

РАЗДЕЛ 5.
ГИДРОЛОГИЯ, ОКЕАНОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ.

УДК 502(4+5); 911.9

**АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА КАРАДАГЕ
В 2014–2018 ГГ.**

Никифорова М.П.¹, Лапченко В.А.²

¹Севастопольский экономико-гуманитарный институт (филиал) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Севастополь, Российская Федерация

*²ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН», пгт. Курортное, Республика Крым, Российская Федерация
E-mail: nikiforovamp@yandex.ru*

Рассмотрены особенности изменчивости метеорологических условий в 2014–2018 гг. по данным измерений, проводимых на станции фонового экологического мониторинга ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН». Проанализирована внутригодовая и межгодовая изменчивость среднесуточной и среднемесячной приземной температуры, а также ее суточный ход. Показано, что наибольшие температуры на Карадаге наблюдаются в июле–августе, а рекордные температуры за период инструментальных наблюдений были зафиксированы в начале августа 2018 г. Установлено, что для зимних месяцев характерны большие перепады среднесуточной приземной температуры. Анализ особенностей изменчивости влажности и месячных сумм осадков на Карадаге показал, что минимальные значения этих показателей характерны для летних месяцев. Катастрофическое выпадение осадков за короткий срок на Карадаге в 2014–2018 гг. наблюдалось редко, тем не менее, подобные случаи имели место несколько раз. Так, например, за 11 декабря 2018 г. выпало более месячной нормы осадков. Особенности ветрового режима на Карадаге мало изменялись за рассматриваемый период. Установлено, что в заповеднике преимущественно наблюдаются ветры южного и восточного направлений, наименьшие значения скорости ветра наблюдаются с мая по июль, а наибольшие – с ноября по март.

Ключевые слова: изменчивость, приземная температура, относительная влажность, месячные суммы осадков, скорость ветра, Карадаг.

ВВЕДЕНИЕ

Особенности современных климатических изменений вызывают большую обеспокоенность во всем мире. В настоящее время темпы повышения глобальной приземной температуры превышают прогнозируемые [1], так, 2018 год вновь стал одним из самых теплых за всю историю инструментальных наблюдений. В пресс-релизе Всемирной метеорологической организации, опубликованном 6 февраля 2019 г. на официальном сайте, отмечается, что последние четыре года стали самыми теплыми с 1850-х годов. Установлено, что двадцать самых теплых лет за всю историю наблюдений приходятся на последние 22 года, а за последние 4 года темпы потепления беспрецедентны (и в океане, и на суше). Вследствие этого, существенно увеличивается число экстремальных погодных явлений. Один из последних ярких примеров – небывалые холода в США в феврале 2019 г., одной из основных причин

которых стало рекордное таяние льдов в Арктике на фоне повышающейся глобальной температуры [2]. Крайне опасными являются периоды сильнейшей жары – волны тепла. Их число, а также мощность (продолжительность и амплитуда) в 21 в. существенно возросли. В России сильнейшая волна тепла наблюдалась в 2010 г., при которой дополнительная смертность в Москве составила 50,7 % [1].

Таким образом, актуальность выявления закономерностей и особенностей современной изменчивости метеорологических параметров и явлений крайне высока. Особый интерес вызывает проведение подобных исследований для станций фонового мониторинга, на которых исключается влияние города, в первую очередь, городских островов тепла [3].

Подобная станция действует в ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН», который расположен в горном массиве Карадаг на юго-восточном побережье Крымского полуострова на значительном расстоянии (много десятков километров) от источников промышленного загрязнения атмосферы. Карадаг расположен на стыке суши и моря, гор и равнин, лесов и степей, что обуславливает формирование некоторых черт морского климата, характеризующегося сравнительно небольшой (хотя и довольно значительной для прибрежных областей Южного Крыма) годовой амплитудой температуры воздуха, достигающей здесь 22,3 °С по среднемесячным температурам и 64,0 °С по абсолютному минимальному и максимальному значению. Средняя многолетняя температура воздуха на Карадаге составляет 12,1 °С [4].

Станция фонового экологического мониторинга (СФЭМ) расположена на территории заповедника на северо-восточном склоне горы Святая (44° 55' с.ш., 35° 14' в.д., 180 м над у.м.). Место для размещения станции по программе ЕМЕП (2012 г.), согласовано с Координационным Химическим Центром КХЦ (Норвегия). С июня 2013 года СФЭМ принимала участие в международной программе: ICP IM («International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems») (Международная программа сотрудничества по интегрированному мониторингу влияния загрязнения воздуха на экосистемы). Параметры, измеряющиеся на СФЭМ: температура воздуха, влажность воздуха, атмосферное давление, скорость ветра в порывах, скорость ветра средняя, направление ветра, количество жидких осадков, интенсивность осадков, их кислотность, атмосферные явления, приземный озон, оксиды азота, оксид углерода, диоксид серы, аэрозоли (по договору с ИФА РАН) [5, 6].

Последние работы свидетельствуют, что в Крыму наблюдаются общемировые тенденции повышения среднегодовых температур, а также увеличивается число катастрофических погодных явлений [7, 8]. В частности, увеличивается число ураганных ветров, что приводит к появлению песчаных бурь, а также растет количество экстремально-теплых зим [7]. Последние данные показывают также увеличение годовых сумм осадков, а также числа катастрофического выпадения осадков за короткий срок [8]. На основе анализа данных срочных измерений сети метеорологических станций Крыма показано, что начиная с середины 20 в. на территории полуострова наблюдается увеличение среднемесячных температур [9]. На подобные изменения метеорологических условий в Крыму неизбежно отвечает

его рекреационный комплекс, для которого наблюдается существенное увеличение его комплексных показателей [10–12]. В частности, возрастает число волн тепла, что характерно практически для всей территории Крымского полуострова [13, 14].

