамья. Это обусловлено тем, что в связи с изменением климата наблюдаются изменения циркуляционных особенностей территорий и, следовательно, ветрового режима. Изменение статистик приземной скорости ветра должно учитываться при разработке ветроэнергетических кадастров территорий, при корректировке строительных нормативов и др.

Выявленные изменения температуры воздуха на Урале должны приводить к уменьшению межширотных градиентов, как следствие этого, происходит ослабление скорости ветра. Снижение наблюдаемых скоростей ветра может происходить также в связи с антропогенным фактором, который проявляется в застройке территории, окружающей метеорологические станции. Такие изменения происходят особенно интенсивно в крупных городах и вызывают климатическую неоднородность [2-4].

Для исследования статистических характеристик скорости ветра на территории Пермского края использовались данные наблюдений 20 метеорологических станций за период с 1966 по 1996 г. Выбор периода был обусловлен тем обстоятельством, что с 1966 г. метеорологические станции перешли на 8-срочные наблюдения, кроме этого, для измерений ветра стали использоваться анеморумбометры. Это позволяло считать используемые ряды однородными. Сравнительно небольшая длительность рядов могла приводить к ошибкам вычисления среднего куба скорости, который используется для оценки ветроэнергетических ресурсов, но эта характеристика использовалась нами лишь для оценки временных изменений

статистических параметров. Кроме того, выявление закономерностей временных изменений статистических параметров по достаточно большому количеству метеостанций снижало погрешность вычисления (в случае, если они носили однотипный характер).

В качестве статистических параметров были использованы: среднегодовая скорость ветра  $V_C$  (м/с), среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  (м/с), коэффициент вариации  $C_V$ , полный средний куб скорости ветра  $V_C^3$  (м<sup>3</sup>/с<sup>3</sup>), коэффициенты линейного тренда среднегодовой скорости ветра  $K_{тр.}$  (м/с за 10 лет). Вычисленные характеристики приведены в таблице.

Вычисления проводились по формулам [2]

$$V_C = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta V_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta V_i - V_C)^2 \cdot P_i / \sum_{i=1}^n P_i}, \quad (2)$$

$$C_V = \sigma / V_C, \quad (3)$$

$$V_C^3 = (V_C)^3 \cdot (1 + 3C_V^2 - 0,9C_V^3 + 2,9C_V^4), \quad (4)$$

где  $\Delta V_i, P_i$  - середина  $i$ -й градации скорости ветра и ее повторяемость,  $n$  - число градаций.

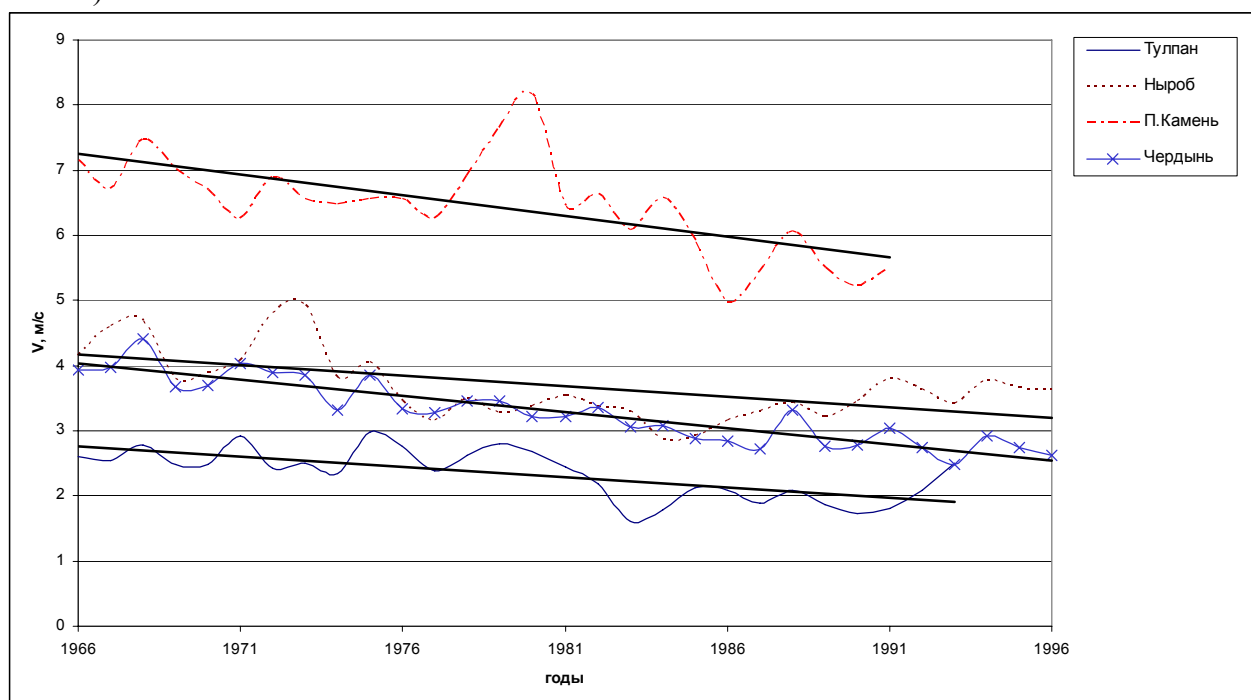
Некоторые статистические характеристики скорости ветра на территории Пермского края

