

УДК 551.583(477.75)

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КЛИМАТА ЗИМНИХ СЕЗОНОВ В КРЫМУ

Ергина Е. И., Жук В. О.

Таврическая академия (структурное подразделение) «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Российская Федерация

E-mail: zhuk_vladimir2015@mail.ru, ergina65@mail.ru

В статье анализируются факторы формирования и пространственно-временная изменчивость климата в Крыму. Выявлены аномально теплые и холодные зимы в Крыму за последние 87 лет. Рассмотрена динамика проявления ураганных ветров. Построены математические модели зависимости процессов перехода суточной температуры воздуха через ноль градусов от среднесуточной температуры зимних месяцев, что является одной из важных характеристик при исследовании противоэрозионной устойчивости почв.

Ключевые слова: динамика метеоэлементов, изменение климата, температура, Крымский полуостров.

ВВЕДЕНИЕ

Дискуссия об изменении климата в XXI веке приняла новый поворот – всех интересует вопрос, чего следует ожидать: глобального потепления, связанного с парниковым эффектом, или глобального похолодания, которое прогнозируют для северного полушария. В итоге все больше ученых склоняются к тому, что климатические изменения носят циклический характер, и антропогенный фактор не оказывает существенного воздействия на климат, так как последний определяется внешними, а не местными антропогенными факторами. В нашей работе предпринята попытка выявления направленности климатических изменений на Крымском полуострове посредством анализа зимних сезонов, проявления неблагоприятных и опасных метеорологических явлений и влияния отдельных метеоэлементов на состояние компонентов ландшафта, что обозначило цель исследований.

Для решения данной цели необходимо решить нескольких задач: проанализировать динамику изменения климата в Крыму; выявить экстремумы аномально теплых и холодных зим в Крыму за период наблюдений; рассмотреть динамику проявления ураганных ветров и, как следствие, возникновение сильных штормов и пыльных бурь в Крыму; проанализировать влияние современных тенденций изменения климата на гидрометеорологическую обстановку в исследуемом регионе. Для решения поставленных задач использовались следующие методы: историко-географический, статистический, математический метод, метод аналогий, при построении графиков и рисунков использовалось программное обеспечение Graph 4.4.2, Microsoft Office Excel.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ КЛИМАТА ЗИМНИХ СЕЗОНОВ В КРЫМУ

1.1. История изучения изменения климата в Крыму

Для климата Крымского полуострова как составляющей глобальной климатической системы характерно проявление различных циклов динамики. О вековых климатических изменениях на протяжении голоцена можно судить по результатам комплексных палеогеографических исследований в юго-западном и западном Крыму [11; 12]. Палеонтологические данные свидетельствуют, что для периодов DR-2, Аллеред и DR-3 характерно развитие лесов из березы, граба и ольхи как на северных склонах Крымских гор, так и на территории юго-западного Крыма (Гераклейский п-ов), что свидетельствует о значительной гумидности климата. Начало атлантического этапа в южной части Восточно-Европейской равнины проявилось сухим и теплым климатом. [7; 11; 12]. Вторая половина атлантического этапа и начало суббореального (6000–4500 (4200) лет тому назад) характеризовалась увеличением гумидности. Сухой период (между 4200 и 3300 лет тому (SB-2) нашел отображение в пыльце растений и почв. С увеличением части древесной растительности связана еще одна влажная фаза конца суббореального этапа (между 3300 и 2700 лет тому назад), которая достигла своего пика между 2 и 1,5 тыс. лет назад [7; 11; 12; 20].

Письменные источники об изменениях климата Крыма появляются со времен античности – конец суббореальной и начало атлантической эпохи. В литературе наиболее информативными являются упоминания о природе и климате Крыма греческих и римских путешественников: Геродота, Страбона, Вергилия, Гай Плиния Секунда и других (4 в. до н. э. – 4 в. н. э.). В этих работах отмечается более гумидный характер климата Крыма в сравнении с современным на рубеже тысячелетий [1; 7; 11; 20]. С 10 по 15 века информацию палеоклиматического характера можно позаимствовать из русских летописей, записок и описаний путешествий турецких и арабских авторов. Климат Средневековья в Крыму характеризовался потеплением, сменившемся периодом похолодания и большей увлажненности в 18 столетии [1; 7; 11]. 19 – начало 20 века характеризуется повышением температур и уменьшением количества осадков [7; 11].

С началом инструментальных наблюдений связан новый этап – статистической обработки рядов инструментальных климатических наблюдений. С изменением климатической системы полуострова меняется и интенсивность опасных и стихийных гидрометеорологических явлений, что создает угрозу в сфере экономики и агрономии. Данной проблеме наиболее серьезно посвящены работы: [1; 2; 3; 5; 8; 9; 12].

1.2. Изменчивость характера зим в Крыму

Территория Крымского полуострова и Черноморского бассейна подвергались в различные периоды времени воздействию тех или иных опасных природных явлений. Однако в последние десятилетия, в результате изменения климатической

системы в данном регионе, происходит усиление интенсивности проявления опасных и стихийных гидрометеорологических явлений.

На климат Черноморского бассейна большое влияние оказывает обширная Восточно-Европейская равнина и восточная часть Балканского полуострова, над которыми формируется континентальный воздух: зимой очень холодный, летом сильно прогретый [3]. Континентальный арктический воздух приходит на Черное море из районов Карского моря [3]. При повышении атмосферного давления над Восточной Европой и циклонической ситуации над Черным морем зимой создаются благоприятные условия для быстрого перемещения холодных континентальных масс с севера. В таких случаях над северной частью моря возникают очень сильные и холодные ветры. Северо-западная часть моря и побережье, открытые для вторжений холодных воздушных масс с севера, имеют самый холодный климат. В периоды похолодания шельфовая часть моря на северо-западе часто замерзает. Средняя годовая температура воздуха здесь около 10°C или меньше, зима продолжается примерно три месяца, случаются снегопады, дуют сильные северо-восточные и северо-западные ветры. При вторжении холодного континентального воздуха температура иногда понижается значительно ниже нуля (до -15, -20°C) [3]. При этом в районе Ялты температура воздуха может опускаться до -15°C [3]. 23 января 2006 г. в Керчи был зафиксирован новый абсолютный минимум января – 22,7°C, при средней суточной – 20,9°C; предыдущий абсолютный минимум (-22,4 С) был отмечен в 1940 г. [3]. Наиболее крупные отрицательные аномалии над Черным морем зимой возникают при наличии обширного устойчивого антициклона над Скандинавским полуостровом, Западной Европой и западными районами европейской территории бывшего Советского Союза при активной циклонической деятельности над южными морями [3].