Аналогичные результаты получены при рассмотрении особенностей изменчивости среднемноголетних средних температуры и месячных сумм осадков на территории Крыма. Так, оценка тенденций изменения температур и месячных сумм осадков на полуострове по климатическим рядам за 100 лет [15] показала их существенный рост, начиная с 90-х годов 20 в. В работе [16] показано, что температурный режим Крыма в многолетнем плане обладает существенной стабильностью, а вариации приземной температуры воздуха могут быть связаны со спецификой поступления и распределения приходящей на верхнюю границу атмосферы солнечной радиации. Установлено, что на особенности метеорологических условий на территории Карадага до 2012 г. существенное влияние оказывал также ход элементарных циркуляционных механизмов [17]. Данная работа посвящена выявлению особенностей и изменчивости метеорологических условий в Карадагском природном заповеднике за период 2014–2018 гг. на основе анализе срочных измерений, осуществляемых на СФЭМ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве исходного материала использовались результаты срочных измерений метеорологических параметров за каждый час, осуществляемых на СФЭМ, за период 2014–2018 гг. Измерения проводятся метеорологической станцией WS-600-UMB Lufft (GmbH, Fellbach, Germany, <http://www.lufft.com>) по следующим параметрам: приземная температура воздуха, осадки, направление и скорость ветра, относительная влажность и атмосферное давление. При каждом измерении метеостанции также вычисляет точность и доверительный интервал результатов. Точность измерения приземной температуры составляет $\pm 0,2$ °С, влажности – $\pm 2\%$, давления – $\pm 1,5$ гПа, сумм осадков – $\pm 0,01$ мм и скорости ветра – $\pm 0,3$ м/с. Исходные данные за 2014–2018 гг. однородны и практически не имеют пропусков, единственный существенный пробел – начало 2016 г., связанный с отключением электроэнергии на Крымском полуострове, начало непрерывных измерений на СФЭМ в 2016 г. датируется 16 апреля.

Анализ исходного материала осуществлялся методами математической статистики и спектрального анализа. По срочным данным результатов измерений метеорологических параметров за каждый час вычислялись среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые значения. В расчетах учитывались значения с точностью измерения более 99% (были исключены не более 10 точек за весь рассматриваемый период). Для анализа приземных температур по стандартным формулам рассчитывались среднеквадратическое отклонение и амплитуда (разница среднесуточных температур двух последовательных дней).

Для выполнения расчетов и составления иллюстрационного материала использовались программы PTC Mathcad 13.0, а также Golden Surfer 13.0 и Golden Grapher 11.0.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Особенности изменения приземной температуры в 2014–2018 гг.

Как и в целом в мире, 2018-ый г. стал самым теплым за всю историю инструментальных наблюдений на СФЭМ. Среднегодовое значение приземной температуры составило $13,51^{\circ}\text{C}$, что больше аналогичной величины в 2015 г. ($13,26^{\circ}\text{C}$), когда во многих частях мира в летний период наблюдалась аномальная жара. За последние 5 лет наиболее холодным стал 2014 г. (среднегодовое значение температуры – $12,88^{\circ}\text{C}$). Для сравнения, на рис. 1 представлен годовой ход среднесуточной приземной температуры в двух аномально теплых годах – 2015 и 2018 гг.

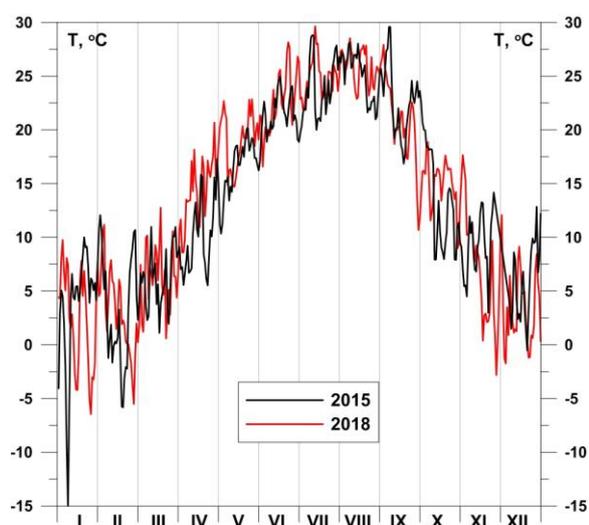


Рис. 1. Годовой ход среднесуточной приземной температуры на СФЭМ в 2015 и 2018 гг.

Из рис. 1 видно, что практически всю первую половину года на СФЭМ среднесуточные температуры 2018-го г. были выше температур 2015-го г. Максимальные температуры в 2018 г. наблюдались в середине июля, достигнув наибольшего значения 11 июля – $29,63^{\circ}\text{C}$, а в 2015 г. – в начале сентября (04.09.2015 – $29,58^{\circ}\text{C}$). Тем не менее, за последние пять лет наибольшие температуры были зафиксированы в 2017 г. в начале августа. Аномальная жара в районе Карадага наблюдалась около двух недель, 8 августа на СФЭМ среднесуточная температура достигла $32,40^{\circ}\text{C}$, что выше среднемесячного значения на 7°C . Согласно срочным измерениям в 14–00 в этот день температура достигла отметки $36,38^{\circ}\text{C}$, что является максимальной величиной за весь период инструментальных наблюдений.

Наибольшие температуры в районе Карадага наблюдаются в июле – августе (рис. 1): среднемесячное значение составляет $24,50^{\circ}\text{C}$ и $25,43^{\circ}\text{C}$ соответственно (за период 2014–2018 гг.). Из рис. 1 видно, что в 2015 г. аномально теплым был также сентябрь

АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА КАРАДАГЕ В 2014-2018 ГГ.

