



## ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЖИМА СКОРОСТИ ВЕТРА НА ТЕРРИТОРИИ СЮНИКСКОГО МАРЗА РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

*В.Г. Маргарян*

Ереванский государственный университет,  
ул. Алека Манукяна, 1, 0025, г.Ереван, Армения  
e-mail: vmargaryan@ysu.am

doi: 10.15518/isjaee.2020.10.008

Заключение совета рецензентов: 23.09.20

Заключение совета экспертов: 23.09.20

Принято к публикации: 29.09.20

В статье рассматриваются вопросы особенности пространственно-временного распределения основных характеристик скорости ветра на территории Сюникского марза Республики Армения. Для анализа использованы данные «Службы по гидрометеорологии и активному воздействию на атмосферные явления» МЧС Республики Армения за период 50 лет и более (1966–2018 гг.) на 7 метеорологических станциях.

На основе статистического анализа определены значения норм месячной и годовой скоростей ветра, проведен анализ пространственной и временной изменчивости их исследуемых характеристик. Для расчета годового значения скорости ветра неизученных территорий получены корреляционные зависимости между величиной скорости ветра и высотой места. Построена карта распределения годового значения скорости ветра.

Выполненный анализ пространственного изменения характеристик скорости ветрового режима показал разнообразие, обусловленное пересечённостью местности, где рельеф оказывает большое влияние на распределение характеристик скорости ветра. Средняя годовая скорость ветра на исследуемой территории колеблется от 1,1 до 7,7 м/сек: наибольшие средние скорости ветра наблюдаются на Сисианском и Воротанском перевалах, особенно летом, наименьшие средние скорости ветра – в Мегри, особенно осенью и зимой. С высотой растет скорость ветра. Вертикальный градиент средней годовой скорости ветра в нижней зоне составляет  $-0,25$  м/сек/100 м, а в верхней зоне  $-0,75$  м/сек/100 м. На территории Сюника хорошо выражен суточный ход скорости ветра, а годовой ход отличается неоднозначными закономерностями. В Сюникском марзе скорость ветра в течение дня растет в дневное время и максимум в теплое, послеобеденное время, а начиная с полуночи до раннего утра, скорость ветра снижается и достигает минимума.

Для оценки динамики изменения скорости ветра были выделены три периода (1966-1985, 1986-2000, 2001-2018 гг.). Как по месяцам, так и за год наблюдается неоднородная динамика изменения средних значений скорости ветра.

Полученные результаты могут быть использованы при планировании развития ветроэнергетики на территории Сюникского марза, разработке ветроэнергетических кадастров территорий, климатическом обслуживании отраслей народного хозяйства, корректировке строительных нормативов.

**Ключевые слова:** Армения, Сюникский марз, пространственно-временная характеристика, скорость ветра, повторяемость, штиль, изменение климата.



# SPATIO-TEMPORAL CHARACTERISTIC OF THE WIND SPEED REGIME IN THE TERRITORY OF THE SYUNIK MARZ OF THE REPUBLIC OF ARMENIA

*V.G. Margaryan*

Yerevan State University, 1 Alek Manukyan Street, Yerevan 0025, Armenia  
e-mail: vmargaryan@ysu.am

doi: 10.15518/isjaee.2020.10.008

Referred: 23.09.20

Received in revised form: 23.09.20

Accepted: 29.09.20

The article discusses the features of the main characteristics of wind speed in the territory of the Syunik marz of the Republic of Armenia; the statistical characteristics of the wind are obtained. For analysis, we used the data of the Hydrometservice of the Republic of Armenia for a period of 50 years and more (1966-2018) at 7 weather stations. An analysis of the spatial change in the characteristics of the wind speed showed a variety due to the roughness of the terrain, where the terrain has a great influence on the distribution of wind speed characteristics.

Based on the statistical analyses, the norms of monthly and annual wind speeds are determined; the spatial and temporal variability of their studied characteristics is analyzed. To calculate the annual value of the wind speed of unexplored areas, correlation dependencies between the value of wind speed and elevation are obtained. Built a map of the distribution of the annual value of the wind speed.

The performed analysis of the spatial variation of the velocity characteristics wind regime showed a variety due to the ruggedness areas where the relief has a great influence on the distribution wind speed characteristics. Average annual wind speed at the study area ranges from 1.1 to 7.7 m/s: the largest average wind speeds are observed at Sisian and Vorotan passes, especially in summer, the lowest average wind speeds are in Meghri, especially in autumn and winter. The wind speed increases with height. Vertical the gradient of the average annual wind speed in the lower zone is  $-0.25$  m/s / 100 m, and in the upper zone -  $0.75$  m/s / 100 m. On the territory of Syunik the diurnal variation of the wind speed is well pronounced, and the annual variation differs ambiguous patterns. In Syunik marz, the wind speed is during the day it grows in the daytime and maximum in the warm afternoon time, and from midnight to early morning, the wind speed decreases and reaches a minimum.

To assess the dynamics of changes in wind speed, three periods were allocated (1966-1985, 1986-2000, 2001-2018). Both by months and by year there is a non-uniform dynamics of changes in the average values of the speed wind.

The results can be used in planning the development of wind energy in the Syunik marz, the development of wind energy cadasters of territories, climate services for sectors of the economy, adjustment of building standards.

**Keywords:** Armenia, Syunik marz, spatio-temporal characteristic, wind speed, repeatability, calm, global climate change.

**Сведения об авторе:** кандидат географических наук, доцент; доцент кафедры физической географии и гидрометеорологии факультета географии и геологии.

**Образование:** Ереванский государственный университет

**Область научных исследований:** Физическая география, гидрология, метеорология, климатология

**Публикации:** Более 165 научных публикаций

**Information about the author:** PhD (geography), docent; associate professor at the department of physical geography and hydrometeorology, faculty of geography and geology.

**Education:** Yerevan State University

**Research interests:** Physical geography, hydrology, meteorology, climatology

**Publications:** More than 165 scientific publications



*Вардуи Гургеновна  
Маргарян  
Varduhi Gurgeni  
Margaryan*



## Введение

Ветер является одной из важнейших характеристик состояния атмосферы. Характеристики режима скорости ветра необходимы при разработке ветроэнергетических кадастров территорий, при корректировке строительных нормативов, для обеспечения безопасности полёта воздушных судов, для проектирования и строительства различных инженерных сооружений. В последнее время всё актуальнее становится вопрос использования энергии ветра для преобразования ее в электрическую. Это особенно актуально для Республики Армения, имеющей энергозатратную экономику и значительную зависимость от внешних поступлений энергоносителей. С другой стороны, в связи с глобальными и региональными изменениями климата возрастает потребность в надежной информации о режиме пространственно-временная характеристика скорости ветра. В связи с этим, изучение закономерности режима пространственно-временного распределения скорости ветра определенной территории, является очень актуальной задачей. Выбрали в качестве региона Сюникский марз потому, что анализ ряда источников позволяет сделать вывод о том, что этот марз имеет достаточный для использования потенциал ресурсов ветровой энергии. Так, среднегодовая скорость ветра в марзе Сюник составляет от 1,1 до 7,7 м/с.