Суровые зимы или отдельные суровые зимние месяцы на Черном море обуславливаются частыми вторжениями холодных масс воздуха, так называемыми волнами холода. В различное время года Черное море находится под воздействием континентальных полярных и морских полярных, тропических и арктических воздушных масс. Зимой континентальный полярный воздух вторгается на Черное море с холодными, сильными северо-восточными ветрами. Эти процессы достигают максимума в январе–феврале. Морской полярный воздух входит на Черное море с Атлантического океана через Западную Европу. Его вхождение сопряжено с циклонической деятельностью. Зимой при его вхождении температура падает до 0°C [3].

Особо резкие понижения температуры воздуха наступают при вторжениях арктического воздуха. Вторжения холодных масс происходят при трех разновидностях термобарического поля. При первом типе холодные массы воздуха вторгаются на Черное море с Карского моря. Термобарическое поле при этом характеризуется глубокой холодной ложбиной, ориентированной с Таймырского полуострова на Черное море. При втором типе холодные массы вторгаются с Скандинавского полуострова. При третьем типе холодные массы идут по глубокой ложбине с Карского моря. Арктический воздух наблюдается на Черном море сравнительно редко, в среднем 40 дней в году, и в зависимости от района формирования разделяется на морской и континентальный. В

теплую половину года преобладает морской арктический воздух, в холодную – континентальный арктический воздух. Морской арктический воздух формируется над Арктикой и входит в Европу из юго-западной части Северного моря и попадает на Черное море с элементами трансформации, быстро переходя в континентальный полярный воздух. Зимой при его вхождении возможен шквалистый снег, а температура воздуха понижается до 0°C и ниже (до -10°C) [3].

В Крыму (особенно в предгорье и в степных районах) наблюдается незначительная тенденция повышения среднегодовой температуры воздуха и количества осадков [7]. Анализ тенденций изменения средних температур воздуха в январе и июле показывает, что увеличение среднегодовых значений происходит за счет зимних температур. Повышение среднемесячных температур в январе за последние пол века в общем тренде достигло около 0,6°C [7; 10]. Среднеянварская температура за последние 30 лет достигла значения +0,5°C, тогда как в июле за аналогичные периоды она осталась неизменной +22,0°C. В последние годы наблюдается уменьшение амплитуд температур между минимальными и максимальными значениями температур января, а за последние 30 лет амплитуда составила -6,7°C и июля 12,0°C [7; 10].

В исторических письменных источниках отмечено более 20 суровых зим в районе Черного моря за последние 2 тыс. лет. Временной интервал между ними составляет в среднем 78 лет (в большинстве случаев от 60 до 90 лет) [3]. Однако в последнее столетие наблюдается уменьшение интервала между суровыми зимами и увеличением количества аномально теплых зим. Одна из последних наиболее суровых зим – зима 1953–1954 гг. Ее по праву называют «зимой века». Небывалые холода с ноября по апрель стояли на огромной территории от Испании и Франции до Уральского хребта. На Южном берегу Крыма морозы держались три месяца, среднемесячная температура февраля была на 10–12°C ниже нормы, в Ялте высота снежного покрова в этот период превышала 30 см. Полностью замерзло Азовское море, через Керченский пролив было открыто устойчивое автомобильное сообщение, замерзла северная часть Черного моря [3].

Зима 2011–2012 гг. в феврале оказалась одной из наиболее суровых в первые десятилетия XXI в [3]. Замерзли весь Одесский залив Черного моря, Днепровско-Бугский лиман, берега у Румынии и Болгарии. В Европе замерзли каналы Венеции впервые за 80 лет. Замерз Дунай. В западноевропейских странах и Турции наблюдался сильный и продолжительный снегопад. Сильный снег несколько раз был в Северной Африке, в Сахаре, в Дамаске (Сирия). Было перекрыто судоходство по проливу Босфор. Был скован льдом Керченский пролив. 5 апреля 2012 г. в средней полосе России от Москвы до Нижнего Новгорода был обильный снег, высота снежного покрова достигла за сутки 10 см, видимость в пределах 1 м. В Европе в период сильных холодов погибло более 600 человек. Похолодание было самым сильным для Европы за последние 500 лет. Сильные холода ниже нормы стояли длительное время широкой полосой от Португалии и Испании до Восточной Сибири. В 2005–2006 гг. также было аналогичное аномальное понижение

температуры. Замерзание бухт Севастополя было сильнее, чем в 2011–2012 гг., был побит рекорд абсолютного минимума температуры воздуха 1940 г [3].

Аномальные ледовые режимы – нередкое явление для Черного и Азовского морей [3]. В Черном море в отдельные зимы лед встречается вдоль западного побережья у Болгарии, на крайнем северо-востоке, включая Керченский пролив, а также у Крымского полуострова в районе м. Тарханкут, г. Евпатории, в Севастопольской и Феодосийской бухтах [3]. Аномальные ледовые сезоны с угрозой для безопасности мореплавания случаются в северо-западной части Черного моря не реже одного раза в 10 лет. Отмечены случаи проникновения льдов в пролив Босфор [3]. Наиболее суровыми были зимы 1929, 1954 и 1985 гг. В северо-западной части Черного моря припай шириной в несколько километров вдоль береговой полосы существует в течение 2 месяцев, толщина его достигает 40–50 см. Вдали от берегов западной части моря лед бывает только в холодные зимы [3].

Таблица 1.