Метеорологические станции	Статистические характеристики				
	$V_C$	$\sigma$	$C_V$	$V_C^3$	$K_{тр.}$
Тулпан	2,4	2,2	0,9	66	-0,31
Нырб	3,7	2,5	0,7	133	-0,32
Полудов Камень	6,5	3,9	0,6	621	-0,64
Чердынь	3,3	2,3	0,7	103	-0,49
Гайны	3,6	1,9	0,5	90	-0,23
Березники	3,5	2,5	0,7	124	-0,49
Кизел	3,0	2,3	0,8	90	-0,34
Кудымкар	2,9	2,2	0,8	82	0,02
Бисер	2,9	2,1	0,7	74	0,10
Добрянка	3,1	2,1	0,7	84	0,10
Чусовой	2,1	1,9	0,9	44	-0,20
Лысьва	2,6	2,0	0,8	62	-0,43
Верещагино	2,8	2,4	0,9	95	-0,73
Пермь	2,8	2,1	0,7	67	-0,48
Оханск	2,8	2,0	0,7	64	-0,32
Кунгур	2,6	2,3	0,9	82	-0,37
Оса	1,9	1,7	0,9	33	-0,46
Чайковский	2,9	2,0	0,7	67	-0,35
Октябрьский	3,0	2,3	0,8	86	-0,17
Чернушка	3,2	2,5	0,8	111	-0,13

Приведенные статистические характеристики относятся к периоду в 31 год и не позволяют судить о временной изменчивости, поэтому дополнительно были построены графики изменений среднегодовой скорости ветра (рис. 1-3).

На приведенных рисунках хорошо прослеживается тенденция снижения среднегодовой скорости ветра на большей части территории Пермского края в последние десятилетия XX века. В некоторых случаях эти изменения могут быть объяснены усиливающимся влиянием городских условий (застройки), например, на метеостанциях Пермь, Кунгур, Оханск, Верещагино (рис. 2, б). На это указывает значительное постоянное снижение средней скорости ветра. Подобные изменения можно проследить также в Березниках, Лысьве, Чусовом, Осе, Чайковском (рис.1, б; 2, а; 3).