Отметим, что режим скорости ветра как Армении, так и изучаемой территории, очень мало изучен. Большой вклад в изучение режима скорости ветра внесли А.Б. Багдасарян [1], А. Нерсисян [12] и др. Однако, в Армении специализированных научных работ по изучению режима скорости ветра до сих пор не было. С другой стороны, следует отметить, что в этих работах использовались данные до 1960 года. Данные о ветровом режиме Армении, в том числе и его юго-восточной части, приведены в ряде климатических пособий [4, 16]. В справочнике [16] освещается ветровой режим территории Армении за период с 1936 по 1963г. В работе [4] средние многолетние характеристики ветра были уточнены с использованием данных за период с 1936 по 2010 гг. По объему материала и степени анализа гидрометеорологических условий эти работы являются основными режимно-климатическими пособиями для Сюникского марза.

Целью данного исследования является анализ и оценка закономерности территориального распределения характеристик скорости ветра, уточнение распределения внутри суточного и внутригодового хода, тенденция межгодового изменения скорости ветра на изучаемой территории. С этой целью, в работе поставлены и решены следующие задачи: обработать и проанализировать результаты фактических наблюдений; оценить особенности основных характеристик приземного ветра; проанализировать и оценить

закономерности пространственного распределения режима основных характеристик скорости ветра; выявить и оценить суточный и годовой ход скорости ветра; выявить тенденции межгодовых изменений среднемесячной и годовой скорости ветра за период 1966-2018 гг.; выявить особенности повторяемости штилей; построить карту пространственного распределения среднегодового значения скорости ветра.

Таблица сокращений	
Буквы латинского алфавита	
UTC	Всемирное координированное время (Универсальное координированное время)
м/с	метр/секунду
$\Delta\bar{V}_1$	Разность средних значений скорости ветра 1985-2010 и 1966-1985 гг.
$\Delta\bar{V}_2$	Разность средних значений скорости ветра 2018-2010 и 2011-2018

## 1. Материалы и методы исследования

Проанализированы и обработаны соответствующие научные источники [11, 15, 17].

В качестве исходных данных в работе использованы материалы многолетних наблюдений за характеристиками скорости ветра, за период со дня открытия станции до 2018 г. (данные «Службы по гидрометеорологии и активному воздействию на атмосферные явления» МЧС Республики Армения). Отметим, что с течением времени изменилось количество метеорологических станций и постов. Так, на изучаемой территории в разные годы действовали 33 метеорологические станции и посты (7 – метеорологических станций), а в настоящее время действуют всего 5 метеорологических станций (табл. 1), фактические данные которых были использованы для проведения исследований в этой работе. Также были использованы данные горной труднодоступной метеорологической станции Воротанский перевал, расположенной в соседнем марзе Вайоц Дзор. Он установлен на высоте 2387 м над ветвью хребта западной части Зангезурского хребта, недалеко от границы двух марзов. В виде исключения были использованы также фактические данные Сисианского перевала, несмотря на то, что последний закрыт с ноября 1988 года. Причина в том, что на этой метеорологической станции зарегистрировано максимальное значение среднемесячного и среднегодового ветра не только на изучаемой территории, но и на всей территории республики.



Список метеостанций (в скобках указана дата перевода, из которого была нарушена однородность ряда)

Таблица 1

Table 1

List of meteorological stations (the date of the transfer from which the uniformity, of the series was broken is indicated in brackets)

Имя	Высота, м	Срок наблюдений
Воротанский перевал	2387	1961 – 2018
Сисианский перевал	2380	1950 – 88
Сисиан	1580	1913 – 17, 1931 – 2018
Горис	1398	1913, 1915 – 17; 1924 – 2018
Капан	704	1933 – 2018 (1938; 99)
Каджаран	1980	1933 – 1973*; 1974 – 2018 (1976)
Мегри	627	1930 – 2018

Неоднородность чаще всего возникает из-за переноса флюгера, смены датчиков измерений, застройки вблизи станции жилыми или промышленными объектами, вырубке деревьев, близости крупных насаждений деревьев, а также из-за смены наблюдателей. Важным также является положение самой станции [3].

В работе применялись методы математической статистики, GLIWARE. Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакетов Statistica и Excel.

## 2. Краткая физико-географическая характеристика сюникского марза

Сюникский марз расположен в юго-восточной части Республики Армения. По размеру территории (4506 км<sup>2</sup>) марз занимает второе место в Армении, на ее долю приходится 15% всей территории республики. В противоположность этому марз выделяется небольшим числом населения (164,1 тыс. человек). Это самая гористая марз Армении, имеющая самую большую разницу в высоте поверхности. Большую часть территории марза составляют скалы, горные хребты и ущелья. На западе от Амулсара до антецендового ущелья реки Аракс тянется Зангезурский хребет, продолжение которого на территории Ирана, это горы Агбаба.

Восточные склоны относительно малонаклонные, раздробленные притоками Воротана (постепенно спускаются в долину Воротана). Западные склоны более откосные и расчлененные притоками Аракса. Относительно удобно проходимые перевалы – это Воротанский перевал (2345 м), соединяющий котловины Арпа и Воротана, Сисианский перевал (2346 м), соединяющий между собой котловины Сисиана и Нахичевана [1]. С южной стороны начинаются и тянутся к востоку горные хребты Баргушата и Мегри, а также ветвь хребта Вохчи, которая является водоразделом между Вохчи и Гехигетером. Спускающиеся в сторону Нахичевана склоны очень сухие, почти полностью оголенные и расчлененные глубокими ущельями рек Аракс-Агулис, Ордубад, Вохчи, Мегри и других рек, между которыми поднимаются ветви

хребтов с короткими и откосными склонами. В Сюникском марзе много межгорных вогнутых и эрозионных долин, горных хребтов, которые оставляют свой отпечаток на режиме скорости ветра.

## 3. Результаты и обсуждение

На изучаемой территории режим скорости ветра отличается характерными особенностями и разнообразием связанной с высотой местности, формой рельефа, экспозицией склонов, временем года и дня, характером подстилающей поверхности, формой долины, общециркуляционными синоптическими процессами, защищенности флюгера, антропогенных факторов и т. д. [1, 12].