Степень суровости и мягкости зимнего периода для территории Крымского полуострова

Степень	Характеристика
Аномально теплые зимы	Морозы кратковременные, температура воздуха не опускается ниже -10°C в течении суток на протяжении всего периода, отсутствие аномальных ледовых режимов. Полное отсутствие ледовых режимов и стихийных гидрометеорологических явлений. Средняя температура зимних месяцев выше 0°C .
Умеренные зимы	Сильных продолжительных морозов не наблюдается, отрицательные значения температур воздуха не превышают -15°C . Отсутствие аномальных ледовых режимов. Возможно проявление опасных метеоявлений, реже – стихийных гидрометеорологических явлений. Средняя температура зимних месяцев составляет около 0°C .
Суровые зимы	Отмечаются продолжительные сильные морозы, средняя суточная температура в течение нескольких дней достигает -10°C и ниже, наблюдаются аномальные ледовые режимы, отмечается понижение температуры воздуха ниже -20°C . Проявление опасных метеоявлений и стихийных гидрометеорологических явлений наблюдается не однократно. Средняя температура зимних месяцев отрицательная.

На основании проанализированных источников [3; 14; 15; 17] мы построили график, характеризующий динамику проявления наиболее суровых и аномально теплых зим за последние 87 лет (рис. 1) для г. Симферополя. Характеристика критериев суровости и мягкости зимнего периода приведена в табл. 1.

Полиномиальная линия тренда свидетельствует о повышении количества переходов от суровых зим к аномально теплым зимам в последние 30 лет. Зима 2016–2017 гг. в Крыму зафиксирована как самая холодная зима за последние 10 лет по сумме средних температурных показателей зимних месяцев. Однако учитывая тот фактор, что сильных морозов в этот период вовсе не наблюдалось и незначительный минимум температур (-12°C) держался не более суток, зима этого периода не относится к категории суровых зим.

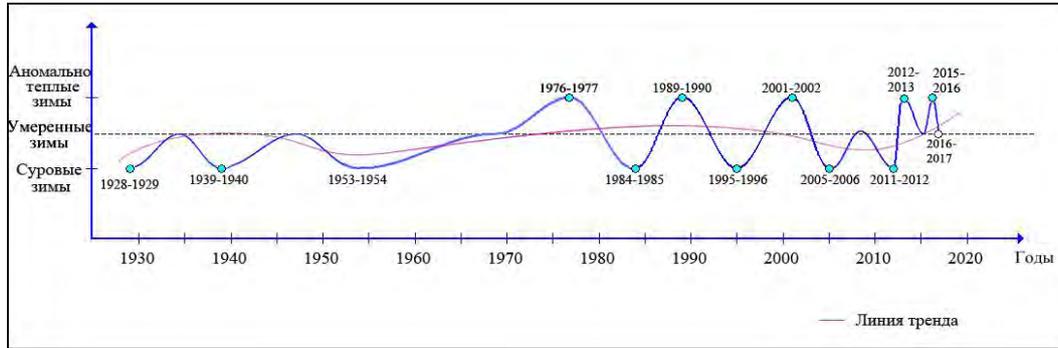


Рис. 1. График динамики суровых и аномально теплых зим

Наиболее суровая зима в Крыму за последние 30 лет была отмечена в 2012 году, а самая теплая – в 2016 году. Самый холодный зимний месяц на территории Крымского полуострова – февраль – стал в 2016 году самым теплым за последние 40 лет наблюдений в Крыму [14; 15]. На примере метеостанции Симферополя нами построены графики суточного хода температур воздуха для февраля 2016 года (рис. 2а) и 2012 года (рис. 2б).

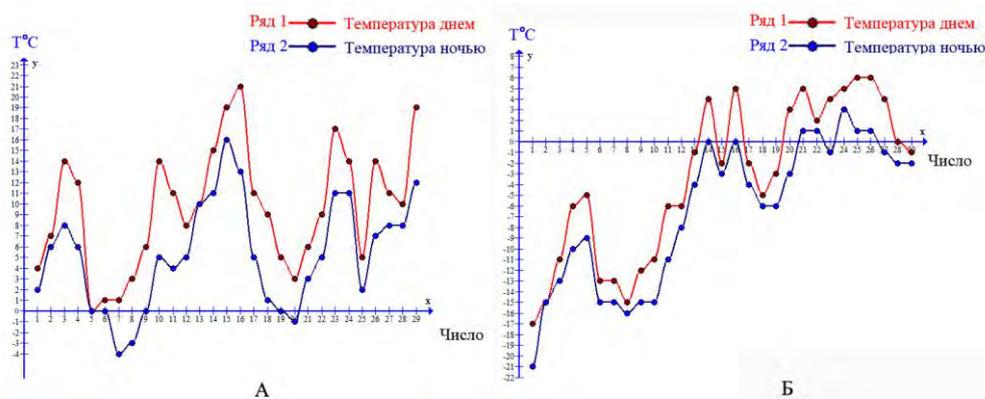


Рис. 2. Кривые температур воздуха февраля 2016 и 2012 гг. Метеостанция Симферополь, 204 м (составлено автором по статистическим данным [15; 16])

Анализируя графики, отметим, что средняя температура февраля 2016 г днем составила +9, средняя ночная +5,2°C, средняя февральская составила +7,1°C. В 2012 году средняя температура февраля днем составила -4°C, средняя ночная -6°C, средняя февральская составила -5°C [14; 15].

Рекордные значения среднемесячных температур самых теплых и холодных зимних месяцев за всю историю метеонаблюдений для метеостанции Симферополь представлены в табл. 1 [14, 15].

Таблица 1.
Рекордные среднемесячные температуры зимних месяцев

Месяц	Максимальные температуры °С	Год	Минимальные температуры °С	Год
декабрь	+8,4	1960	-4,1	1899
январь	+7,3	1895	-8,4	1950
февраль	+7,1	2016	-8,0	1911

По статистическим данным [14; 15], подсчитав число дней в зимний период со средней суточной температурой воздуха выше 0°C за последние 15 лет (результаты представлены в табл. 2 и на рис. 3), проследим, как происходит повышение температуры воздуха в зимние месяцы на примере метеостанции Симферополь.