(среднемесячное значение больше среднемноголетнего на 3°C). В целом, распределение приземных температур на СФЭМ симметрично относительно летних месяцев, однако, осенние температуры несколько выше весенних. Наиболее низкая температура опускается в зимние месяцы, с минимумом в январе. За 2014–2018 гг. все среднемесячные температуры были выше нуля, наиболее низкая зафиксирована в январе 2017 г. – 0,16°C. За период инструментальных наблюдений минимальные среднесуточные температуры наблюдались в конце января – начале февраля 2014 г., с рекордным значением –13,27°C, зафиксированным 31.01.2014 г. Согласно срочным измерениям в 02–00 01.02.2014 температура достигла отметки –14,94°C, что является минимальной величиной за весь период инструментальных наблюдений на СФЭМ.

В районе Карадага в зимние месяцы наблюдается существенная вариативность среднесуточных температур, с максимумом среднеквадратического отклонения в январе и феврале (за 2014–2018 гг.), в среднем величина которого достигает ≈5,2 °C. В табл. 1 для каждого месяца представлены среднеквадратическое отклонение и максимальные значения амплитуды (по модулю) среднесуточной температуры при переходе от одних суток к другим за 2014–2018 гг.

Таблица 1.

Среднеквадратические отклонения и максимальные значения амплитуды (по модулю) среднесуточной температуры при переходе от одних суток к другим для каждого месяца за 2014–2018 гг. на СФЭМ (°C)

	2014	2015	2016	2017	2018
1	5,79 / 7,52	5,64 / 10,10	–	4,72 / 6,84	4,62 / 6,88
2	6,03 / 5,84	5,13 / 6,00	–	4,32 / 8,00	4,00 / 7,92
3	3,61 / 5,42	2,75 / 5,52	–	2,38 / 4,57	3,07 / 6,29
4	3,66 / 5,15	3,39 / 3,79	–	3,80 / 5,63	3,18 / 3,89
5	3,17 / 5,11	2,55 / 2,64	1,95 / 4,41	3,08 / 3,44	2,51 / 4,27
6	1,83 / 3,17	1,73 / 2,58	4,25 / 3,46	2,40 / 3,34	2,81 / 3,29
7	1,82 / 3,72	2,76 / 3,87	2,32 / 3,62	2,19 / 1,80	1,92 / 2,44
8	3,24 / 3,3	2,14 / 2,25	2,52 / 3,63	3,90 / 3,31	1,64 / 3,20
9	3,85 / 2,93	3,24 / 2,46	3,85 / 4,51	4,43 / 5,05	3,79 / 2,27
10	4,86 / 9,46	4,26 / 8,88	4,77 / 2,48	2,50 / 5,73	2,30 / 5,26
11	4,69 / 5,06	2,94 / 10,43	5,47 / 7,37	3,62 / 7,52	4,31 / 8,31
12	4,91 / 8,71	4,81 / 8,38	3,78 / 8,22	3,64 / 9,07	2,82 / 6,45

Максимальные значения амплитуды приземной температуры при переходе от одних суток к другим характерны для января и ноября-декабря. Наибольшее значение по модулю было зафиксировано в ноябре 2015 г. и составило 10,43°C и в январе 2015 г. – 10,10°C (табл. 1). Стоит отметить, что оба случая соответствовали резкому снижению температуры. Анализ метеорологических данных, регистрируемых на

СФЭМ, позволяет заключить, что для данного района случаи резкого похолодания имеют большую амплитуду (среднее максимальное значение $\approx 8^{\circ}\text{C}$) по сравнению со случаями резких потеплений ($\approx 4^{\circ}\text{C}$ соответственно). Из таблицы 1 следует, что для летних месяцев характерна наименьшая вариативность среднемесячных значений приземной температуры.

Суточный ход приземной температуры имеет ряд особенностей для каждого сезона. На рис. 2 приведен осредненный за месяц суточный ход температуры на СФЭМ в 2018 г. в январе, апреле, июле и октябре.

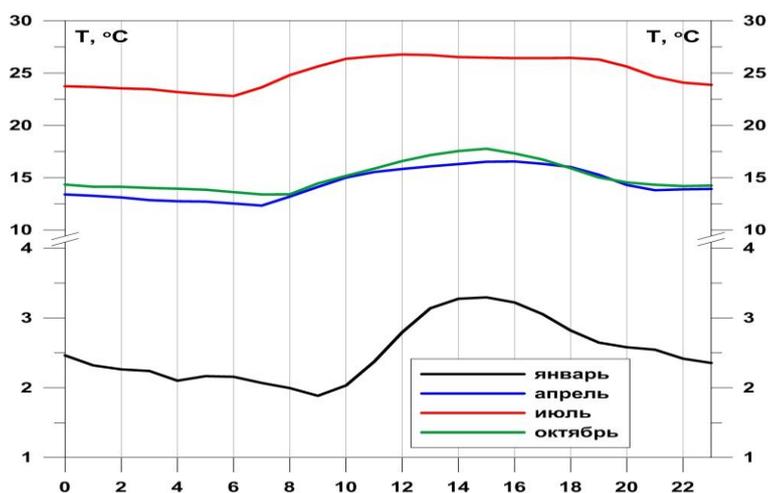


Рис. 2. Осредненный за месяц суточный ход приземной температуры на СФЭМ в 2018 г.

