

## О надежности расчетов на ветровые нагрузки по территориальным строительным нормам Краснодарского края

*В.П. Починок, М.М. Тамов, А.Г. Аксенов*

*Кубанский государственный технологический университет, Краснодар*

**Аннотация:** Рассматриваются максимальные годовые значения осредненных скоростей ветра в равнинной, предгорной и приморской зонах Краснодарского края за более чем 60-летний период наблюдений. Выявлены важные территориальные различия закономерностей изменения скоростей ветра в северо-восточной, приморской и центральной зонах. Совместный анализ временных рядов флюгерных и анемометрических измерений осредненных скоростей ветра за 1965-2012 гг. позволил выявить начальный период значительного увеличения скоростей ветра вплоть до 1977 гг. и обнаружить постепенное снижение скоростей в 1979-2012 гг. Обнаружены существенные территориальные различия трендов скоростей ветра в северо-восточной, приморской и центральной зонах края. Установлено, что использованные при составлении норм СНКК 20-303-2002 временные ряды скоростей ветра позволили создать надежную основу для нормирования ветровых нагрузок, обеспечивающую до настоящего времени заданный в современном своде правил СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» уровень вероятности 0,98 непревышения их в течение одного года.

**Ключевые слова:** ветровые нагрузки, воздействия, территориальные строительные нормы, критерий инверсии, значимость тренда, временной ряд

### Введение

Целью нашей работы являлась оценка закономерностей изменения скоростей ветра и ветровых нагрузок в Краснодарском крае с 1945 по 2012 г. для выяснения возможных существенных отклонений от значений, использованных при составлении территориальных строительных норм СНКК 20-303-2002 (ТСН 20-302-2002 Краснодарского края «Нагрузки и воздействия. Ветровая и снеговая нагрузки»). Официальные данные измерений скоростей ветра за этот период получены нами в Краснодарском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

В предыдущей нашей работе [1] изложены методика тренд-анализа и выявленные закономерности изменения максимальных годовых скоростей ветра для II-IV и Особого ветровых районов края. В настоящей статье

рассматривается влияние особенностей рельефа местностей и географического положения метеостанций на многолетний тренд ветра.

### **1 Обобщение информации о тренде скоростей ветра по всем метеостанциям Краснодарского края**

В предыдущей нашей работе [1] анализировались данные о годовых максимумах осредненных на 10-минутном интервале скоростей ветра только с метеостанций со значимым нисходящим трендом, а это составляет лишь половину всех имеющихся у нас материалов ветромерных измерений.

Рассмотрим закономерности значимого снижения скоростей ветра при учете всех данных, включая те, на которых тренд был незначимым и даже исключительные данные по двум метеостанциям со значимым восходящим трендом. На рис. 1 показаны графики отношений максимальных годовых значений осредненных скоростей ветра к средним скоростям по каждой метеостанции за период наблюдения 1980-2012 гг. в населенных пунктах со статистически значимым нисходящим трендом. За начало периода 1980-й год выбран для соблюдения однородности временных рядов данных: не во всех населенных пунктах анемометрические измерения производились до этого года. На рис. 2 показан также график средних по всем 29 метеостанциям приведенных к среднему выборочному максимальных годовых значений осредненных на 10-минутном интервале анемометрических скоростей ветра за весь период их измерения. До 1970 г. таких метеостанций было всего 4, поэтому начальный участок графика до этой даты нельзя считать столь же достоверным, как последующие осредненные данные по 29 метеостанциям.

Все графики представлены в безразмерной форме для сопоставимости результатов измерения скоростей в трех разных ветровых районах. На них отчетливо прослеживается закономерная разница диапазонов отношений максимальных годовых скоростей ветра в первой и второй половинах периода наблюдений к средним значениям по каждой метеостанции за все 33

года. До 1998 г. этот диапазон составляет примерно 0,8-1,4, а после 1998 г. – 0,55-1,15.