Основной характеристикой ветра, определяющей его интенсивность, а также эффективность использования ветровой энергии, является его средняя скорость за определённый период времени. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что на территории Сюника хорошо выражен суточный ход скорости ветра. Наибольшая скорость ветра отмечалась в полуденные часы (12<sup>00</sup> – 15<sup>00</sup> UTC), что видно на примере (рис. 1) распределения скорости ветра по срокам за год по станции Горис, Капан и Мегри. То есть, скорость ветра от 21<sup>00</sup> UTC закономерно растет и, почти удвоившись, достигает максимума в полдень и после него. Минимальные значения среднесрочной скорости ветра наблюдаются с 00<sup>00</sup> по 06<sup>00</sup> – 09<sup>00</sup>. Разница среднего суточного значения скорости ветра в характерных месяцах (в январе и июле) невелика, она составляет от 0,1 до 0,9 м/сек. При этом, разница скорости ветра в Капане и Мегри в январе и июле больше с 12<sup>00</sup> по 18<sup>00</sup> UTC, а в Горисе с 18<sup>00</sup> по 06<sup>00</sup> UTC. В Капане и Мегри с 00<sup>00</sup> по 06<sup>00</sup> UTC превышают среднесуточные значения скорости ветра холодного периода, а с 12<sup>00</sup> по 21<sup>00</sup> UTC - превышают значения скорости ветра теплого периода. В Горисе на всех наблюдательных срочных сроках скорость ветра больше в январе, чем в июле. Для января в районе метеостанции Горис и Мегри характерен небольшой



суточный ход: скорость ветра изменяется соответственно в пределах от 1,7 до 2,0 м/с и от 1,1 – 1,2 до 1,6 м/с в 00<sup>00</sup> и 15<sup>00</sup> UTC. А для июля

метеостанции Горис: скорость ветра изменяется в пределах от 1,0 до 1,7 м/с. Это можно объяснить доминированием циклонической циркуляции зимой над изучаемой территорией.

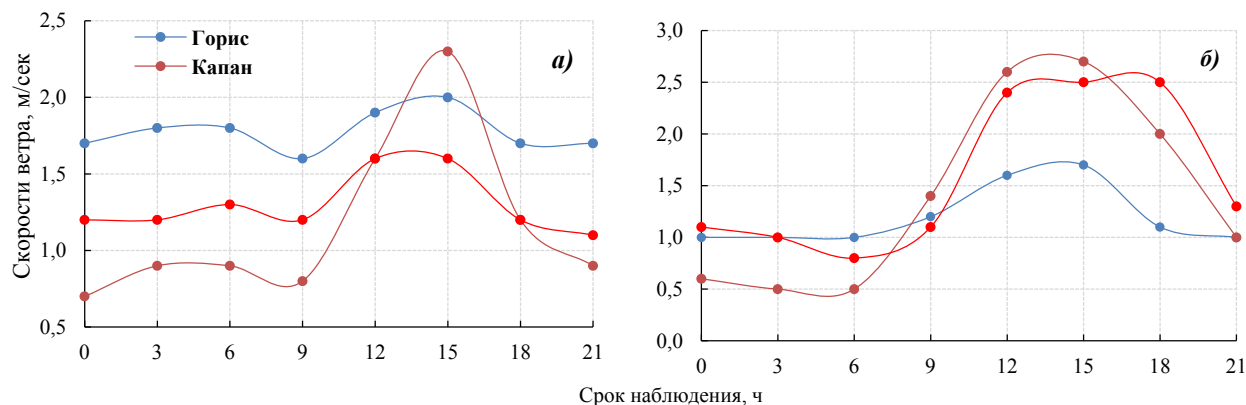


Рис. 1. Среднесрочные значения скорости ветра на метеостанциях Горис, Капан и Мегри а) январь, б) июль.  
Fig. 1. Medium-term wind speed values at Goris, Kapan and Megri weather stations a) January; b) July.

Основной характеристикой ветра, определяющей его интенсивность, а также эффективность использования ветровой энергии, является его средняя скорость за определённый период времени. Проведенные исследования свидетельствуют, что на территории Сюника хорошо выражен суточный ход скорости ветра. Наибольшая скорость ветра отмечалась в полуденные часы (12<sup>00</sup> – 15<sup>00</sup> UTC), что видно на примере (рис. 1) распределения скорости ветра по срокам за год по станции Горис, Капан и Мегри. То есть скорость ветра от 21<sup>00</sup> UTC закономерно растёт и почти удвоившись, достигает максимума в полдень и после из него. Минимальные значения среднесрочной скорости ветра наблюдаются с 00<sup>00</sup> по 06<sup>00</sup> – 09<sup>00</sup>. Разница среднего суточного значения скорости ветра в характерных месяцах (в январе и июле) невелика, она составляет

от 0,1 до 0,9 м/сек. При этом, разница скорости ветра в Капане и Мегри в январе и июле больше с 12<sup>00</sup> по 18<sup>00</sup> UTC, а в Горисе с 18<sup>00</sup> по 06<sup>00</sup> UTC. В Капане и Мегри с 00<sup>00</sup> по 06<sup>00</sup> UTC превышают среднесуточные значения скорости ветра холодного периода, а с 12<sup>00</sup> по 21<sup>00</sup> UTC превышают значения скорости ветра теплого периода. В Горисе, на всех наблюдательных срочных сроках, скорость ветра больше в январе, чем в июле. Для января в районе метеостанции Горис и Мегри характерен небольшой суточный ход: скорости ветра изменяется соответственно в пределах от 1,7 до 2,0 м/с и от 1,1 – 1,2 до 1,6 м/с в 00<sup>00</sup> и 15<sup>00</sup> UTC. А для июля небольшой суточный ход характерен только в метеостанции Горис: скорости ветра изменяется в пределах от 1,0 до 1,7 м/с. Это можно объяснить доминированием циклонической циркуляции зимой над изучаемой территорией.

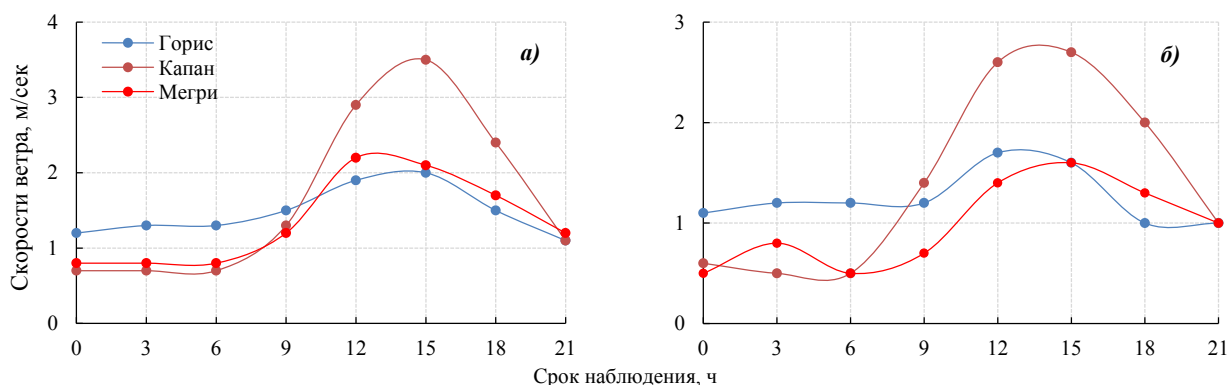


Рис. 2. Среднесрочные значения скорости ветра на метеостанциях Горис, Капан и Мегри а) апрель, б) октябрь.  
Fig. 2. Medium-term wind speed values at Goris, Kapan and Megri weather stations a) April; b) October.