Таблица 2.
Число дней в зимний период со средней суточной температурой воздуха выше 0 за последние 15 лет (метеостанция Симферополь, 204 м)

Год / месяц	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
Декабрь	9	25	22	23	25	20	18	25	25	27	19	23	23	26	12
Январь	17	22	29	7	28	9	18	10	19	18	24	22	25	20	12
Февраль	5	22	17	13	16	17	22	8	10	9	28	24	18	26	17
Всего	31	69	68	43	69	46	58	43	54	54	71	69	66	72	41

Полиномиальная линия тренда свидетельствует о повышении количества дней в зимний период со средней суточной температурой воздуха выше 0 в период с 2003 по 2005, затем наблюдается понижение с минимумом количества дней (43) зимой 2009–2010 гг. и после вновь наблюдается повышение с максимумом количества дней (72) в зимний период 2015–2016 г. В зимний период 2016–2017 гг. происходит

резкое понижение количества дней со среднесуточной температурой выше 0°C до 41 дня. Наибольшее число дней (72) со средней суточной температурой воздуха выше 0 за последние 15 лет наблюдалось зимой 2015–2016 гг., наименьшее (31) – зимой 2002–2003 гг.

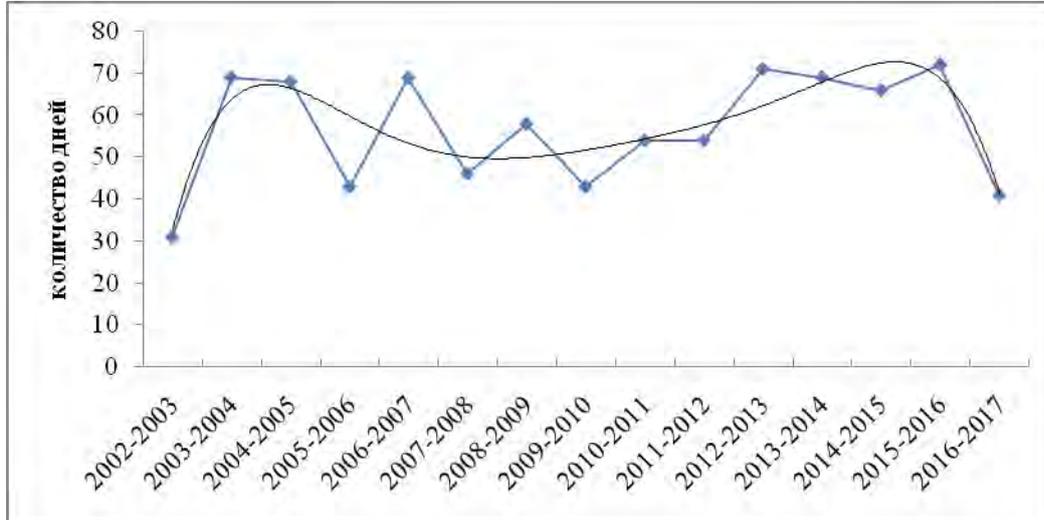


Рис. 3. Количество дней в зимний период со средней суточной температурой воздуха выше 0 за последние 15 лет (составлено автором по фондовым данным ФГБУ «Крымское УГМС»)

Отрицательные последствия изменения климата для юга России в целом сказываются также в наблюдаемой тенденции повышения повторяемости опасных гидрометеорологических явлений (ураганные ветры, сильные ливни, градовые явления и др.) и увеличения неблагоприятных резких изменений погоды [6; 13]. Ураганные ветры вызывают сгонно-нагонные процессы в Черном и Азовском морях, с чем обычно связаны аномальные колебания уровня морей. В районе Одессы под влиянием северо-восточных штормовых ветров возникают устойчивые течения, направленные на запад [3; 4]. Они создают нагон в устьях Дуная и Днестра. Ветер противоположного направления вызывает сгон. Разность абсолютных экстремумов уровня составляет около 3 м и уменьшается в восточном направлении. У берегов Крыма она менее 1 м, у берегов Кавказа возрастает до 1,5–2 м [4]. Наиболее значительные сгонно-нагонные колебания уровня наблюдаются в осенне-зимний период в западном и северо-западном районах Черного моря. Опасные сгонно-нагонные колебания уровня Азовского моря довольно частое явление [4]. Они приводят к нарушениям судоходства, разрушению судов и строений, затоплению прибрежных территорий [4]. Событие в конце октября 1969 г. в юго-восточной части моря относится к одному из наиболее значительных: в районе

Темрюка суша была затоплена на 17 км вглубь территории, а подъем уровня превысил 5 м [4].

НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ И ОПАСНЫЕ МЕТЕОЯВЛЕНИЯ В КРЫМУ

2.1. Ураганы в Крыму

Штормовые ветры и сопутствующие им штормовые волны входят в первую четверку доминирующих в регионе опасных природных явлений [4; 13]. Северо-восточная часть Черного моря характеризуется наиболее интенсивной штормовой деятельностью [4]. Большие скорости ветров отмечаются практически на всех участках побережья Черного моря и во все сезоны года. Тем не менее выделяются зоны повышенной ветровой активности, где среднегодовые значения скорости ветра превышают 5 м/с (Мысовое, Тамань, Анапа). Однако самые сильные ветры наблюдаются над открытой частью моря, а также в районе Новороссийска («новороссийская бора») и в Керченском проливе [4]. Волны высотой 5 м и более наблюдаются в Черном море достаточно редко и составляют всего 10 % от общего числа штормов. Ещё реже высота волн достигает 6 м и более. За 1954–2008 гг. в Азово-Черноморском бассейне наблюдалось только 8 случаев волнения, достигших этого уровня. Шесть из них зафиксированы на Херсонеском маяке, а два случая – на гидрометеорологической станции Ялта [4; 13].

Наиболее разрушительные ураганы в Азово-Черноморском регионе России за последние 50 лет отмечались дважды [5; 13]. Самый разрушительный отмечен зимой 1969 года [16]. Ветер свыше 35 м/с обрушился на Южный берег Крыма и принес за собой двухнедельный шторм (рис. 4).