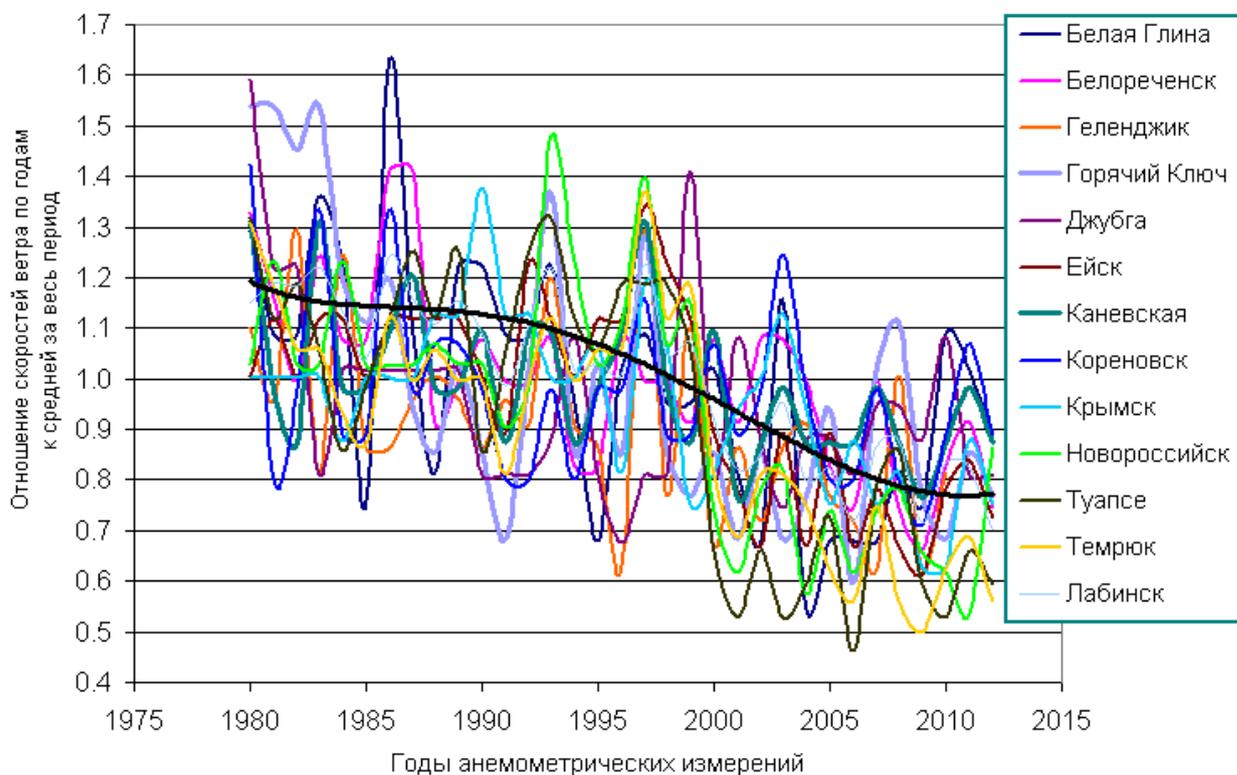


Рис. 1. – Графики отношений максимальных годовых значений анемометрических осредненных скоростей ветра к средним за период наблюдения 1980-2012 гг. для 13 метеостанций со значимым трендом

На графике рис. 2 можно выделить 2 локальных периода роста скоростей ветра: в 1968-70 гг. и в 1975-79 гг. Особенно резким был первый скачок, когда на Кубани произошли памятные катастрофические пыльные бури, сильно повредившие многочисленные постройки и снесшие верхний плодородный гумусный слой почвы на огромных площадях сельскохозяйственных угодий. Впоследствии, начиная с 1981 г., происходило плавное снижение скоростей ветра. К концу рассматриваемого периода они уменьшились примерно в 1,5 раза, что соответствует снижению примерно на 1 % в год. На коротких промежутках времени в несколько лет такое

изменение малозаметно, но на протяжении трех десятилетий оно очень существенно.