Такой ход характерен для апреля и октября (рис. 2). Только в этом случае на 3 метеорологических станциях во всех сроках наблюдений значения скорости ветра за апрель превышают значения октября. Минимальные значения среднесрочной скорости ветра наблюдаются с 00<sup>00</sup> по 06<sup>00</sup> – 09<sup>00</sup>, а максимальные значения – с 12<sup>00</sup> по 15<sup>00</sup>. Надо отметить,

что наибольшие значения скорости ветра в Капане наблюдаются в апреле.

Таким образом, в Сюникском марзе скорость ветра в течение дня растёт в дневное время и максимум в теплое, послеобеденное время, а начиная с полуночи до раннего утра, скорость ветра снижается и достигает минимума.



Среднемесячная и годовая скорость (м/сек) ветра в марзе Сюник за период 1966 – 2018 гг.  
(\*\* – 1975–2018, \* – 1966–1988) [7, 9]

Average monthly and annual wind speed (m/s) in the Syunik marz area for the period 1966-2018  
(\*\* – 1975–2018, \* – 1966–1988) [7, 9]

Метеорологические станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Воротанский перевал	3,97	4,12	4,28	4,42	4,61	5,49	6,83	6,65	5,09	4,10	3,74	3,90	4,77
Сисианский перевал*	8,52	8,15	8,11	7,45	6,63	7,05	8,49	9,05	7,16	6,58	7,29	8,28	7,71
Сисиан	1,50	1,58	1,72	1,59	1,50	1,91	2,48	2,53	1,88	1,24	1,22	1,37	1,71
Горис	1,69	1,50	1,38	1,40	1,20	1,21	1,19	1,15	1,13	1,19	1,38	1,70	1,35
Капан	1,13	1,32	1,49	1,57	1,44	1,39	1,37	1,37	1,24	1,20	1,12	1,05	1,29
Каджаран**	1,19	1,13	1,21	1,25	1,24	1,24	1,27	1,17	1,05	0,98	0,95	1,14	1,16
Мегри	1,06	1,14	1,14	1,09	0,97	1,13	1,30	1,33	1,04	0,81	0,86	0,99	1,08

Из табл. 2 видно, что средняя годовая скорость ветра на исследуемой территории колеблется от 1,1 до 7,7 м/сек. Из 7-и метеорологических станций наибольшие средние скорости ветра наблюдаются на Сисианском и Воротанском перевалах, особенно летом. А наименьшие средние скорости ветра наблюдаются в Мегри, особенно осенью и зимой. Это обусловлено тем, что он расположен между южными склонами горных хребтов Мегри и Зангезур, в глубоком ущелье реки Мегри на высоте 627 м.

Годовой ход распределения средней скорости ветра отличается неоднозначными закономерностями. Он четко выражается только на метеорологической станции Воротанский перевал, где в течение года наблюдается одно максимальное (июль) и одно

минимальное (ноябрь) значение. В Сюникском марзе наблюдаются два типа годового распределения скорости ветра: простой (один максимальный и один минимальный) и сложный (два максимальных и два минимальных). При этом, главная максимальная скорость ветра наблюдается летом, главный минимум – осенью. Летом диапазон значений средней скорости ветра изменяется от 1,13 м/с до 9,05 м/с, осенью скорость ветра уменьшается до 6,58 м/с и 0,81 м/с соответственно. Исключение составляют Горис и Капан. Максимальная скорость ветра в Горисе наблюдается в декабре-январе, в Капане – в апреле, а минимальная скорость, соответственно, в мае-октябре и ноябре-январе.

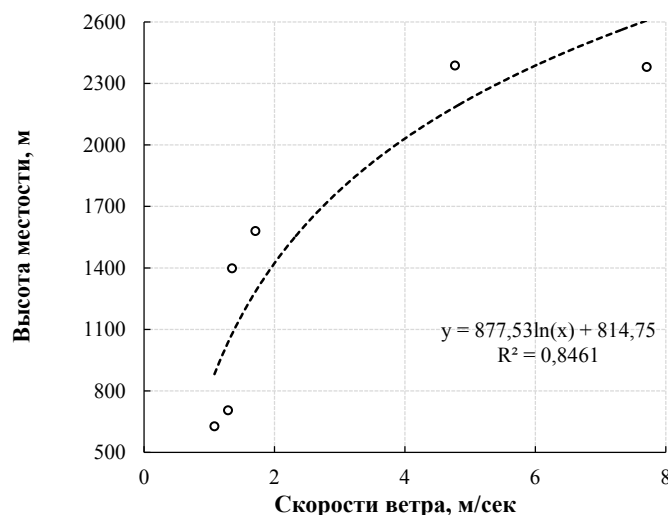


Рис. 3. Среднегодовые значения скорости ветра и корреляционная связь между высотой местности на территории марза Сюник.

Fig. 3. Average annual wind speed values and correlation between the heights of the terrain on the territory of the Syunik marz.

Как правило, с высотой растет скорость ветра. Получена корреляционная связь между годовыми средними значениями скорости ветра исследуемой территории и высотой места (рис. 3) согласно фактическим данным (1966 – 2018гг.). Данные метеорологических станций Каджаран не использовались для сохранения ряда наблюдений за однородностью. На

основе этой связи построена карта распределения среднегодовой скорости ветра (рис. 4). Эту карту можно использовать для изучения режима скорости ветра, неизученных и мало изученных рек, обсуждаемой территории. Вертикальный градиент средней годовой скорости ветра в нижней зоне составляет – 0,25 м/сек/100 м, а в верхней зоне – 0,75 м/сек/100 м.

На рис. 4 показаны гистограммы повторяемости штилей, максимальные скорости ветра и порывы по центральным месяцам (январь, апрель, июль, октябрь) и за год. Гистограммы позволяют представить распределение скоростей ветра по сезонам года. Из гистограмм видно, что наибольшее значение повторяемости штилей (53 – 55 %) за год имеется в Сиси-

ане, Каджаране и Мегри, наименьшее значение повторяемости штилей (5 – 12 %) – на Сисианском и Воротанском перевале. Это объясняется особенно местностью метеорологической станции, степенью закрытости горизонта. Забайкалье также отличается большим числом штилей. В среднем по территории их повторяемость составляет 38 % [13].