Рис. 4. Шторм 1969 г [17]

В Ялте девятиметровые волны разбивали причалы, выбрасывали на берег теплоходы, валили порталные краны, рельсы с вырванными глыбами мощнейшего гидробетона изогнулись и спутались, как тонкая арматура [16].

Следующий похожий ураган обрушился на Крымский полуостров 11 ноября 2007 г. и стал причиной беспрецедентной серии кораблекрушений и других

чрезвычайных событий в Азовском и Черном морях: за один день затонули пять судов, включая три сухогруза с серой и танкер с мазутом; еще четыре судна сели на мель [13; 16]. Скорость ветра в Керченском проливе достигала 32 м/с, а волнение моря – 7–8 баллов. На рис. 5 приведена фотография штормовых волн в Севастопольской бухте.



Рис. 5. Шторм 2007 г. [16]

По фондовым данным ФГБУ «Крымское УГМС», нами построен график максимальных значений скорости ветра по годам для станции Симферополь за последние 16 лет (рис. 6).

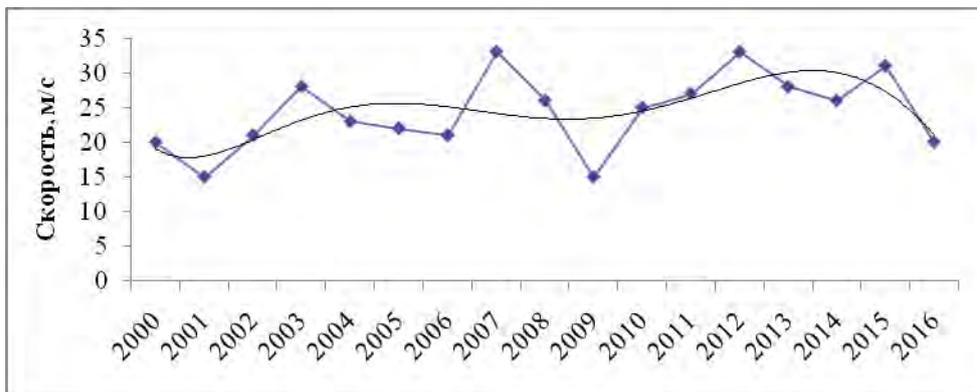


Рис. 6. Максимальные скорости ветра в г. Симферополе (составлено автором по фондовым данным ФГБУ «Крымское УГМС»)

Полиномиальная линия тренда свидетельствует о повышении максимальных скоростей ветра в последние годы. Число случаев со скоростью ветра более 30 м/с

за последние 16 лет достигло 3, в то время как за период 1963–2000 гг. наблюдалось всего 5 случаев, когда скорость ветра достигла 30 м/с и более. Ураганные ветра со скоростью 40 м/сек зафиксированы в Крыму следующими метеостанциями: Никитский Сад – 1995 г., Алушта – 1992 г., Владиславовка – 1992., 1999 г., Ай-Петри – более 40 м/сек в 1998, 1999, 2003 годах [6].

2.2 Пыльные бури в Крыму

Сильные ветры приводят к возникновению пыльных бурь. Серьезный ущерб сельскохозяйственным угодьям несколько раз наносили зимние пыльные бури. Буря в конце зимы 1961 г. в Крыму частично снесла с полей плодородный слой чернозема [5; 6]. С 2010 года в Крыму наблюдалось 2 пыльные бури: в феврале 2012 и в сентябре 2017. Масштабы и последствия февральской пыльной бури 2012 года были катастрофического характера, наибольший ущерб нанесен Симферопольскому району (рис. 7). Менее сильная пыльная буря наблюдалась с 26 сентября по 29 сентября 2017 года в Советском, Нижнегорском, Белогорском (рис. 8), Симферопольском и Красногвардейском районах при скорости ветра 17–27 м/с.

Возникновению пыльных бурь способствует распаханность территории, отсутствие осадков в зимнее время и количество переходов температуры через 0, что ухудшает связность почвенных агрегатов на поверхности почвы. В табл. 3 и на рис. 9 представлено число случаев с температурой воздуха у поверхности почвы переходящей через 0 в зимнее время за последние 10 лет для станции Симферополь.



Рис. 7. Пыльная буря 2012 г. [18]



Рис. 8. Пыльная буря в сентябре 2017 г. (фото автора)

Таблица 3.
Число случаев в зимний период с температурой воздуха переходящей через 0 за последние 10 лет

Год / месяц	2006–2007	2007–2008	2008–2009	2009–2010	2010–2011	2011–2012	2012–2013	2013–2014	2014–2015	2015–2016	2016–2017
Декабрь	7	4	10	3	7	2	5	16	5	4	14
Январь	1	12	8	10	11	5	9	3	5	7	8
Февраль	6	4	5	8	13	6	4	5	6	7	7
Всего	14	20	23	21	31	13	18	24	16	18	29

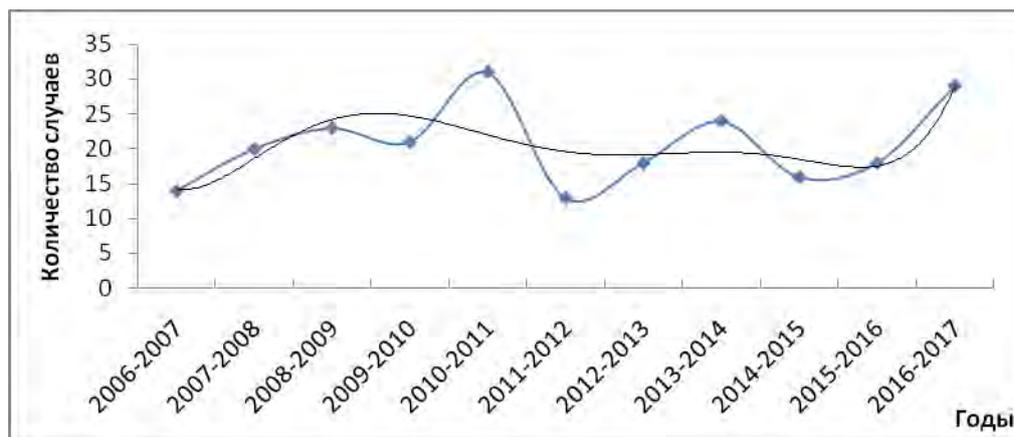


Рис. 9. Количество случаев в зимний период с температурой воздуха, переходящей через 0, за последние 10 лет (метеостанция Симферополь, 204 м).