Рис. 2. – Значения средних по всем 29 метеостанциям приведенных максимальных годовых значений осредненных скоростей ветра за период анемометрических измерений в 1965-2012 гг. и их полиномиальный тренд

## 2 Территориальные особенности распределения скоростей ветра

На рис. 3 отчетливо видно, что в северо-восточных районах Краснодарского края в населенных пунктах по линии Староминская-Отрадная тренд скоростей ветра везде незначимый. По южной и западной естественным морским границам, за исключением Анапы, тренд скоростей ветра везде значимый нисходящий. На рис. 4 показаны графики отношений скоростей ветра в конце рассматриваемого периода времени (2012 г.) и в его начале, в 1980 г. На нижнем графике цветами выделены приазовский участок Ейск – Темрюк, западный участок Темрюк – Новороссийск и побережье Черного моря от Новороссийска до Туапсе. Последовательные перечни населенных пунктов по этим двум зонам, соответствующие их расположению с севера на юг и номерам на графиках рис. 4, приведены ниже в табл. 1. Для метеостанций северо-восточной зоны в этой таблице указаны

их отметки над уровнем моря. К приазовской зоне по сходности ряда признаков может быть отнесена также ст. Каневская с отметкой метеостанции +17 м над уровнем моря, расположенная неподалеку от крупнейшего Бейсугского лимана Азовского моря. Для нее также наблюдается значимый нисходящий тренд скорости ветра.

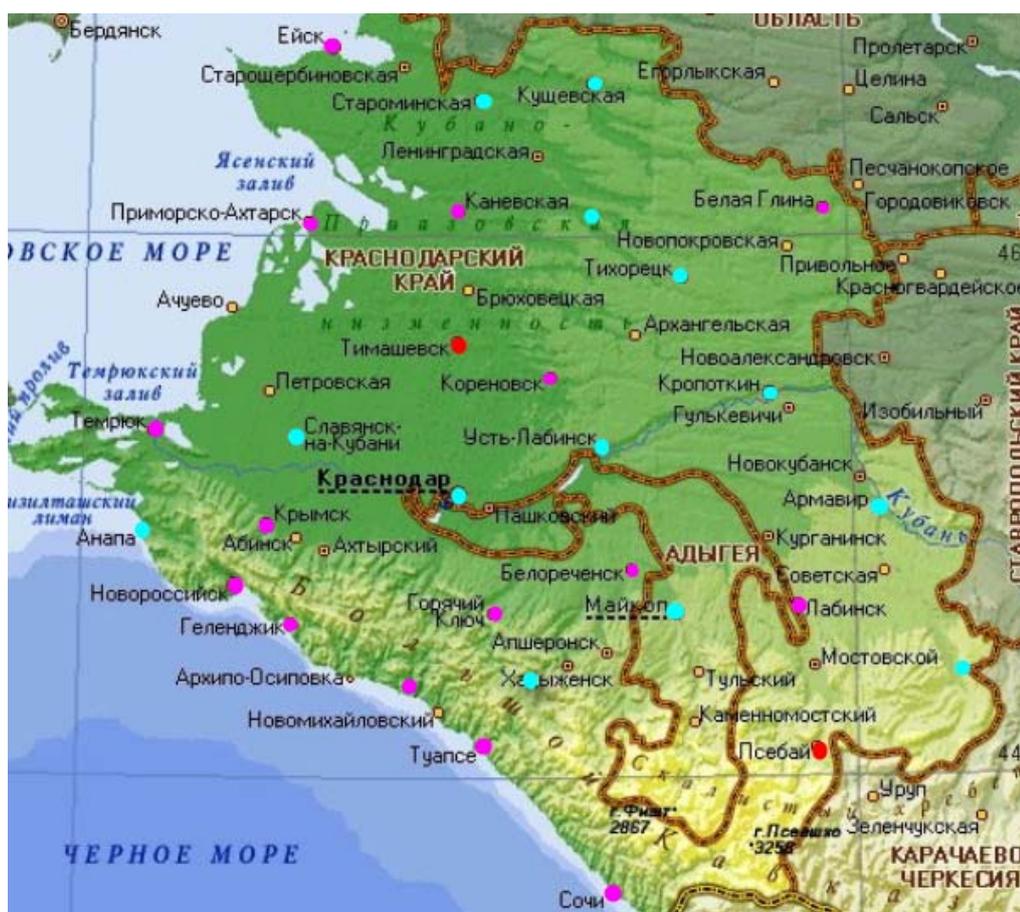


Рис. 3. – Тренды скоростей ветра в населенных пунктах Краснодарского края  
● - нисходящий тренд; ● - незначимый тренд; ● - восходящий тренд

Верхний график рис. 4 демонстрирует весьма малое снижение скоростей ветра в северо-восточной зоне Краснодарского края, граничащей с Ростовской областью, Ставропольским краем и Карачаево-Черкесией. Оно составило всего 6 % при коэффициенте вариации 0,10. В Павловской и

Отрадной наблюдается небольшой прирост скоростей около 6,5 %, в остальных населенных пунктах произошло их снижение в среднем на 10 %.