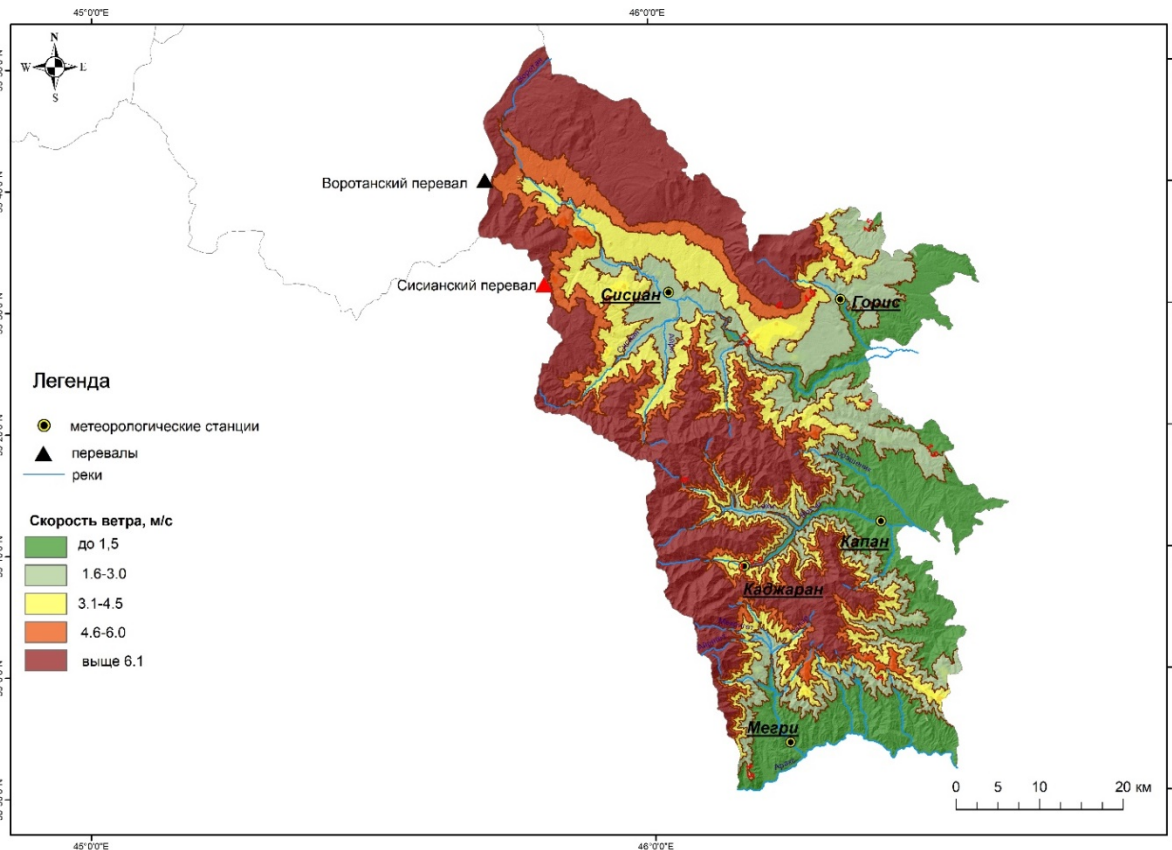


Рис. 4. Распределение среднегодовой скорости ветра на территории марза Сюник.  
 Fig. 4. Distribution of the average annual wind speed in the territory of the Syunik marz.

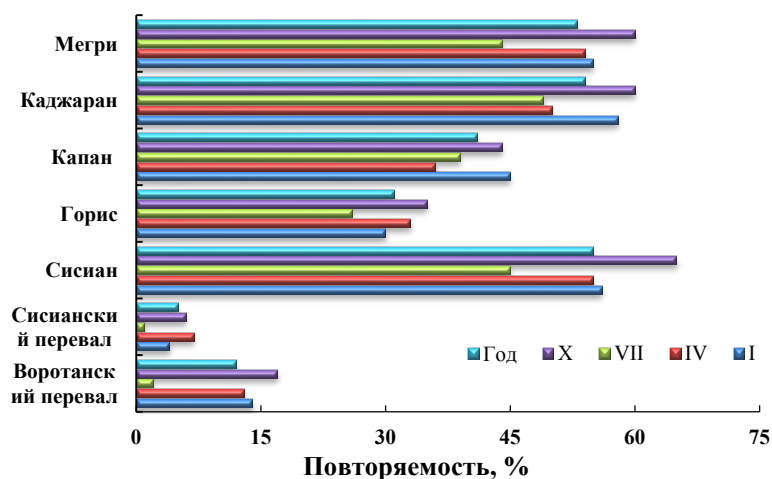


Рис. 5. Гистограммы повторяемости штилей в марзе Сюник.  
 Fig. 5. Bar charts of calm repetition in Syunik marz.

Большие значения максимальной скорости ветра и порыва наблюдаются на Сисианском перевале [8] (рис. 5). В Сюникской области максимальная годовая скорость ветра составляет от 18 м/с (Сисиан, Капан)

до 48 м/с и более (Сисианский перевал), а порыв – от 22 м/с (Сисиан, Капан) до 60 м/с и более (Сисианский перевал).

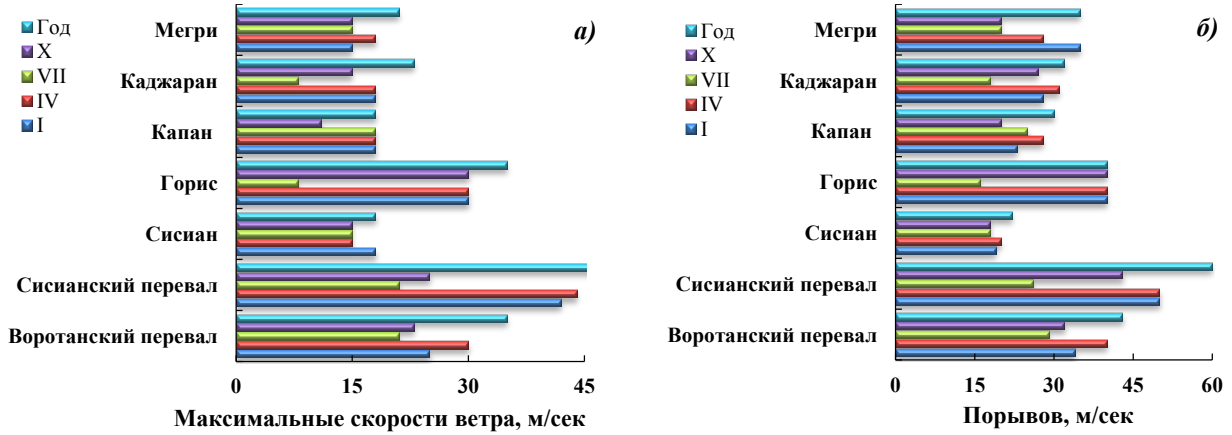


Рис. 6. Гистограммы максимальной скорости ветра (а) и порывов (б) в марзе Сюник.  
 Fig. 6. Histograms of maximum wind speed (a) and gusts (b) in Syunik marz.