а)



б)

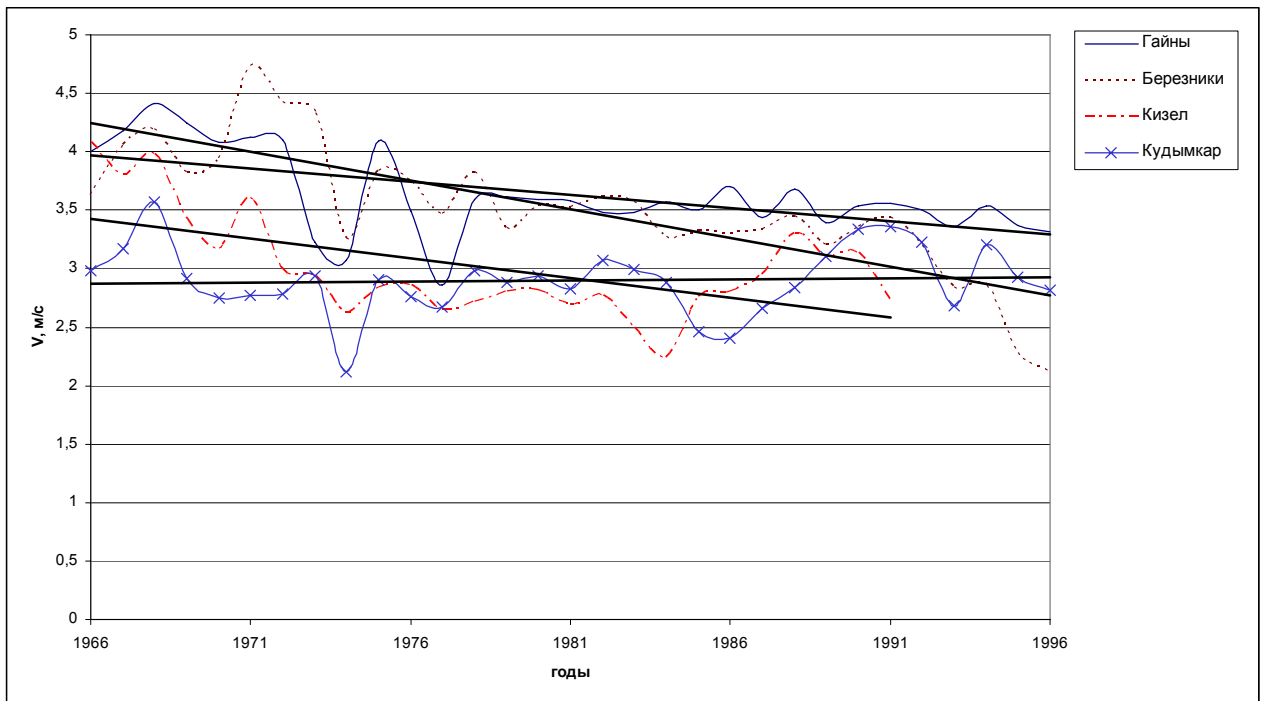
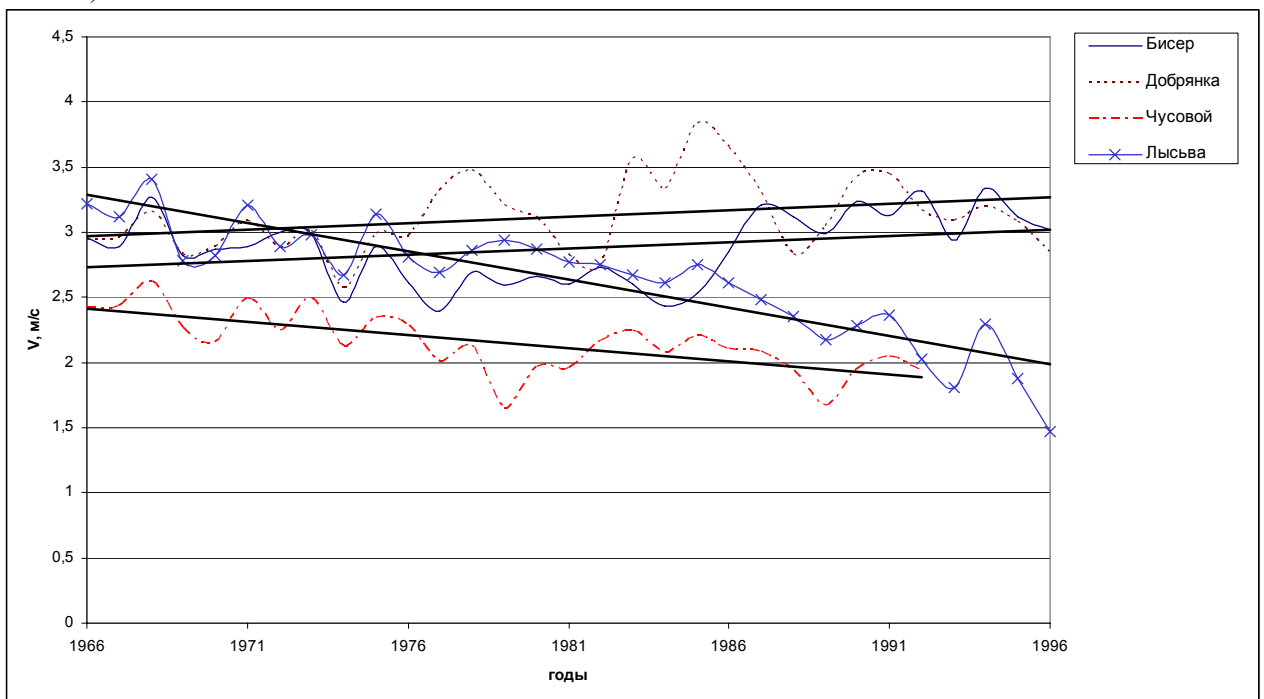