Для зимних и осенних месяцев в суточном ходе температуры характерно наличие одного минимума и одного максимума, а для весенних и летних месяцев – одного минимума и двух максимумов (рис. 2). Зимой наименьшие температуры наблюдаются в районе 09–00 ч., наибольшие – около 15–00 дня. Осенью максимальные температуры фиксируются в то же время, а минимальные – в 08–00 утра. Весной с 10–00 до 18–00 ч. приземная температура изменяется мало, например, в апреле (осредненный суточный ход за месяц в 2018 г.) за этот промежуток времени колебания температуры лежат в пределах одного градуса ($15 - 16^{\circ}\text{C}$). Минимальная температура в весенние месяцы наблюдается в районе 07–00 утра. Летом наименьшая приземная температура фиксируется в 06–00 утра, с этого времени она начинает быстро расти и с 10–00 ч. до 19–00 ч. почти не изменяется. Из рис. 2 видно, что для зимних и летних месяцев в районе Карадага наблюдается быстрый прогрев приземного воздуха в утренние часы и медленное его остывание в вечерние, тогда как весной и осенью оба процесса происходят с одинаковыми темпами (осенью скорость выше).

Рассматриваемый 5-летний период не позволяет сделать достоверные выводы о тенденциях межгодовых изменений приземной температуры. Среднегодовые ее

АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА КАРАДАГЕ В 2014-2018 ГГ.

значения для 2014–2018 гг. соответственно составили (без 2016 г.): 12,88 °С, 13,26 °С, 13,00 °С и 13,51 °С. Тем самым, 2018-ый год, действительно, стал самым теплым за период инструментальных наблюдений на Карадаге. В апреле, мае и октябре 2018 г. среднемесячная температура, в среднем, была выше на ≈ 3 °С по сравнению со средним значением за рассматриваемый период. В то же время, среднемесячная температура ноября и декабря 2018-го г. была ниже среднего значения на ≈ 2 °С.

Некоторое представление о долговременных изменениях и тенденциях среднемесячных температур дает табл. 2, в которой представлены среднемноголетние значения среднемесячной температуры в Карадагском природном заповеднике [4] и среднемесячные температуры по данным СФЭМ за 2014–2018 гг.

Таблица 2.

Среднемноголетние значения среднемесячной температуры в Карадагском природном заповеднике по данным Крымской научно-исследовательской геофизической обсерватории [4] и среднемесячные температуры по данным СФЭМ в 2014–2018 гг.

Месяц	Среднемноголет. температура [4]	2014	2015	2016	2017	2018
Январь	1,8	2,32	3,77		0,16	2,51
Февраль	1,5	3,26	2,90		0,34	3,03
Март	4,4	8,05	5,96		8,39	5,90
Апрель	9,7	11,51	10,11		10,20	14,40
Май	15,5	17,74	16,51	22,15	15,79	19,13
Июнь	20,4	20,75	21,60		21,59	22,72
Июль	23,8	24,50	24,17	25,6	24,01	25,03
Август	23,6	25,29	24,87	18,85	25,49	25,89
Сентябрь	18,8	18,43	22,41	10,7	20,88	19,64
Октябрь	13,6	10,98	11,86	6,68	13,03	15,06
Ноябрь	8,1	6,19	9,56	0,65	7,70	5,45
Декабрь	4,1	5,52	5,40	16,35	8,37	3,35
За год	12,1	12,88	13,26		13,00	13,51

Из табл. 2 видно, что для всех месяцев года, за исключением ноября, наблюдается рост среднемесячных температур. В среднем, превышение среднемноголетних данных (1961–1990 гг.) в 2014–2018 гг. составляет 1–2°С. Наибольшее увеличение температур, как следует из табл. 2, произошло в летние месяцы. Так, в июле и августе увеличение среднемесячных температур составляет 2°С и более. В ноябре наблюдается обратная ситуация, и за рассматриваемый период 2014–2018 гг. только в 2015 г. среднемесячная температура была больше среднемноголетнего значения на $\approx 1,5$ °С.

Особенности изменения влажности и месячных сумм осадков в 2014–2018 гг.

На рис. 3 представлены среднемесячные значения относительной влажности (среднее за 2014–2018 гг.), а также месячные суммы осадков за 2014, 2015, 2017, 2018 гг. на СФЭМ.

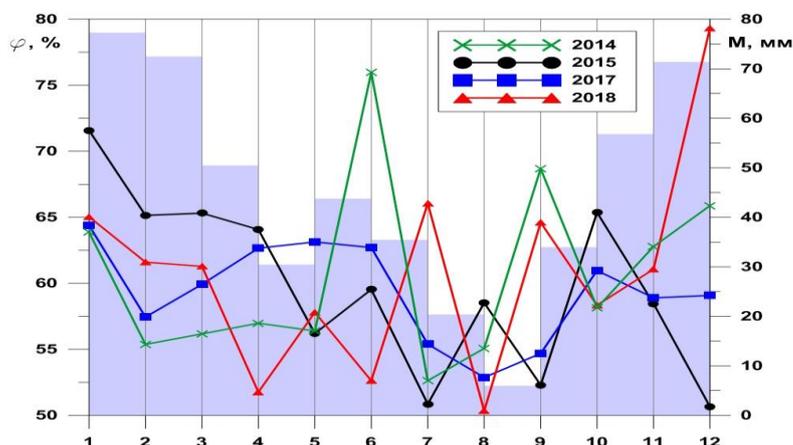


Рис. 3. Годовой ход среднемесячных значений относительной влажности φ (средние за 2014–2018 гг., столбчатая диаграмма) и месячных сумм осадков в 2014–2018 гг. на СФЭМ

Из рис. 3 видно, что для летних месяцев в районе Карадага характерно снижение влажности, с минимумом в августе (52%) для периода 2014–2018 гг. Влажность более 70% наблюдается с октября по февраль с максимумом в январе (79%). Весной пониженная влажность на СФЭМ фиксируется в апреле (69% – март, 61% – апрель, 67% – май), подобное явление в большей или меньшей степени характерно для всех лет рассматриваемого периода (2014–2018 гг.).