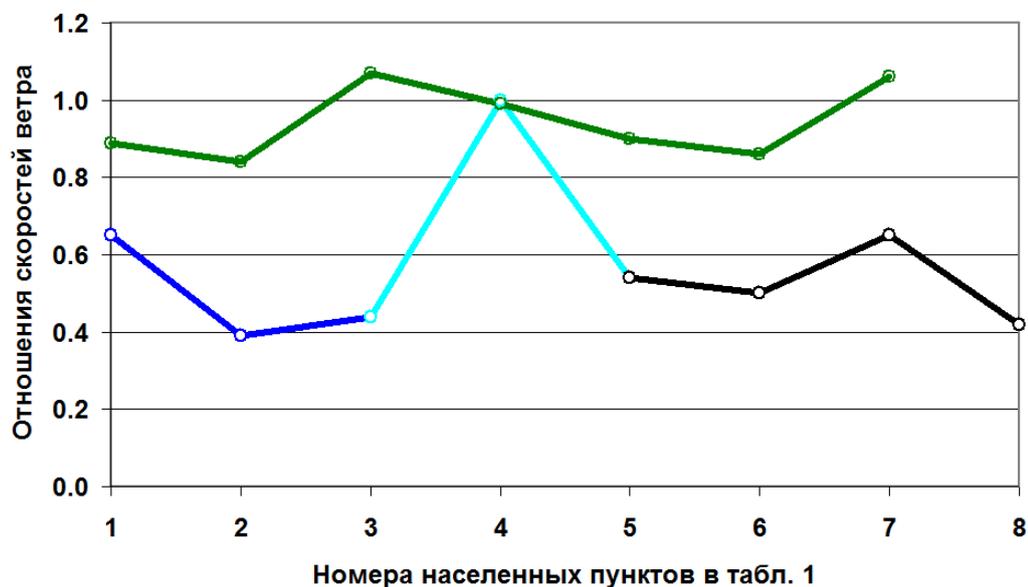


Рис. 4 – Закономерности изменения скоростей ветра в северо-восточной и приморской зонах Краснодарского края:

верхний график – северо-восточная зона; нижний график – приморская зона

Таблица № 1

Последовательные перечни метеостанций по зонам рис. 4 с севера на юг

| Номера населенных пунктов на рис. 4 | Метеостанции на территории Краснодарского края и их отметки над уровнем моря |                   |
|-------------------------------------|--|-------------------|
|                                     | в северо-восточной зоне  | в приморской зоне |
| 1                                   | Староминская (+41 м)   | Ейск              |
| 2                                   | Куцевская (+20 м)  | Приморско-Ахтарск |
| 3                                   | Павловская (+54 м)   | Темрюк            |
| 4                                   | Тихорецк (+ 77 м)  | Анапа             |
| 5                                   | Кропоткин (+105 м)   | Новороссийск      |
| 6                                   | Армавир (+158 м)   | Геленджик         |
| 7                                   | Отрадная (+474 м)  | Джубга            |
| 8                                   |  | Туапсе            |

Максимальные скорости ветра в северо-восточной зоне края можно считать практически стабильными за период 1980-2012 гг. Вообще, эта зона из-за удаленности от Черного моря по климату ближе к показателям соседних с Кубанью регионов России, чем к центральной и юго-западной частям края.

На физической карте Краснодарского края и Адыгеи (рис. 3) видно, что населенные пункты северо-восточной зоны расположены (с запада на восток) на Кубано-Приазовской низменности, у подошвы Ставропольской возвышенности и в северных предгорьях Скалистого хребта Западного Кавказа. Отметки над уровнем моря этих метеостанций плавно повышаются от +20 м в Кушевской до +474 м в Отрадной. Однако такая разница высот и удаленности от моря не повлияли на характер трендов ветра.