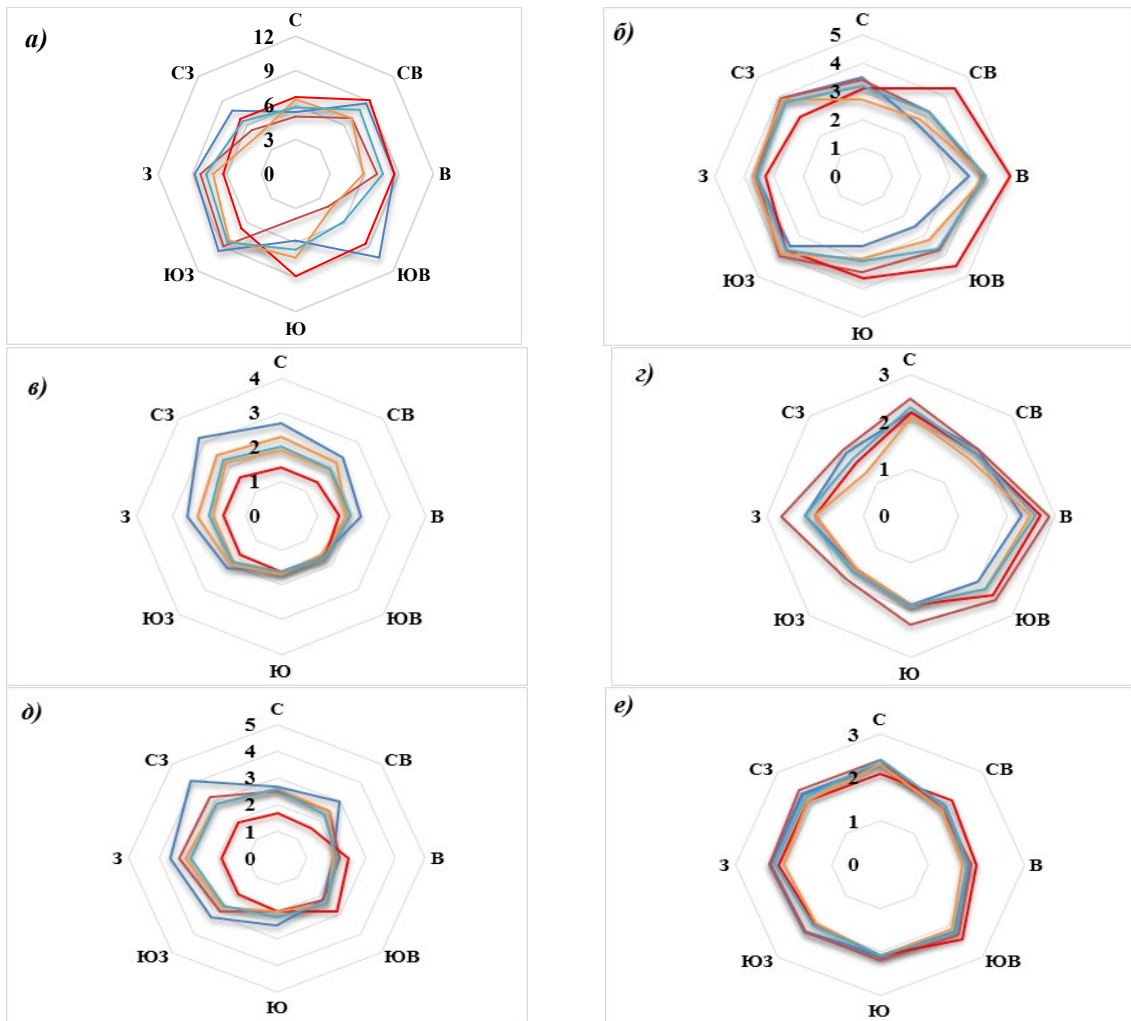


Рис. 7. Гистограммы скорости ветра (м/сек) по разным направлениям  
 а) Сисианский перевал; б) Сисиан; в) Горис; г) Капан; д) Каджаран; е) Мегри  
 — I; — IV; — VII; — X; — год.  
 Fig. 7. Histograms of wind speed (m/s) in different directions  
 а) Sisian pass ; б) Sisian; с) Goris; д) Kapan; е) Kajaran; ф) Megri  
 — I; — IV; — VII; — X; — year.

В работе также обсуждено распределение скорости ветра по направлениям (рис. 7). В годовом разрезе большие значения скорости ветра наблюдаются: в Капане и Сисиане – восточный, в Горисе – северо-западный, на Сисианском перевале –

юго-западный, в Каджаране – западный и северо-западный, в Мегри – в случае северного направления. Причем, большие скорости ветра в июле наблюдаются при следующих направлениях: в Капане – восточный и юго-восточный, на



Сисианском перевале – северный, северо-восточный, восточный и южный, в Сисиане – северо-восточный, восточный, юго-восточный и южный, в Каджаране – восточный и юго-восточный, в Мегри – юго-восточный. В январе большие скорости ветра наблюдаются при следующих направлениях: в Капане – северный, восточный и западный, в Горисе – северный, западный и северо-западный, на Сисианском перевале – юго-восточный и юго-западный, в Сисиане и Каджаране – северо-

западный, в Мегри – северный, западный и северо-западный. В годовом разрезе небольшие значения скорости ветра регистрируются при следующих направлениях: в Капане – юго-западный и северо-западный, в Горисе – юго-восточный и южный, на Сисианском перевале – северный, в Сисиане – северный, северо-восточный и южный, в Каджаране – восточный и южный, в Мегри – северо-восточный и восточный.

Таблица 5

Среднемесячная и годовая скорость (м/с) ветра и ее отклонения ( $\Delta\bar{V}_1, \Delta\bar{V}_2$ ) на метеостанциях в марзе Сюник за различные периоды 1966-1985, 1986-2000, 2001-2018 гг.

Table 5

Average monthly and annual wind speed (m/s) and its deviation ( $\Delta\bar{V}_1, \Delta\bar{V}_2$ ) at weather stations in Syunik marz for different periods of 1966-1985, 1986-2000, 2001-2018