Полиномиальная линия тренда показывает, что число случаев с температурой воздуха, переходящей через 0, за последние 10 лет возрастает с 2006 по 2010 год, затем уменьшается до 2012 года с минимальным значением случаев (13), после чего вновь повышается с максимальным значением в 2017 году. Максимальное число случаев (31) перехода температуры воздуха через 0 в зимнее время было отмечено зимой 2010–2011 гг., минимальное количество переходов (13) – в зимнее время 2011–2012 гг.

2.3. Процессы замораживания-оттаивания поверхностной оболочки почв в Крыму

По статистическим данным [14; 18] средней температуры воздуха за зимний период в последние 10 лет (табл. 4), определим влияние средней зимней температуры на количество переходов температуры воздуха через 0 (табл. 3) для станции Симферополь (рис. 10).

Табл. 4.

Средние зимние температуры воздуха по годам для г. Симферополя

Годы	2006–2007	2007–2008	2008–2009	2009–2010	2010–2011	2011–2012	2012–2013	2013–2014	2014–2015	2015–2016	2016–2017
t°С	2,83	0,2	2,4	2,76	3,3	0,5	2,86	1,53	2,43	3,46	-1,6

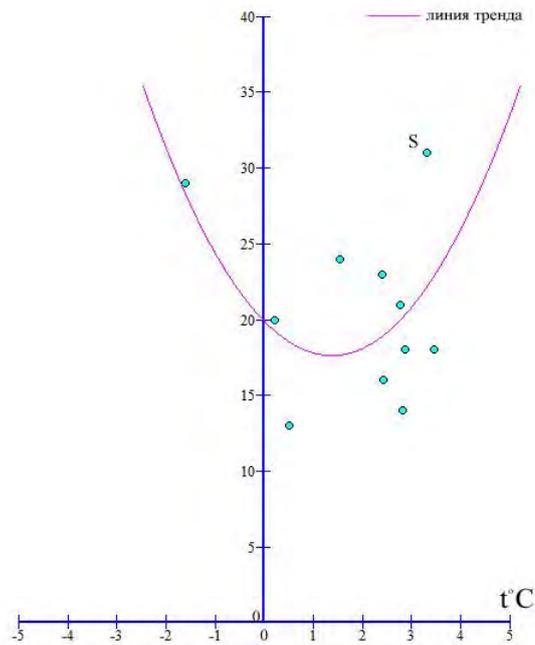


Рис. 10. Влияние средней зимней температуры (t) на количество переходов температуры воздуха через 0°C (S) (метеостанция Симферополь, 204 м)

Полиномиальная линия тренда на графике свидетельствует о том, что при аномально-теплых и суровых зимах наблюдается увеличение количества переходов температур через 0 в зимнее время. Анализируя график и данные из таблицы 4, можно сказать, что наибольшее количество циклов замораживания-оттаивания почвы в зимнее время наблюдалось в самую теплую зиму 2015–2016 гг. (31 цикл) со средней зимней температурой +3,46°C и в самую холодную 2016–2017 гг. (29 циклов) со средней зимней температурой воздуха -1,6°С.

Процессы замораживания-оттаивания поверхностной оболочки почвы на протяжении зимнего периода приводят к снижению противодефляционной стойкости почв вследствие разрушения макроагрегатов и увеличения содержания дефляционно-безопасных фракций в агрегатном составе [19]. Допустимая граница безопасного агрегатного состава почвы для Крымского полуострова не выше 25 циклов замораживания-оттаивания [19]. Поэтому современные изменения климата в регионе, которые, в свою очередь, связаны с возрастанием зимних температур воздуха и почвы и с общей нестабильностью зимних погод, приводят к ухудшению протидефляционной стойкости и повышению опасности возникновения пыльных бурь.

ВЫВОДЫ

Анализ пространственно-временной изменчивости климата в Крыму свидетельствует о том, что современные тенденции изменения климата негативно отражаются на климатической системе полуострова, т. е. приводят к нарушению стабильности погодных условий и к увеличению опасных и стихийных гидрометеорологических явлений. Проанализировав литературные источники и статистические данные, мы выявили экстремумы аномально-теплых и холодных зим в Крыму за последние 87 лет, что позволило сформулировать выводы о повышении количества переходов от суровых зим к аномально-теплым зимам в последние 30 лет. Рассмотрев пространственно-временную динамику проявления ураганных ветров и, как следствие, возникновение пыльных бурь в Крыму, можно сказать, что за последние 17 лет их число активно возрастает.

Анализ современных изменений климата в исследуемом регионе, которые, в свою очередь, связаны с возрастанием зимних температур воздуха, показал, что увеличения количества циклов замораживания-оттаивания поверхностной оболочки почвы на протяжении зимнего периода зависит от средней зимней температуры воздуха. Данные циклы значительно отражаются на деградации почв и способствуют эрозионному разрушению почвенного покрова.