В приморской зоне с отметками всех метеостанций не выше + 30 м над уровнем моря, как показывает нижний график рис. 4, наблюдается совершенно иная картина. Для всех населенных пунктов, кроме Анапы, среднее отношение максимальных осредненных скоростей ветра за этот период двукратное при вдвое большем коэффициенте вариации, чем в северо-восточной зоне. С учетом того, что расстояние по меридиану между крайними населенными пунктами, перечисленными в табл. 1, составляет всего около 250 км, столь большие различия могут быть объяснены только весьма существенными особенностями крупномасштабных элементов рельефа Краснодарского края и влиянием обширной морской акватории, прежде всего, Черного моря.

Наибольшие скорости ветра в Краснодарском крае наблюдаются в холодный период года с ноября по март при господствующем направлении ветра с северо-востока – т.н. норд-ост. Сильный ветер на западном участке Черноморского побережья Кавказа от Новороссийска до Туапсе, особенно мощный на узкой полосе от Новороссийска до Геленджика и его резкие

---

усиления продолжительностью в несколько суток - борá, образуется при вторжении масс холодного воздуха, который, переваливая через невысокий и узкий Маркотхский хребет, сравнительно мало прогревается адиабатически и с большой скоростью падает вниз по подветренному южному склону под действием градиента давления и силы тяжести. В табл. 5 Справочника по климату [2] скорость ветра в интервале 29-40 м/с в декабре – марте на Маркотхском перевале над Новороссийском колеблется от 5,7 до 7,0 % от общего числа случаев измерений скоростей в течение всего года, чего не наблюдается больше нигде в Южном Федеральном округе России. По этим естественным причинам на карте приложения А СНКК 20-303-2002, приведенной в статье [1], вокруг Новороссийска–Геленджика был выделен Особый ветровой район, не вписывающийся в общую структуру районирования СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия».

Западнее Новороссийска горы становятся ниже и положе (рис. 3), и максимальные скорости ветра уменьшаются. В районе Анапы и западнее рельеф местности плавно переходит к всхолмленному равнинному, и скорости ветра на Таманском полуострове выравниваются со скоростями, характерными для всего Приазовья. Переходный характер значений ветровых скоростей возле Анапы от сильнейших в Новороссийске до вполне умеренных в Темрюке в совокупности с типичным его направлением и определили очертания IV ветрового района, вытянутого с северо-востока на юго-запад на карте приложения А СНКК 20-303-2002. Уместно предположить, что устойчивый во времени режим скоростей ветра в этом районе определяется главным образом ускорением воздушных масс, искривляющих к западу траекторию своего перемещения для обтекания Маркотхского хребта к участку, где горы заканчиваются.

Восточнее Особого ветрового района ширина и высота хребта Западного Кавказа заметно увеличиваются, оба склона становятся положе,

---

вследствие чего скорости норд-оста уменьшаются в приморской полосе до значений III ветрового района. В районе Туапсе-Сочи высота гор постепенно достигает 2-2,5 тыс. м с отдельными вершинами до 2,8-3,2 тыс. м. Ширина горной гряды севернее Сочи достигает 100 км, что полностью определяет субтропический климат побережья и особый режим атмосферной циркуляции с господством ветров с моря. В табл. 29 ГОСТ 16350-80 (Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей) это различие климатических характеристик выражено разделением Черного моря на относительно холодную северную часть и более теплую южную по параллели  $44^{\circ}$  с. ш., проходящей чуть южнее Туапсе.

Поэтому, глядя на карту рис. 3, в целом по Краснодарскому краю можно сделать вывод, что на территории севернее предгорий Кавказа за 1980-2012 гг. почти повсеместно наблюдается статистически незначимое уменьшение примерно на 10 % максимальных годовых осредненных на 10-минутном интервале анемометрических скоростей ветра. В приморских районах края общее снижение скоростей статистически значимое и составляет примерно 40-50 %.