Хотя годовой ход месячных сумм осадков изменчив от года к году и мало зависит от времени года, в летние месяцы, как правило, осадков на Карадаге выпадает меньше (рис. 3). В то же время, например, за 2014 г. наибольшее количество осадков выпало в июне – 69,25 мм, много осадков выпало также в сентябре (49,83 мм) и декабре (42,35 мм). Больше июня 2014 г. осадков выпало только в декабре 2018 г. – 78,24 мм (за 2014–2018 гг.). Наименьшее количество осадков за год на СФЭМ наблюдалось в 2017 г. (299 мм), немногим больше была годовая сумма осадков в 2015 г. – 315 мм., за 2014 и 2018 гг. выпало около ≈ 340 мм. Из рис. 3 следует, что в 2014 г. минимум месячных сумм осадков наблюдался в летние месяцы в июле и августе. Мало осадков было и в июле 2015 г. (2,29 мм), хотя декабрь оказался самым сухим в этом году (1,76 мм). В 2017 и 2018 гг. наименьшее количество осадков выпало в августе: 7,65 мм и 0,9 мм соответственно.

Катастрофическое выпадение осадков за короткий промежуток времени на Карадаге за рассматриваемый период случалось достаточно редко. Анализ данных,

АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА КАРАДАГЕ В 2014-2018 ГГ.

получаемых на СФЭМ, позволяет заключить, что подобные ситуации характерны для летних и зимних месяцев. Так, в июле 2018 г. половина месячной суммы осадков (42,81 мм) выпала за один день – 6 июля (23 мм). В этот год существенные осадки за сутки наблюдались также 11 декабря (37,27 мм), 21 января (18,17 мм) и 4 февраля (14,26 мм). В 2017 г. наибольшее количество осадков выпало 5 января (22,68 мм), 24 июня (15,20 мм) и 23 сентября (11,82 мм). Существенные осадки были зафиксированы также 4 января (20,99 мм) и 18 августа 2015 г. (20,03 мм). Однако, максимальное количество осадков за один день (за 2014–2018 гг.) на Карадаге выпало 23 сентября (43,32 мм) и 3 июня (41,74 мм) 2014 г. Годовые суммы осадков показывают небольшую тенденцию к возрастанию, однако небольшая размерность ряда не позволяет подтвердить адекватность подобного вывода. Годовые суммы осадков на СФЭМ составили: 2014 г. – 341,23 мм, 2015 г. – 314,73 мм, 2017 г. – 299,10 мм, 2018 г. – 346,31 мм.

Некоторое представление о долговременных изменениях и тенденциях месячных сумм осадков дает табл. 3, в которой представлены среднеголетние значения месячных сумм осадков в Карадагском природном заповеднике [4] и осадки по данным СФЭМ за 2014–2018 гг.

Таблица 3.

Среднеголетние значения месячных сумм осадков в Карадагском природном заповеднике по данным Крымской научно-исследовательской геофизической обсерватории [4] и месячные суммы осадков по данным СФЭМ в 2014–2018 гг.

Месяц	Среднеголет. осадки [4]	2014	2015	2017	2018
Январь	29	37,0	57,5	38,3	40,1
Февраль	27	14,3	40,3	19,8	30,9
Март	23	16,4	40,8	26,4	30,1
Апрель	24	18,6	37,5	33,7	4,6
Май	27	17,0	16,5	35,0	20,8
Июнь	42	69,2	25,4	33,9	7,0
Июль	34	7,0	2,2	14,3	42,8
Август	27	13,5	22,7	7,6	0,9
Сентябрь	28	49,8	6,1	12,5	38,9
Октябрь	29	21,7	40,9	29,5	22,2
Ноябрь	34	34,1	22,5	23,7	29,5
Декабрь	33	42,3	1,7	24,2	78,2
За год	357	341,2	314,7	299,1	346,3

Из табл. 3 видно, что годовые суммы осадков за 2014–2018 г. меньше среднеголетнего значения. Следует также, что в зимние месяцы осадков, в среднем, стало больше, а в летние – меньше. Осенью и весной месячные суммы

осадков существенно зависят от рассматриваемого года. Так, в апреле в 2014 и 2018 гг. осадков выпало меньше климатической нормы, а в 2015 и 2017 гг. – в 1,5 раза больше.

Особенности изменений ветрового режима в 2014–2018 гг.

В табл. 4 приведены данные о количестве суток за год, когда наблюдался ветер соответствующего направления на СФЭМ в 2014–2018 гг. (расчет проводился путем осреднения за сутки срочных результатов измерений).

Таблица 4
Количество суток за год, когда наблюдался ветер соответствующего направления на СФЭМ в 2014–2018 гг. (2016 г. с 16 апреля)

<i>Ветер</i>	2014	2015	2016	2017	2018
<i>Северный</i>	2	1	0	7	4
<i>Северо-западный</i>	0	0	1	1	0
<i>Западный</i>	1	1	2	1	0
<i>Юго-западный</i>	25	23	22	32	33
<i>Южный</i>	141	140	75	132	134
<i>Юго-восточный</i>	78	84	61	84	75
<i>Восточный</i>	58	56	55	56	66
<i>Северо-восточный</i>	60	48	31	54	53

Из табл. 4 видно, что на СФЭМ за весь рассматриваемый период преобладают ветра южного и восточного направлений. Крайне редки случаи северного, северо-западного и западного ветров. Наиболее часто регистрируется южный ветер – это характерно для всего периода 2014–2018 гг. Почти в два раза менее часто наблюдается юго-восточный ветер, и чуть реже – восточный и северо-восточный ветры. Резкие смены направления ветра в течение дня на Карадаге наблюдаются редко и наиболее часто регистрируются при небольшой скорости ветра. На рис. 4 приведен годовой ход среднемесячных значений скорости ветра в 2014, 2015, 2017 и 2018 гг. по данным СФЭМ.