Периоды и отклонения	Месяцы													Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	
Сисиан														
1966-1985	1,79	1,91	2,03	1,89	1,74	2,29	3,14	3,24	2,29	1,36	1,31	1,54	2,04	1,79
1985-2010	1,36	1,34	1,53	1,39	1,39	1,80	2,31	2,41	1,71	1,21	1,20	1,38	1,59	1,36
2011-2018	1,28	1,37	1,53	1,42	1,32	1,58	1,87	1,84	1,55	1,13	1,14	1,18	1,43	1,28
$\Delta\bar{V}_1$	-0,44	-0,58	-0,50	-0,50	-0,34	-0,49	-0,83	-0,83	-0,58	-0,15	-0,11	-0,16	-0,46	-0,44
$\Delta\bar{V}_2$	-0,08	0,03	0,01	0,03	-0,07	-0,22	-0,43	-0,57	-0,16	-0,08	-0,06	-0,20	-0,15	-0,08
Горис														
1966-1985	2,04	1,72	1,49	1,58	1,04	1,02	0,98	0,95	0,92	1,15	1,41	2,05	1,36	2,04
1985-2010	1,56	1,46	1,23	1,49	1,43	1,46	1,42	1,41	1,39	1,35	1,57	1,71	1,46	1,56
2011-2018	1,41	1,29	1,38	1,14	1,23	1,25	1,25	1,21	1,16	1,13	1,20	1,31	1,25	1,41
$\Delta\bar{V}_1$	-0,48	-0,26	-0,26	-0,09	0,39	0,44	0,44	0,46	0,46	0,19	0,16	-0,34	0,10	-0,48
$\Delta\bar{V}_2$	-0,15	-0,17	0,15	-0,35	-0,19	-0,22	-0,17	-0,20	-0,22	-0,22	-0,37	-0,40	-0,21	-0,15
Капан														
1966-1985	0,97	1,24	1,37	1,50	1,24	1,22	1,16	1,14	0,99	1,01	0,91	0,87	1,13	0,97
1986-2010	1,62	1,75	1,97	2,22	2,14	1,98	2,00	1,95	1,74	1,66	1,67	1,55	1,87	1,62
2011-2018	1,08	1,22	1,39	1,35	1,30	1,28	1,28	1,33	1,26	1,19	1,08	1,01	1,23	1,08
$\Delta\bar{V}_1$	0,65	0,51	0,61	0,72	0,89	0,77	0,85	0,82	0,76	0,65	0,76	0,68	0,74	0,65
$\Delta\bar{V}_2$	-0,54	-0,53	-0,59	-0,87	-0,84	-0,70	-0,72	-0,63	-0,48	-0,46	-0,59	-0,55	-0,64	-0,54
Мегри														
1966-1985	1,42	1,45	1,53	1,52	1,34	1,56	1,79	1,77	1,45	1,11	1,22	1,34	1,46	1,42
1986-2010	0,74	0,77	0,72	0,64	0,67	0,59	0,81	0,87	0,59	0,49	0,49	0,69	0,68	0,74
2011-2018	0,90	1,05	1,02	0,94	0,77	1,00	1,09	1,15	0,89	0,69	0,69	0,81	0,92	0,90
$\Delta\bar{V}_1$	-0,68	-0,68	-0,81	-0,88	-0,67	-0,98	-0,98	-0,91	-0,87	-0,62	-0,73	-0,65	-0,78	-0,68
$\Delta\bar{V}_2$	0,16	0,28	0,29	0,30	0,10	0,42	0,28	0,28	0,30	0,20	0,20	0,12	0,24	0,16

Для оценки динамики изменения скорости ветра были выделены три периода (1966-1985, 1986-2000, 2001-2018 гг.). В табл. 5 представлены среднемесячная и годовая скорость (м/с) ветра и ее отклонения ( $\Delta\bar{V}_1, \Delta\bar{V}_2$ ) на метеостанциях в марзе Сюник за различные периоды 1966-1985, 1986-2000, 2001-2018 гг. Из таблицы видно, что, как по месяцам, так и за год наблюдается неоднородная динамика изменения средних значений скорости ветра. Так, как закономерность, в Капане за все месяцы и за год за период с 1986-2010 годы наблюдается рост средней скорости ветра по сравнению с периодом за 1966-1985 годы, а в Сисиане и Мегри — наоборот, понижение.

В Горисе с декабря по апрель наблюдается понижение, а далее — рост, в том числе и среднегодовых значений. В Капане однозначно наблюдается тенденция понижения средних значений ветра за период с 2011-2018 годы по сравнению с периодом за 1986-2010 гг., а в Мегри — тенденция роста, в Сисиане и Горисе наблюдается тенденция и роста, и понижения. То есть, динамика изменения скорости ветра в горных странах имеет сложный и разнообразный вид, поскольку там кроме воздействия изменения климата на режим ветра, большое влияние имеет также орография. Отметим, что исследованию региональных изменений параметров ветра посвящены многие работы. В данных публикациях [2-3; 5-6; 10-



11; 14] упоминается, что отмечается тенденция уменьшения скорости приземного ветра для разных регионов СНГ.

А в свободной атмосфере отмечается иные тенденции скорости ветра. Так, в статье [6], где описаны используемые подходы и приведены некоторые результаты анализа режима ветра в свободной атмосфере над территорией РФ в 2015 году, получены следующие результаты. 2015 год характеризуется большей скоростью ветра по сравнению с 30-летними средними скоростями за период 1985 – 2014 гг. Отрицательные аномалии скорости ветра в 2015 г. по сравнению с 30-летним периодом 1985 – 2015 гг. над значительной частью территории РФ наблюдаются только весной и осенью в тропосфере и осенью в нижней стратосфере. Очень большими положительными аномалиями характеризуются зима и весна в нижней стратосфере (до 6 м/с) и лето в тропосфере, особенно над европейской частью России (до 4 м/с). В течение года, как в тропосфере, так и в нижней стратосфере, зимой наблюдаются наибольшие скорости, а летом – наименьшие.

#### 4. Выводы и рекомендации

В результате исследований пришли к следующим выводам:

✓ На территории Сюникского марза хорошо выражен суточный ход скорости ветра: скорость ветра в течение дня растет в дневное время и максимум в теплое, послеобеденное время, а, начиная с полуночи до раннего утра, скорость ветра снижается и достигает минимума;

✓ Из-за пересеченности местности и сложной орографии изучаемая территория отличается разнообразными закономерностями, как годового хода скорости ветра, так и распределением скорости ветра по направлениям. Наблюдается два типа годового распределения скорости ветра: простой (один максимальный и один минимальный) и сложный (два максимальных и два минимальных);

✓ Получена корреляционная связь между годовыми средними значениями скорости ветра исследуемой территории и высотой места. С высотой растет скорость ветра. Вертикальный градиент средней годовой скорости ветра в нижней зоне составляет – 0,25 м/сек/100 м, а в верхней зоне – 0,75 м/сек/100 м;

✓ Средняя годовая скорость ветра составляет от 1,1 (Мегри) до 7,7 м/сек (Сисианский перевал);

✓ Максимальная годовая скорость ветра колеблется в пределах от 18 м/сек (Сисиан, Капан) до 48 м/сек (Сисианский перевал), а порыв – от 22 м/с (Сисиан, Капан) до 60 м/с и более (Сисианский перевал);

✓ Повторяемость штилей в среднем по территории составляет приблизительно от 5 – 12 до 53 – 55 %;

✓ Как закономерность, за исключением периодов с января по апрель и с июля по сентябрь, в марзе с 1986–2010 годы наблюдается тенденция уменьшения скорости ветра по сравнению с периодом за 1966–1985 годы, а в 2011–2018 годы, по срав-

нению с периодом за 1986–2010 годы, за исключением марта месяца, — тенденция уменьшения;

✓ Изменения скорости ветра являются местным проявлением изменения процессов глобальной циркуляции, поэтому необходимо использовать его как индикатор изменения климата;

✓ Полученные результаты могут быть использованы при разработке ветроэнергетических кадастров территории, при корректировке строительных нормативов. В последнее время все актуальнее становится вопрос использования энергии ветра для преобразования ее в электрическую.

#### Список литературы

1. Багдасарян А.Б. Климат Армянской ССР. Изд-во АН АрмССР, Ереван, 1958, 146 с.

2. Воскресенская Е.Н., Крашенинникова М.А., Наумова В.А. Оценка качества воспроизведения скорости ветра на территории Крыма в климатических моделях проекта СМIP5 // Международная научно-техническая конференция «Системы контроля окружающей среды – 2016», Севастополь, 24–27 октября 2016 г., 2016. 127 с.