Рис. 1. Изменения среднегодовой скорости ветра и их линейные тренды: северо-восточный район (а), северный район (б)

а)



б)

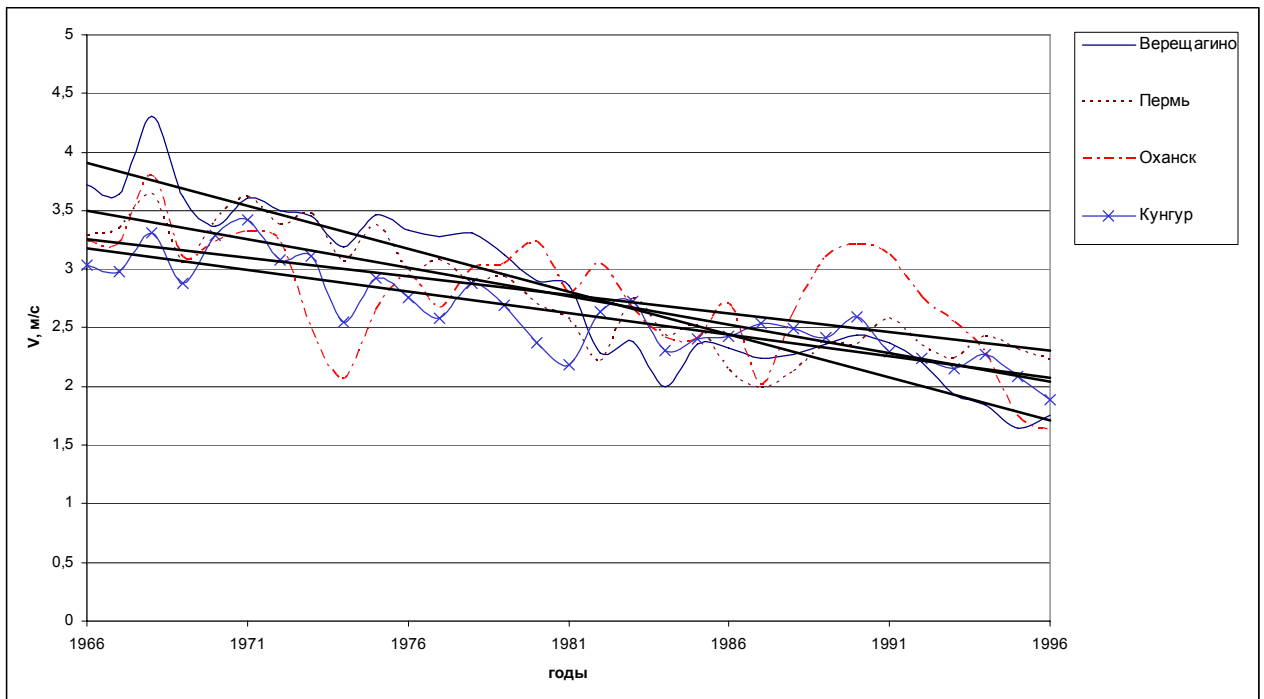


Рис. 2. Изменения среднегодовой скорости ветра и их линейные тренды: центральный и восточный район (а), центральный район (б)

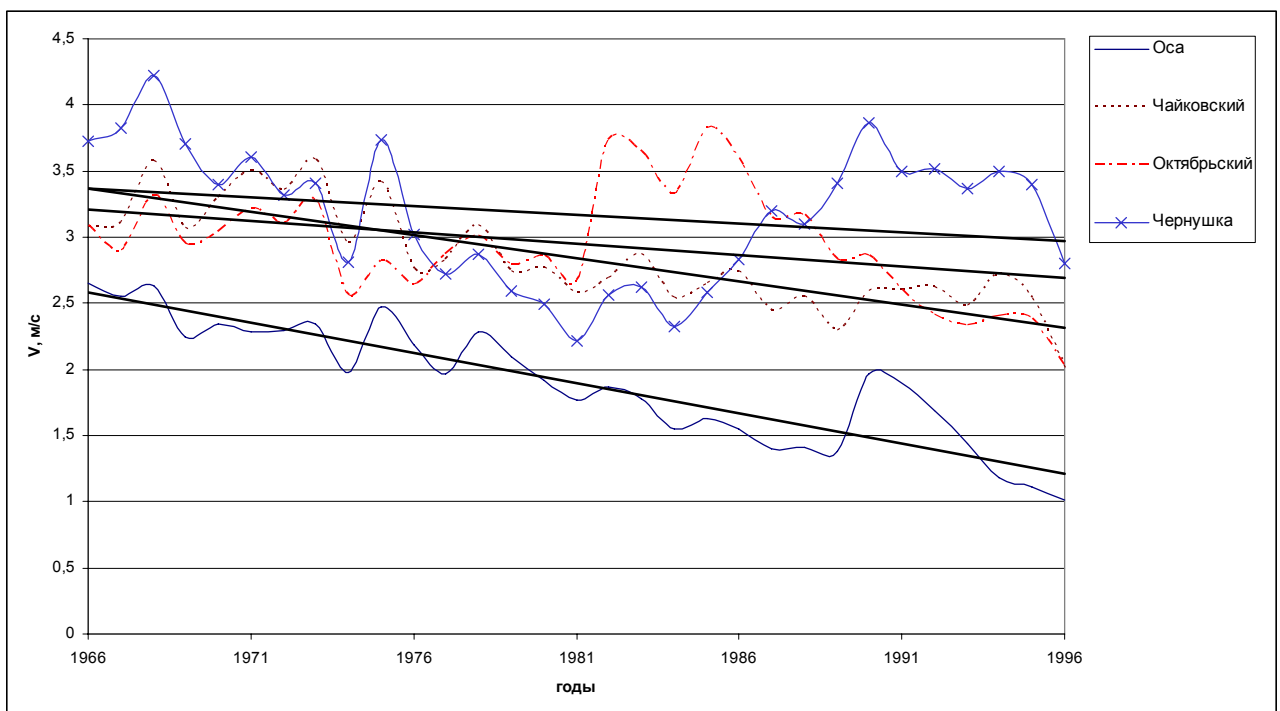


Рис. 3. Изменения среднегодовой скорости ветра и их линейные тренды (южный район)

Невозможно объяснить застройкой значительное снижение скорости ветра на метеостанции Полудов Камень. Здесь коэффициент линейного тренда один из самых значительных отрицательных (-0,64 м/с за 10 лет, таблица). Причина изменения скорости ветра – изменение циркуляционных условий территории.