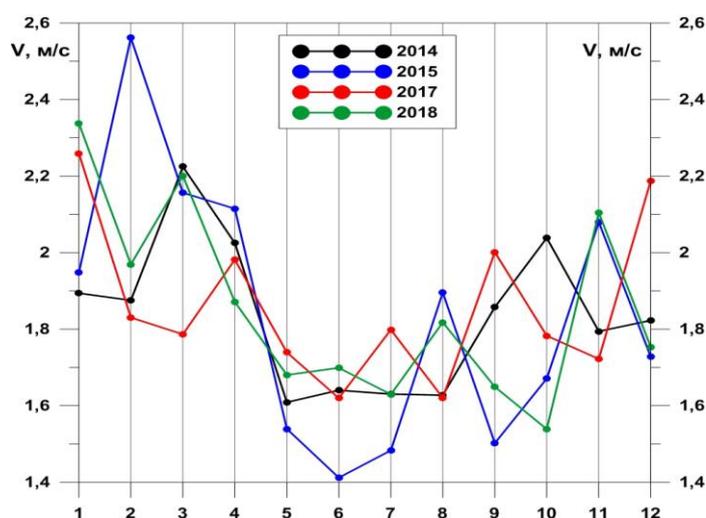


Рис. 4. Годовой ход среднемесячных значений скорости ветра (м/с) на СФЭМ в 2014–2018 гг. (без 2016 г.)

Из рис. 4 видно, что среднемесячные значения скоростей ветра за рассматриваемый период лежат в пределах 1,4–2,6 м/с и зависят от времени года. Наименьшие значения скорости наблюдаются с мая по июль, а наибольшие – с ноября по март. В 2015 г. зафиксирована как максимальная среднемесячная скорость ветра – в феврале 2,56 м/с, так и минимальная – в июне 1,41 м/с (за 2014–2018 гг.). Наибольшая изменчивость для среднемесячных значений скорости ветра на Карадаге характерна для осенних месяцев. Разница наблюдается как при переходе от одного месяца к другому в течение одного года, так и при рассмотрении значений за конкретный месяц за разные годы.

Примечательно, что отмечается некая схожесть в годовом ходе среднемесячных значений скорости ветра за два наиболее теплых года на Карадаге – 2015 и 2018 гг. (рис. 4). Это подтверждают и коэффициенты корреляции между рядами среднемесячных скоростей ветра. Если для всех остальных пар лет их значения лежат в пределах 0,3–0,4, то для рядов среднемесячных значений скоростей ветра за 2015 и 2018 гг. коэффициент корреляции достигает 0,67. Из табл. 4 видно, что подобного соответствия в изменениях направления ветра не наблюдается.

Срочные данные измерений на СФЭМ свидетельствуют о том, что, как правило, мгновенные значения скорости ветра не превышают 8 м/с. Единственным исключением (за 2014–2018 гг.) стал 2017 г.: 23 февраля была зафиксирована скорость 11,29 м/с, а 11 декабря – 8,68 м/с. Анализ данных измерений показывает, что наиболее часто максимальные значения мгновенной скорости ветра на Карадаге характерны для марта-апреля и ноября-декабря. Среднегодовые значения скорости ветра за рассматриваемый период фактически одинаковы (без 2016 г.): 2014 и 2015 гг. – 1,84 м/с, 2017 и 2018 гг. – 1,86 м/с.

ВЫВОДЫ

Анализ метеорологических условий на СФЭМ ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН» показал, что наибольшие температуры за год наблюдаются в июле-августе, в эти же месяцы, в среднем, выпадает наименьшее количество осадков, фиксируется минимальная влажность и небольшие скорости ветра. Подобные условия существенно повышают пожароопасность рассматриваемой территории и риски засух в заповеднике. Кроме того, в летние месяцы, в разгар курортного сезона на Крымском полуострове, Карадагский природный заповедник посещает большое количество туристов. Сочетание же подобных метеорологических условий приводит к возможности возникновения неблагоприятной биоклиматической обстановки и, как следствие, негативного воздействия на здоровье человека.

При сравнении метеорологических условий за 2014–2018 гг. по данным СФЭМ со среднесезонными климатическими показателями для Карадагского природного заповедника было выявлено увеличение температур на $\approx 1-2^{\circ}\text{C}$ для всех месяцев года, кроме ноября, что соответствует общемировым тенденциям возрастания приземных температур. Наибольшее увеличение температур фиксируется для летних месяцев, летом же характерно снижение выпадающих осадков по сравнению со среднесезонными величинами, что в будущем может привести к критическим условиям с точки зрения пожароопасности, агроклиматической и биоклиматической обстановки в Карадагском природном заповеднике.

Исследование выполнено при поддержке Программы развития федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» на 2015–2024 годы по проекту «Сеть академической мобильности «ГИС-Ландшафт – Технологии и методики формирования геопорталов современных ландшафтов регионов» в 2017 году.

Научный сотрудник ФГБУН "КНС - ПЗ РАН" Лапченко В.А. выполнил статью, в рамках темы гос. задания (№АААА-А19-119012490044-3).

Список литературы

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2017 год. М.: Росгидромет, 2018. 69 с.
2. Extreme cold in Chicago may cause some frostbite victims to lose limbs URL: <https://edition.cnn.com/2019/01/31/weather/winter-weather-thursday-wxc/index.html>
3. Балдина Е.А., Константинов П., Грищенко М., Варенцов М. Исследование городских островов тепла с помощью данных дистанционного зондирования в инфракрасном тепловом диапазоне // Земля из космоса: наиболее эффективные решения. 2015. №5. С. 38–42
4. Карадаг заповедный: научно – популярные очерки / Под. ред. А.Л. Морозовой. Симферополь: Н.Ореанда, 2011. 228 с.
5. Goncharuk V.V. et al. Monitoring of aerosols and the state of sea water of the water area of the Karadag Natural Reserve // Journal of Water Chemistry and Technology. 2015. Vol. 37, no. 1. pp. 4–9.