Эти процессы происходят на фоне наблюдающегося глобального потепления. По данным Краснодарского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [3] среднегодовая температура воздуха на Кубани за последние 30 лет наблюдений выросла на два градуса, причем, полтора из них — только за последние десять лет. При этом в самые холодные месяцы температуры воздуха в отдельные дни повышаются до  $+10^{\circ}\text{C}$ , а иногда и до  $+20^{\circ}\text{C}$ . В центральной зоне края зимы стали малоснежными, с очень короткой продолжительностью в несколько суток и малочисленными периодами сохранения снежного покрова земли. Дневные температуры редко опускаются ниже  $0^{\circ}\text{C}$ . Градиенты температур

---

поступающего с севера холодного воздуха и относительно теплого воздуха над акваторией Черного моря стали меньшими, что снизило мощность боры и в целом продолжительность зимнего периода сильных ветров на побережье. При этом, как показано в работах [4, 5], в этот же промежуток времени в центральной части Краснодарского края наблюдается также некоторое снижение значений годовых максимумов веса снегового покрова и уменьшается их изменчивость.

В целом, выявленные нами закономерности хорошо согласуются с выводами Росгидромета [6], определившего основной тенденцией в изменении скорости приземного ветра в течение 1936–2006 гг. ее уменьшение почти на всей территории России в среднем на 0,3–0,6 м/с за 10 лет при увеличении повторяемости слабого ветра (до 3 м/с) и уменьшении повторяемости более сильного (6–7 м/с и более). По материалам Росгидромета, полученным в результате анализа рядов скорости ветра на 1457 метеорологических станциях России за 1977 – 2011 гг., установлено, что на большей части территории страны, особенно в европейской части и в Западной Сибири, скорость ветра продолжает уменьшаться, особенно зимой и весной, и эта тенденция согласуется с уменьшением скорости приземного ветра на всех континентах земного шара.

Не ясно, однако, как долго может сохраняться такая закономерность и как скоро она может измениться на противоположную. В исследовании американских специалистов [7] рассматриваются прогнозы изменения скоростей ветра к 2050 г., вызванного глобальным потеплением, при двух сценариях увеличения концентрации в атмосфере парниковых газов. Согласно этому исследованию, региональные различия в изменениях скорости ветра, предсказанные четырьмя различными моделями климата, не позволяют сделать однозначные выводы, но при этом практически для всей территории России прогнозируется рост среднегодовых скоростей.

---

Прогнозировать дальнейшее снижение ветровой нагрузки в Краснодарском крае на десятилетия вперед тем более рискованно, поскольку в настоящее время кроме наблюдающегося потепления климата многие специалисты указывают на возможную в ближайшем будущем противоположную тенденцию. Предполагается перспектива наступления длительного периода похолодания, подобного произошедшему в период с 1645 по 1715 г. во время резкого и продолжительного снижения солнечной магнитной активности. Ряд отечественных и зарубежных астрофизиков считают, что начиная с 1996 г. Земля вступает в период циклов солнечной активности средней и низкой величины, который может продлиться примерно 50-70 лет [8-10 и др.]. В таком случае может существенно измениться режим циркуляции атмосферы на протяжении достаточно длительного периода, в течение которого не исключен иной характер трендов скоростей сильных ветров.

### **Заключение**

Выполненный анализ максимальных годовых осредненных скоростей ветра в Краснодарском крае обнаружил среднее по всей его площади статистически значимое снижение их за период с 1979 по 2012 г. примерно на 30 %. Вместе с тем, имеются большие территориальные различия между северо-восточной зоной с 10-процентным снижением скоростей и приморскими территориями, за исключением Анапы, с примерно двукратным уменьшением максимальной годовой скорости.

Таким образом, проделанная нами работа показала, что исходная база данных о годовых максимумах осредненных на 10-минутном интервале скоростей ветра, использованная в 2000 г. при составлении территориальных норм Краснодарского края СНКК 20-303-2002, не занижает расчетные значения скоростного напора ветра по сравнению с наблюдающимися до

настоящего времени. Такой вывод подтвержден анализом удлинённых на 13 лет после создания этого документа временных рядов скоростей ветра.

Надёжность зданий и сооружений, спроектированных на расчётную ветровую нагрузку, заданную территориальными строительными нормами Краснодарского края СНКК 20-303-2002, остается в настоящее время на должном уровне, принятом в современных общероссийских нормативных документах. В последующие 20-30 лет ситуация может измениться, но предсказать характер этого изменения сегодня невозможно.