Исследование выполнено при поддержке Программы развития ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» на 2015–2024 годы в рамках реализации академической мобильности по проекту «Сеть академической мобильности "ГИС-Ландшафт – Технологии и методики формирования геопорталов современных ландшафтов регионов"» в 2017 году в Балтийском федеральном университете имени Иммануила Канта (г. Калининград, Институт природопользования, территориального развития и градостроительства). Исследование выполнено при поддержке РФФИ и Совета Министров Республики Крым в рамках научного проекта № 17–45–92015

Список литературы

1. Субетто Д. О. Реконструкція палеогеографічних умов Західного Криму у пізньому голоцені за літологічними і палеонтологічними матеріалами вивчення озер // Фізична географія та геоморфологія. 2009. № 56. С. 299–311.
2. Турманина В. И. Вековые изменения природы Европейской части СССР // География. 1985. № 5. С. 61–69.
3. Ергина Е. И. Пространственно-временные закономерности процессов современного почвообразования на Крымском полуострове. Симферополь.: Изд-во АРИАЛ, 2017. 224 с.
4. Кордова С. Е. Голоценовое изменение окружающей среды в юго-западном Крыму (Украина) в пыльцевых и почвенных отчетах // Археология. 2003. № 10. С. 1483–1501.
5. Борисов А. А. Изученность Крыма в климатическом отношении // Изв. УкрНИГМИ. 1955. № 3. С. 86–92.
6. Боков В. А. Концептуальные основы проявления природных и техногенных катастроф. // Проблемы чрезвычайных ситуаций в Крыму. Симферополь.: КАН, 2000. С. 8-13.
7. Гришин М. Г. Ледниковые периоды и аномальные зимы на побережье Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа // Изв. МГИ. 2012. Т. 1. Вып. 26. С. 134–147.
8. Загородников А. А., Сирота Н. В. Мониторинг опасных погодных явлений. // Культура народов Причерноморья. Симферополь.: Изд.: ИПУ РАН. 1998. С. 22–25.

9. Климат и опасные гидрометеорологические явления Крыма / под ред. Логвиновой К. Т., Барабаш М. Б. Л.: Изд.: Гидрометеоиздат. 1982. 317 с.
10. Мун Д. Изменяется ли климат в степной зоне России в XIX – начале XX в. Дискуссия современников // Вестник СПбГУ. 2013. Сер. 2. № 1. С. 25–46.
11. Позаченюк Е. А., Ергина Е. И., Олиферов А. Н., Михайлов В. А., Власова А. Н., Кудрянь Е. А., Пенно М. В., Калинин И. В. Анализ факторов формирования водных ресурсов р. Салгир в условиях изменяющегося климата // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия География. 2014. Т. 27. Вып. 2. С. 118–138.
12. Погода и климат. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru>
13. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Крымское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://meteo.crimea.ru/>
14. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ВНИИГМИ-МЦД). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://cliware.meteo.ru>
15. Южный Форпост России. Каким был сильнейший шторм в Крыму [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ok.ru/yuzhnyforp/topic/66018936581054>
16. Ергина Е. И., Жук В. О. Влияние современных тенденций климата на состояние эрозионно опасных агроландшафтов и оценка почвообразующего потенциала природных факторов Крыма // Изв. ОГАУ. 2017. № 3. С. 175–178.
17. Опасное Черное море / под ред. Шнюкова Е. Ф., Митина Л. И., Щипцова А. А. К.: Изд.: Логос, 2011. 567 с.
18. Природные катастрофы Азово-Черноморского региона / под ред. Доценко С. Ф., Иванова В. А. Севастополь.: Изд.: НПЦ ЭКОСИ-Гидрофизика, 2002. 174 с.
19. Пыльная буря в Крыму 2012 г, последствия и факты [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://sun4ase.livejournal.com/720.html>
20. Чорний С. Г., Хотиненко О. М. Протидефляційна стійкість чорноземів південних у контексті сучасних змін клімату // Наукові основи землеробства у зв'язку з потеплінням клімату. М.: МДАУ, 2010. С. 84–89.

SPACE-TIME VARIABILITY OF CLIMATE OF WINTER SEASONS IN CRIMEA

Zhuk V.O., Yergina E.I

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia

E-mail: zhuk_vladimir2015@mail.ru, ergina65@mail.ru

The discussion about climate change in the XXI century took a new turn - everyone is interested in the question of what to expect: global warming, which is due to the greenhouse effect, or global cooling, which is predicted for the northern hemisphere. As a result, more and more scientists are inclined to believe that climate change is cyclical, and the anthropogenic factor does not have a significant impact on the climate, since the latter is determined by external, rather than local, anthropogenic factors. In our work, an attempt was made to identify the direction of climate change on the Crimean peninsula, through the analysis of winter seasons, the manifestation of unfavorable and dangerous meteorological phenomena and the influence of individual meteorological elements on the state of the components of the landscape, which marked the purpose of the research. The article presents mathematical models, the dependence of the processes of the transition of the daily air temperature through zero degrees, on the average daily temperature of the

winter months, which is one of the important characteristics in the study of erosion resistance of soils. Based on the analyzed sources and literature data, we constructed a graph characterizing the dynamics of the most severe and abnormally warm winters in the last 87 years for Simferopol. The characteristics of the severity and softness criteria of the winter period were presented in the form of a table in the text. Negative consequences of climate change for the south of Russia as a whole, also affect the observed tendency to increase the frequency of dangerous hydrometeorological phenomena (hurricane winds, heavy showers, hail phenomena, etc.) and increase in adverse sharp weather changes. The territory of the Crimean peninsula and the Black Sea basin was exposed at various times to the effects of certain dangerous natural phenomena. However, in recent decades, as a result of changes in the climate system in this region, there is an intensification of the manifestation of dangerous and spontaneous hydrometeorological phenomena, which threatens the economy and agronomy. Written sources on climate change in the Crimea appear from the time of antiquity - the end of the Subboreal and the beginning of the Atlantic era. In the literature, the most informative are the references to the nature and climate of the Crimea of Greek and Roman travelers: Herodotus, Strabo, Virgil, Guy Pliny the Second and others (4th century BC - 4th century AD). In these works, the more humid climate of the Crimea is compared with the modern one, at the turn of the millennium. From the 10th to the 15th century, paleoclimatic information can be borrowed from Russian chronicles, notes and descriptions of travels of Turkish and Arab authors. The climate of the Middle Ages in the Crimea was characterized by warming, followed by a period of cooling and more moisture in the 18th century. 19-beginning of the 20th century is characterized by an increase in temperatures and a decrease in the amount of precipitation. With the onset of instrumental observations, a new stage of statistical processing of the series of instrumental climate observations is connected.