6. Лапченко В.А., Звягинцев А.М. Малые газовые составляющие атмосферы в Карадагском природном заповеднике в Крыму // Оптика атмосферы и океана, 2015. Т. 28. №2. С. 178–181.
7. Жук В.О., Ергина Е.И. Активизация стихийных природных процессов на особо охраняемых природных территориях Крыма в связи с усилением интенсивности опасных гидрометеорологических явлений в современных условиях изменения климата // Научные исследования на заповедных территориях. Симферополь, 2017. 65 с.
8. Жук В.О., Ергина Е.И. Анализ современной метеорологической ситуации в предгорном Крыму // Ученые записки КФУ им. В.И. Вернадского. География. Геология. 2018. Т. 4 (70). №2. С. 227–241
9. Данова Т.Е. Никифорова М.П. Особенности современных изменений среднемесячных температур на территории Крымского полуострова // Окружающая среда и человек: материалы междунар. науч. конф. Ростов-на-Дону. 5-8 сентября 2016 г. С. 75–78.
10. Никифорова М.П. Рекреационные комплексы Крыма как основа устойчивого развития полуострова // Ученые записки КФУ им. В.И. Вернадского. География. Геология. 2017. Т. 3(69), №3-1. С. 64–74.
11. Данова Т.Е., Никифорова М.П. Отклик рекреационных ресурсов Крымского полуострова на современные климатические изменения // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2016. Т. 26. №2. С. 142–151.
12. Данова Т.Е., Никифорова М.П. Современная динамика комплексных биоклиматических показателей в курортный сезон на Крымском полуострове // Экология человека. 2018. №1. С. 8–14
13. Никифорова М.П. Особенности температурных волн тепла на Крымском полуострове в 21 в. / Двенадцатое сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу: Тезисы докладов всеросс. конф. / под ред. М.В. Кабанова. Томск. 17–20 октября 2017 г. С. 70–71
14. Никифорова М.П. Волны тепла как фактор туристской деятельности на территории Крымского полуострова / Проблемы и перспективы развития туризма в Южном федеральном округе: сб. науч. трудов. Севастополь. 11–14 октября 2017 г. С. 194–196
15. Парубец О.В. Анализ климатических рядов Крымского полуострова // Экосистемы. 2009. №1(20). С. 154–164.
16. Федоров В.М., Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Кононова Н.К. Многолетняя изменчивость температуры воздуха на Крымском полуострове // География и природные ресурсы. 2017. №1. С. 127–133.
17. Беседина Т.Ю., Горбунов Р.В., Лапченко В.А. Взаимосвязь между ходом элементарных циркулярных механизмов и метеоусловиями, формирующимися на территории Карадагского природного заповедника НАН Украины. Географические и геологические исследования в Украине и сопредельных территориях / Материалы всеукраинской научной конференции с международным участием студентов, аспирантов и молодых ученых. Симферополь: ДИАЙПИ, 2012. С. 7–8.

**ANALYSIS OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON KARADAG
IN 2014–2018**

Nikiforova M. P.¹, Lapchenko V. A.²

¹V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Sevastopol, Russia

²T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station - Nature Reserve of the RAS, Feodosia, Republic of Crimea, Russia

E-mail: nikiforovamp@yandex.ru

The features of the variability of meteorological conditions in 2014–2018 are considered, according to the measurements carried out at the station of background environmental monitoring of the T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Natural Reserve of the Russian Academy of Sciences. The intra-annual and inter-annual variability of mean daily and mean monthly surface temperature, as well as its diurnal variation, are analyzed. It is

shown that the highest temperatures at Karadag are observed in July-August, and record temperatures for the period of instrumental observations were recorded at the beginning of August 2018. It was established that the winter months are characterized by large differences in average daily surface temperatures. An analysis of the characteristics of the variability of humidity and monthly precipitation at Karadag showed that these figures are minimal in the summer months. Catastrophic precipitation for a short period of time at Karadag in 2014–2018 rarely observed, however, similar cases occurred several times. For example, on December 11, 2018 more than a monthly norm of precipitation was observed. The peculiarities of the wind regime at Karadag changed little during the period under consideration. It was established that the southern and eastern wind directions are mainly observed, the lowest wind speed values are observed from May to July, and the highest – from November to March.

Thus, meteorological conditions during summer significantly increase the fire hazard of the territory and the risks of droughts in the reserve. During summer resort season, a large number of tourists visit the Karadag Reserve and combination of such meteorological conditions leads to the possibility of adverse bioclimatic conditions and, as a consequence, a negative impact on human health. When comparing meteorological conditions for 2014–2018 with the average annual climate indicators for the Karadag Nature Reserve, an increase in temperatures of $\approx 1-2$ °C was detected for all months of the year, except for November, which corresponds to global trends in surface temperature. The greatest increase in temperatures is recorded for the summer months, also in the summer there is a decrease in precipitation compared with mean annual values, which in the future may lead to critical conditions in terms of fire hazard, agroclimatic and bioclimatic conditions in the Karadag Nature Reserve.

Key words: variability, surface temperature, relative humidity, monthly precipitation sum, wind speed, Karadag.