3. Ивус Г.П., Агайар Э.В. Физико – статистический анализ и прогноз слабого ветра и инверсий температуры над территорией Северо-Западного Причерноморья: монография / Одесса. ОДЕКУ, Одесса: ТЭС, 2018. 202 с.

4. Климатический справочник. Часть III. Атмосферное давление и Ветер. Ереван, 2013, 160 с. (на армянском языке).

5. Крашенинникова С.Б., Крашенинникова М.А. Оценка изменчивости скорости ветра в Причерноморском регионе России на основе выбранных моделей проекта СМIP5. Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2019;(6):60-66.

6. Лавров А.С., Хохлова А.В., Стерин А.М. Особенности режима ветра в свободной атмосфере над территорией российской федерации в 2015 году // Труды ВНИИГМИ-МЦД, выпуск 180. 2015. С. 47-58.

7. Маргарян В.Г. Особенности режима климатических характеристик скорости ветра на территории Сюникского марза // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология, 2020, (2), С. 46-54. <https://doi.org/10.17308/geo.2020.2/2885>.

8. Маргарян В.Г. О вопросах закономерностей пространственно-временного распределения климатических характеристик максимального ветра (марз Сюник, Армения) // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2020. № 3. С. 60–68. DOI 10.18522/1026-2237-2020-3-60-68.

9. Маргарян В.Г., Аветисян Г.Д., Хачатрян Г.А., Маргарян П.Н. О проявлениях изменения климата в режиме ветра на территории Сюникского марза (Армения) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 1. С. 22–26. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-22-26>.

10. Мезенцева Л.И., Федулов А.С. Современные изменения режимных характеристик ветра на станциях Охотоморского побережья // Известия ТИПРО.

Том 190. 2017. С. 159–166. doi.org/10.26428/1606-9919-2017-190-159-166.

11. Млявая Г.В. Пространственно-временная характеристика ветрового режима на территории Республики Молдова // Диссертация на соискание ученой степени доктора геонаучных наук. Кишинэу, 2016. С. 143.

12. Нерсесян А.Г. Климат Армении, Ереван. 1964, с. 304.

13. Носкова Е.В., Обязов В.А. Ветровой режим Забайкальского края // Учёные записки ЗабГУ. 2015. № 1 (60), С. 115–121.

14. Переведенцев Ю.П., Аухадеев Т.Р. Особенности ветрового режима в Приволжском федеральном округе в последние десятилетия // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о земле. 2014. Вып. 2. С. 112–121.

15. Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н. Режим ветра над побережьем и шельфом северо-восточной части Черного моря // УкрНИГМИ. 2008. Вып. 257. С. 84–105.

16. Справочник по климату СССР, вып. 16, ч. III, Ветер, Л.: Гидрометеиздат, 1967, 168 с.

17. Швень Н.И. особенности режима ветра на территории Украины и их связь с глобальными изменениями атмосферной циркуляции и другими факторами. автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. Санкт-Петербург, 2006. 19 с.

### References

1. Bagdasaryan A.B. Klimat Armyanskoi SSR. Izdvo AN ArMSSR, Erevan, 1958, 146 s.

2. Voskresenskaya E.N., Krashennnikova M.A., Naumova V.A. Otsenka kachestva vosproizvedeniya skorosti vetra na territorii Kryma v klimaticheskikh modelyakh proekta CMIP5 // Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya «Sistemy kontrolya okruzhayushchei sredy – 2016», Sevastopol', 24–27 oktyabrya 2016 g., 2016. 127 s.

3. Ivus G.P., Agaiar E.H.V. Fiziko – statisticheskii analiz i prognoz slabogo vetra i inversii temperatury nad territoriei Severo-Zapadnogo Prichernomor'ya: monografiya / Odessa. ODEKU, Odessa: TEHS, 2018. 202 s.

4. Klimaticheskii spravochnik. Chast' III. Atmosfernoe davlenie i Veter. Erevan, 2013, 160 s. (na armyanskom yazyke).

5. Krashennnikova S.B., Krashennnikova M.A. Otsenka izmenchivosti skorosti vetra v Prichernomorskom regione Rossii na osnove vybrannykh modelei proekta CMIP5. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya. 2019;(6):60-66.

6. Lavrov A.S., Khokhlova A.V., Sterin A.M. Osobennosti rezhima vetra v svobodnoi atmosfere nad territoriei rossiiskoi federatsii v 2015 godu // Trudy VNI-IGMI-MTSD, vypusk 180. 2015. S. 47-58.

7. Margaryan V.G. Osobennosti rezhima klimaticheskikh kharakteristik skorosti vetra na territorii Syunikskogo marza // Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya, 2, 2020, S. 46-54. doi.org/10.17308/geo.2020.2/2885.

8. Margaryan V.G. O voprosakh zakonmernostey prostranstvenno-vremennogo raspredeleniya klimaticheskikh kharakteristik maksimal'nogo vetra (marz Syunik, Armeniya) // Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskiy region. Yestestvennyye nauki. 2020. № 3. S. 60–68. doi.10.18522/1026-2237-2020-3-60-68.

9. Margaryan V.G., Avetisyan G.D., Xachatryan G.A., Margaryan P.N. O proyavleniyakh izmeneniya klimata v rezhime vetra na territorii Syunikskogo marza (Armeniya) // Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Nauki o Zemle. 2021. T. 21, vyp. 1. S. 22–26. https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-22-26.

10. Mezentseva L.I., Fedulov A.S. Sovremennye izmeneniya rezhimnykh kharakteristik vetra na stantsiyakh Okhotomorskogo poberezh'ya // Izvestiya TINRO. Tom 190. 2017. S. 159–166. doi.org/10.26428/1606-9919-2017-190-159-166.

11. Mlyavaya G.V. Prostranstvenno-vremennaya kharakteristika vetrovogo rezhima na territorii Respubliki Moldova // Dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni doktora geonauk. Kishinehu, 2016. S. 143.

12. Nersesyan A.G. Klimat Armenii, Erevan. 1964, s. 304.

13. Noskova E.V., Obyazov V.A. Vetrovoi rezhim Zabaikal'skogo kraja // Uchenye zapiski ZaBGU. 2015. № 1 (60), S. 115–121.

14. Perevedentsev YU.P., Aukhadееv T.R. Osobennosti vetrovogo rezhima v Privolzhskom federal'nom okruge v poslednie desyatiletia // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Biologiya. Nauki o zemle. 2014. Vyp. 2. S. 112–121.

15. Repetin L.N., Belokopytov V.N. Rezhim vetra nad poberezh'em i shel'fom severo-vostochnoi chasti Chernogo morya // UCRNIGMI. 2008. Vyp. 257. С. 84–105.

16. Spravochnik po klimatu SSSR, vyp. 16, ch. III, Veter, L.: Gidrometeizdat, 1967, 168 s.

17. Shven' N.I. osobennosti rezhima vetra na territorii Ukrainy i ikh svyaz' s global'nymi izmeneniyami atmosfernoi tsirkulyatsii i drugimi faktorami. avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata geograficheskikh nauk. Sankt-Peterburg, 2006. 19 s.

Транслитерация по BSI