### Литература

1. Починок В.П., Тамов М.М., Аксенов А.Г. Тренд-анализ максимальных годовых осреднённых скоростей ветра в Краснодарском крае. Инженерный вестник Дона, 2019, № 5 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2019/5955](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2019/5955).
2. Справочник по климату СССР. Выпуск 13, часть 3. Ветер. Л.: Гидрометиздат, 1967. 332 с.
3. Спецрепортаж: Кубанская зима. Кубань 24. URL: [kuban24.tv/item/spetsreportaj-kubanskaya-zima-114072](http://kuban24.tv/item/spetsreportaj-kubanskaya-zima-114072) (дата обращения: 10.03.2019).
4. Pochinok V.P., Tamov M.A. and Tamov M.M. About trend assessment of maximum annual values of snow load on the ground in Krasnodar Krai. FORM - 2018. IOP Publishing - IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 365 (2018) URL: [iopscience.iop.org/issue/1757-899X/365/5](http://iopscience.iop.org/issue/1757-899X/365/5). doi:10.1088/1757-899X/365/5/052015
5. Починок В.П., Аксенов А.Г. Зависимость снеговой нагрузки в Краснодарском крае и Адыгее от высоты местности над уровнем моря и от периода повторяемости расчётных значений. Инженерный вестник Дона, 2019, № 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2019/5885](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2019/5885).

6. Катцов В.М., Семенов В.М. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 58 с.

7. Eichelberger S., McCaa J., Nijssen B., Wood A. Climate Change Effects On Wind Speed // North American Windpower. № 7. 2008.

8. Ишков, В.Н. Периоды пониженной и повышенной солнечной активности: наблюдательные особенности и ключевые факторы. Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца. Труды «Солнечная и солнечно-земная физика – 2013». СПб.: РАН, 2013. С. 111-114.

9. Beckman, J.E. and T.J. Mahoney, 1998. The Maunder minimum and climate change: Have historical records aided current research? ASP Conference Series. 153. pp. 212-217.

10. Popova, E., V. Zharkova and S. Zharkov Probing latitudinal variations of the solar magnetic field in cycles 21-23 by Parker's Two-Layer Dynamo Model with meridional circulation. Annales Geophysicae. 2013. 31 (11). pp. 2023-2038.

### References

1. Pochinok V.P., Tamov M.M., Aksenov A.G. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2019, №5. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2019/5955](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2019/5955).

2. Spravochnik po klimatu SSSR [Guide on climate in USSR]. Issue 13. P. III. Veter [Wind]. Leningrad: Gidrometizdat, 1967. 332 p.

3. Specreportazh: Kubanskaya zima [Special Coverage: Kuban winter]. Kuban 24. URL: [kuban24.tv/item/spetsreportaj-kubanskaya-zima-114072](http://kuban24.tv/item/spetsreportaj-kubanskaya-zima-114072).

4. Pochinok V.P., Tamov M.A. and Tamov M.M. About trend assessment of maximum annual values of snow load on the ground in Krasnodar Krai. FORM - 2018. IOP Publishing - IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 365 (2018) URL: [iopscience.iop.org/issue/1757-899X/365/5](http://iopscience.iop.org/issue/1757-899X/365/5). doi:10.1088/1757-899X/365/5/052015.



5. Pochinok V.P., Aksenov A.G. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2019, №3.  
URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2019/5885](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2019/5885).

6. Katcov V.M., Semenov V.M. Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob-izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii [Second estimative report of Roshydromet on climate change and its consequences in Russian Federation]. M.: Roshydromet, 2014. 58 p.

7. Eichelberger S., McCaa J., Nijssen B., Wood A. North American Windpower. 2008. № 7.

8. Ishkov V.N. Vserossiyskaya ezhegodnaya konferentsiya po fizike Solntsa. Trudy "Solnechnaya i solnechno-zemnaya fizika" (Russ. Annu. Conf. on Phys. of Sun) Saint Petersburg: RAN, 2013. pp. 111-114.

9. Beckman J.E., Mahoney T.J. ASP Conf. Ser., 1998, №153. pp. 212-217.

10. Popova E., Zharkova V. and Zharkov S. Annales Geophys. 2013. № 31 (11). pp. 2023-2038.