References

1. Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2017 god (A report on climate peculiarities on Russia territory in 2017). Moscow: Rosgidromet, 2018, 69 p. (in Russian).
2. Extreme cold in Chicago may cause some frostbite victims to lose limbs. URL: <https://edition.cnn.com/2019/01/31/weather/winter-weather-thursday-wxc/index.html>
3. Baldina E.A., Konstantinov P., Grishchenko M., Varencov M. Issledovanie gorodskih ostrovov tepla s pomoshch'yu dannyh distancionnogo zondirovaniya v infrakrasnom teplovom diapazone (A research of city warmth islands with the use of remote sensing data in IR thermal range). Zemlya iz kosmosa: naibolee ehffektivnye resheniya, 2015, №5, pp. 38–42 (in Russian).
4. Karadag zapovednyj: nauchno – populyarnye ocherki (Karadag reserve: popular science texts). Pod. red. A.L. Morozovoj. Simferopol': N. Oreanda, 2011, 228 p. (in Russian).
5. Goncharuk V.V. et al. Monitoring of aerosols and the state of sea water of the water area of the Karadag Natural Reserve. Journal of Water Chemistry and Technology, 2015, Vol. 37, no 1, pp. 4–9 (in English)/
6. Lapchenko V.A., Zvyagincev A.M. Malye gazovye sostavlyayushchie atmosfery v Karadagskom prirodnom zapovednike v Krymu (Trace gas components of atmosphere in Karadag nature reserve in Crimea). Optika atmosfery i okeana, 2015, Vol. 28, no 2, pp. 178–181 (in Russian).
7. Zhuk V.O., Ergina E.I. Aktivizaciya stihijnyh prirodnyh processov na osobo ohranyaemyh prirodnyh territoriyah Kryma v svyazi s usileniem intensivnosti opasnyh gidrometeorologicheskikh yavlenij v sovremennyh usloviyah izmeneniya klimata (Activation of spontaneous natural processes in specially protected natural territories of the Crimea due to the increased intensity of dangerous hydrometeorological phenomena in modern conditions of climate change). Nauchnye issledovaniya na zapovednyh territoriyah. Simferopol', 2017, 65 p. (in Russian).

8. Zhuk V.O., Ergina E.I. Analiz sovremennoj meteorologicheskoy situacii v predgornom Krymu (Analysis of the current meteorological situation in the piedmont Crimea). Uchenye zapiski KFU im. V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya, 2018, Vol. 4 (70), no 2, pp. 227–241 (in Russian).
9. Danova T.E., Nikiforova M.P. Osobennosti sovremennykh izmenenij srednemesjachnykh temperatur na territorii Krymskogo poluostrova (Features of modern changes of monthly mean temperatures over the territory of Crimean peninsula). Mezhdunarodnaja nauchnaja konferencija «Okruzhajushhaja sreda i chelovek. Sovremennye problemy genetiki, selekcii i biotehnologii». Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii i molodezhnoj nauchnoj konferencii, Rostov-na-Donu, 5-8.09.2016, pp. 75–78 (in Russian).
10. Nikiforova M.P. Rekreacionnye komplekсы Kryma kak osnova ustojchivogo razvitiya poluostrova (Recreational complexes of Crimea as the basis for the sustainable development of the peninsula) // Uchenye zapiski KFU im. V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya, 2017, Vol. 3(69), no 3–1, pp. 64–74 (in Russian).
11. Danova T.E., Nikiforova M.P. Otklik rekreacionnykh resursov Krymskogo poluostrova na sovremennye klimaticheskie izmeneniya (Response of Crimean peninsula recreational resources on modern climate changes). Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologija. Nauki o Zemle, 2016, Vol. 26, no. 2, pp. 142–151 (in Russian).
12. Danova T.E., Nikiforova M.P. Sovremennaya dinamika kompleksnykh bioklimaticheskikh pokazatelej v kurortnyj sezon na Krymskom poluostrove (Modern dynamics of complex bioclimatic indicators in the holiday season on the Crimean peninsula). Ekologiya cheloveka, 2018, no 1, pp. 8–14 (in Russian).
13. Nikiforova M.P. Osobennosti temperaturnykh voln tepla na Krymskom poluostrove v 21 v. (Features of thermal waves of heat on the Crimean peninsula in the 21). Vserossijskaya konferencija «Dvenadcatoe sibirskoe soveshchanie i shkola molodykh uchenykh po klimato-ehkologicheskomu monitoringu». Tezisy dokladov rossijskoj konferencii pod red. M.V. Kabanova. Tomsk. 17–20 October 2017, pp. 70–71 (in Russian).
14. Nikiforova M.P. Volny tepla kak faktor turistskoj deyatelnosti na territorii Krymskogo poluostrova (Heat waves as a factor of tourist activity on the territory of the Crimean peninsula). Vserossijskaya konferencija «Problemy i perspektivy razvitiya turizma v YUzhnom federal'nom okruge». Sbornik nauchnykh trudov. Sevastopol'. 11–14 October 2017, pp. 194–196 (in Russian).
15. Parubec O.V. Analiz klimaticheskikh rjadov Krymskogo poluostrova (Analysis of climatic series of Crimean peninsula). Jekosistemy, 2009, no. 1 (20), pp. 154–164 (in Russian).
16. Fedorov V.M., Gorbunov R.V., Gorbunova T.Ju., Kononova N.K. Mnogoletnjaja izmenchivost' temperatury vozduha na Krymskom poluostrove (Long-term air temperature variability on the Crimean peninsula). Geografija i prirodnye resursy, 2017, no. 1, pp. 127–133 (in Russian).
17. Besedina T.YU., Gorbunov R.V., Lapchenko V.A. Vzaimosvyaz' mezhdru hodom ehlementarnykh cirkulyarnykh mekhanizmov i meteouсловiyami, formiruyushchimisya na territorii Karadagskogo prirodnogo zapovednika NAN Ukrainy (Interrelation between the course of elementary circular mechanisms and weather conditions forming on the territory of the Karadag natural reserve of the National Academy of Sciences of Ukraine). Geograficheskie i geologicheskie issledovaniya v Ukraine i sopredel'nykh territoriyah // Materialy vseukrainskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem studentov, aspirantov i molodykh uchenykh. Simferopol': DIAJPI, 2012, pp. 7–8 (in Russian).

Поступила в редакцию 31.03.2019