Keywords: dynamics of meteorological elements, climate change, temperature, Crimean peninsula.

References

1. Subetto D. O. Rekonstrukcija paleogeografichnih umov Zahidnogo Krymu u pizn'omu goloceni za litologichnimi i paleontologichnimi materialami vivchennja ozer (Reconstruction of paleogeographic conditions of the western Crimea in late Holocene for lithological and paleontological materials of studying lakes) // Fizichna geografija ta geomorfologija. 2009, no. 56, pp. 299–311. (in Ukraine).
2. Turmanina V. I. Vekovye izmenenija prirody Evropejskoj chasti SSSR (Secular changes in the nature of the European part of the USSR) // Geografija. 1985, no. 5, pp. 61–69. (in Russian).
3. Ergina E. I. Prostranstvenno-vremennye zakonernosti processov sovremennogo pochvoobrazovanija na Krymskom poluostrove (Spatio-temporal regularities of processes of modern soil formation on the Crimean peninsula). Simferopol': ARIAL (Publ.), 2017. 224 p. (in Russian).
4. Kordova C. E. Golocenovoe izmenenie okruzhajushhej sredy v jugo-zapadnom Krymu (Ukraina) v pyl'cevyh i pochvennyh otchetah (Holocene environmental change in the southwestern Crimea (Ukraine) in pollen and soil reports) // Arheologija. 2003, no. 10, pp. 1483–1501. (in Russian).
5. Borisov A. A. Izuchennost' Kryma v klimaticheskom otnoshenii (Studying the Crimea in the Climate Regime) // Izv. UkrNIGMI. 1955, no 3, pp. 86–92. (in Russian).
6. Bokov V. A. Konceptual'nye osnovy projavlenija prirodnyh i tehnoennyh katastrof. (Conceptual basis for the manifestation of natural and man-made disasters) // Problemy chrezvychajnyh situacij v Krymu. Simferopol': KAN, (Publ.), 2000, pp.8–13. (in Russian).

7. Grishin M. G. Lednikovye periody i anomal'nye zimy na poberezh'e Chernogo morja (Ice periods and anomalous winters on the Black Sea coast) // *Jekologicheskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa* // *Izv. MGI*. 2012. T. 1. no. 26, pp. 134–147. (in Russian).
8. Zagorodnikov A. A., Sirota N. V. Monitoring opasnyh pogodnyh javlenij (Monitoring of hazardous weather events) // *Kul'tura narodov Prichernomor'ja. Simferopol'*: IPU RAN. (Publ.), 1998. pp. 22–25. (in Russian).
9. Klimat i opasnye gidrometeorologicheskie javlenija Kryma (Climate and dangerous hydrometeorological phenomena of the Crimea) / pod red. Logvinovoj K. T., Barabash M. B. Leningrad: Gidrometeoizdat (Publ.), 1982, 317 p. (in Russian).
10. Mun D. Izmenjaetsja li klimata v stepnoj zone Rossii v XIX – nachale XX v. Diskussija sovremennikov (Does the climate change in the steppe zone of Russia in the XIX - early XX century? Discussion of contemporaries) // *Vestnik SPbGU*, 2013, Ser. 2, no. 1, pp. 25–46. (in Russian).
11. Pozachenjuk E. A., Ergina E. I., Oliferov A. N., Mihajlov V. A., Vlasova A. N., Kudrjan' E. A., Penno M. V., Kalinchuk I. V. Analiz faktorov formirovanija vodnyh resursov r. Salgir v uslovijah izmenjajushhegosja klimata (Analysis of the factors forming water resources. Salgir in the conditions of a changing climate) // *Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Serija Geografija*. 2014, T. 27, no. 2, pp. 118–138. (in Russian).
12. Pogoda i klimat (Weather and climate). [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru>
13. Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe uchrezhdenie "Krymskoe upravlenie po gidrometeorologii i monitoringu okruzhajushhej sredy" (Federal State Budget Establishment "Crimean Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring"). [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://meteo.crimea.ru/>
14. Federal'naja sluzhba Rossii po gidrometeorologii i monitoringu okruzhajushhej sredy (VNIIGMI-MCD). [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://cliware.meteo.ru>
15. Juzhnyj Forpost Rossii. Kakim byl sil'nejshij shtorm v Krymu (Southern Forpost of Russia. What was the strongest storm in the Crimea). [Jelektronnyj resurs]. URL: <https://ok.ru/yuzhnyforp/topic/66018936581054>
16. Ergina E. I., Zhuk V. O. Vlijanie sovremennyh tendencij klimata na sostojanie jerozionno opasnyh agrolandschaftov i ocenka pochvoobrazujushhego potenciala prirodnyh faktorov Kryma (Influence of modern climate trends on the state of erosionally hazardous agrolandscapes and assessment of the soil-forming potential of natural factors in the Crimea) // *Izv. OGAU*. 2017, no. 3, pp. 175-178. (in Russian).
17. Opasnoe Chernoe more (Dangerous Black Sea) / pod red. Shnjukova E. F., Mitina L. I., Shhipcova A. A. Kiev: Logos (Publ.), 2011, 567 p. (in Ukraine).
18. Prirodnye katastrofy Azovo-Chernomorskogo regiona (Natural disasters of the Azov-Black Sea region) / pod red. Docenko S. F., Ivanova V. A. Sevastopol': NPC JeKOSI-Gidrofizika (Publ.), 2002, 174 p. (in Russian).
19. Pyl'naja burja v Krymu 2012 g, posledstvija i fakty (Dust storm in Crimea 2012, consequences and facts). [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://sun4ase.livejournal.com/720.html>
20. Chornij S. G., Hotinenko O. M. Protideflacijna stijkist' chernozemiv pivdennih u konteksti suchasnih zmin klimatu (Anti-fatal stability of black earths in the south in the context of modern changes in the climate) // *Naukovi osnovi zemlerobstva u zv'jazku z poteplinnjam klimatu*. Nikolaev: MDAU (Publ.), 2010, pp. 84–89. (in Ukraine).