На ряде метеорологических станций наблюдается незначительное увеличение скорости ветра: Кудымкар, Добрянка, Бисер; либо изменения носят неоднозначный характер: Чернушка, Октябрьский, Тулпан.

В заключение можно отметить, что на большей части территории Пермского края в последние десятилетия XX века отмечено уменьшение средней скорости ветра, которое не может быть объяснено лишь одной климатической неоднородностью. Значительная часть происходящих изменений обусловлена меняющимся климатом. Это необходимо учитывать при оценке ветроэнергетических ресурсов Пермского края.

### **Библиографический список**

1. *Груза Г.В.* Мониторинг климата и оценка климатической изменчивости по данным наблюдений / Г.В.Груза, Э.Я.Ранькова // Глобальные изменения климата и их последствия для России. М.: Региональная общественная организация ученых по проблемам прикладной геофизики, 2002. С. 9-39.

2. *Дробышев А.Д.* Ветровая энергия и ее возможный вклад в ресурсосбережение и экологию Прикамья: учеб. пособие / А.Д. Дробышев, Ю.А. Пермяков; Перм. ун-т. Пермь, 1997. 112 с.

3. *Дробышев А.Д.* Метод корректировки статистик приземной скорости ветра при построении фоновых карт / А.Д. Дробышев // Вопросы прогноза погоды, климата, циркуляции и охраны атмосферы: межвуз. сб. науч. тр.; Перм. ун-т. Пермь, 2000. С. 35-40.

4. *Дробышев А.Д.* Пространственная изменчивость параметров скорости ветра у земли на Урале, в Сибири и на Дальнем Востоке / А.Д. Дробышев, З.Г. Дробышева // Вопросы прогноза погоды, климата, циркуляции и охраны атмосферы: межвуз. сб. науч. тр.; Перм. ун-т. Пермь, 2000. С.28-35.

5. *Изменение климата*, 2001 г.; под ред. Р.Т.Уотсона и основной группы авторов // Обобщ. доклад Межправит. группы экспертов по изменению климата. М., 2003.

6. *Третье* Национальное сообщение Российской Федерации: резюме доклада. FCCC/SBI/2003/7. РКИК ООН, 2003.

7. *Шкляев В.А.* Анализ изменений температуры воздуха на Урале в XX столетии / В.А.Шкляев, Л.С. Шкляева // Современные глобальные и региональные изменения геосистем: материалы Всерос. науч. конф., посвящ. 200-летию Казан. ун-та. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2004. С. 422-423.

8. *Шкляев В.А.* Вековые изменения температуры воздуха на Урале / В.А. Шкляев, Л.С. Шкляева // Современные географические исследования: сб.тр.ученых геогр. ф-та, посвящ. 90-летию Перм. гос.ун-та. Пермь, 2006. С.254-265.

9. *Шкляев В.А.* Динамика климатических характеристик, связанных с экстремальными температурами и осадками на Урале в XX веке / В.А. Шкляев, Л.С. Шкляева // Тез. стендовых докладов международной

конференции по проблемам гидрометеорологической безопасности (прогнозирование и адаптация общества к экстремальным климатическим изменениям). М.: Триада ЛТД, 2006. С.73.

10. *Шкляев В.А.* Изменения климатических характеристик, связанных с экстремальными температурами и осадками на Урале в XX веке / В. А.Шкляев, Л. С. Шкляева Л. С. // Географ. вестник; Перм. ун-т. 2007. №1 (5). С.117-129.

11. *Шкляев В.А.* Изменения температуры воздуха на Урале за последнее столетие / В.А. Шкляев, Л.С. Шкляева // Тез. докл. Всемирной конф. по изменению климата; Ин-т глобального климата и экологии Росгидромета и РАН. М., 2003. С. 439.