

УДК 631.4
DOI: 10.7868/S25000640210406

ПОГОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ДИНАМИКА УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В КРЫМУ

© 2021 г. В.П. Коба¹, О.О. Коренькова¹

Аннотация. Цель исследования – изучение влияния погодных условий на урожайность зерновых культур в Крыму на основе анализа многолетних метеорологических данных, моделирование и прогноз динамики увлажненности и температурного режима. Наиболее значимыми погодными условиями вегетационного периода при возделывании зерновых культур в Крыму являются уровень атмосферных осадков в апреле и температурный режим мая. На основе анализа многолетних метеорологических показателей выявлена осцилляция данных погодных явлений. Совместное их действие проявляет экологическую когерентность. В годы снижения количества атмосферных осадков в апреле и повышения температуры воздуха в мае значительно усиливается негативное влияние данных погодных явлений на урожайность зерновых культур. В периоды, когда количество осадков в апреле и температурный режим мая по характеристике экологического воздействия находятся в «противофазе», происходит нивелирование их влияния на рост и развитие зерновых культур. Временной интервал осцилляции наиболее критических для возделывания зерновых культур в Крыму периодов уменьшения количества осадков в апреле и повышения температуры воздуха в мае составляет 130–140 лет. Современную динамику погодных явлений в Крыму следует оценивать как начальный этап периода, когда при некотором положительном влиянии увеличения количества осадков в середине весны начинает нарастать негативный эффект действия повышенных температур во второй ее половине. В последнее десятилетие весна в Крыму характеризуется заметным увеличением среднемесячных температур, что определяет сокращение сроков вегетации зерновых и снижение их урожайности.

Ключевые слова: динамика погодных условий, осцилляция, урожайность зерновых культур, Крым.

WEATHER CONDITIONS AND DYNAMICS OF GRAIN CROPS IN CRIMEA

V.P. Koba¹, O.O. Korenkova²

Abstract. The aim of the research was to study the influence of weather conditions on the yield of grain crops in Crimea, based on the analysis of long-term meteorological data, modeling and forecasting the dynamics of moisture content and temperature regime. The most significant weather conditions of the growing season during the cultivation of grain crops in Crimea are the level of precipitation in April and the temperature regime in May. Based on the analysis of long-term meteorological indicators, the oscillation of these weather phenomena is revealed. Their joint action shows ecological coherence. In the years of a decrease in the amount of atmospheric precipitation in April and an increase in air temperature in May, the negative impact of these weather phenomena on the yield of grain crops is significantly increased. During periods when the amount of precipitation in April and the temperature regime in May are in “antiphase” according to the characteristics of the environmental impact, the level of their influence on the growth and development of grain crops is balanced. The time interval of oscillations of the most critical periods for the cultivation of grain crops in Crimea, a decrease in precipitation in April and an increase in air temperature in May, is 130–140 years. The current dynamics of weather phenomena in Crimea should be assessed as the initial stage of the period when, with a certain positive effect of an increase in precipitation in mid-spring, the negative effect of increased

¹ Никитский ботанический сад – Национальный научный центр Российской академии наук (Nikita Botanical Gardens – National Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Yalta, Russian Federation), Российская Федерация, 298648, г. Ялта, пгт Никита, Никитский спуск, 52, e-mail: kobavp@mail.ru, o.o.korenkova@mail.ru

temperatures begins to grow in its second half. In the last decade, spring in Crimea has been characterized by a noticeable increase in average monthly temperatures, which determines a reduction in the growing season of grain crops and a decrease in their yield.

Keywords: weather conditions dynamics, oscillation, yielding capacity, grain crops, Crimea.

ВВЕДЕНИЕ

Выращивание зерновых культур является одним из ведущих направлений растениеводства в Крыму. В комплексе мероприятий, направленных на повышение урожайности сельскохозяйственных культур, важное место принадлежит использованию высокопродуктивных сортов, приспособленных к местным почвенно-климатическим условиям [1–3]. Крым является влагозависимым регионом, находится в зоне рискованного земледелия, погодные условия существенно влияют на урожайность и качество продукции растениеводства. В последние годы в связи с прекращением функционирования Северо-Крымского канала возможности использования искусственного орошения значительно снизились. Поэтому одной из важных задач современного этапа возделывания зерновых культур на территории полуострова является, наряду с совершенствованием системы агротехники, повышение эффективности сельхозпроизводства за счет подбора видов и сортов, по биоэкологическим характеристикам наиболее соответствующим зональным экологическим условиям, в первую очередь по показателям увлажненности и температурного режима. Это позволит снизить зависимость выращивания зерновых культур от погодных условий, улучшить количественные и качественные показатели продуктивности, уменьшить производственные затраты, повысить уровень рентабельности производства [4].

Целью исследования являлось изучение влияния погодных условий на урожайность зерновых культур в Крыму на основе анализа многолетних метеорологических данных, моделирование и прогноз динамики увлажненности и температурного режима.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

При проведении исследования были обработаны литературные и архивные данные об особенностях выращивания зерновых культур в Крыму. Проанализирована статистическая отчетность об объемах площадей возделывания и урожайности

наиболее широко используемых видов зерновых культур [5–10]. По данным Симферопольской метеорологической станции за период 1887–2019 гг. изучены характеристики увлажненности, температурного режима, уровень гидротермического коэффициента (ГТК) Селянинова [11]. Оценено влияние этих факторов на урожайность зерновых культур на территории полуострова в течение 2008–2019 гг. Уровень стабильности урожайности отдельных видов зерновых анализировали, используя общепринятые методы. Количественные результаты наблюдений обрабатывали, применяя методы математической статистики [12]. На основе использования системных, комплексных и сравнительных методов анализа информации проводили ретроспективную оценку погодных явлений, моделировали варианты экологического эффекта сочетания отдельных факторов в связи с различием осцилляции и уровнем действия.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Климатические условия Крыма позволяют выращивать на его территории большинство сельскохозяйственных культур умеренного пояса. Основной отраслью сельского хозяйства республики, особенно в степной зоне, является полеводство. Урожайность зерновых культур, на долю которых в регионе приходится в среднем около 65 % общего объема производства продукции растениеводства, в значительной степени зависит от условий конкретного сезона, варьируя от 14,5 ц/га (2003 г.) до 36,3 ц/га (1990 г.). В 2012–2013 гг. аномальные погодные условия привели к снижению объемов валовой продукции по сравнению с 2011 г. на 19,8 и 20,7 % соответственно [13].

В настоящее время в связи с глобальным изменением климата многолетние данные о погоде являются важным элементом при анализе динамики урожайности и формировании долгосрочного прогноза климатического риска возделывания зерновых культур [14–16]. Оценка влияния погодных условий на урожайность зерновых в Крыму в период с 1995 по 2019 г. показала, что их действие в значительной степени определяется уровнем сухости весеннего

Таблица 1. Посевные площади зерновых в Крыму
Table 1. Sown area of grain in Crimea

Культура Срoп	Посевные площади, га Sown areas, ha				
	2015	2016	2017	2018	2019
Пшеница озимая / Winter wheat	250052,2	276001,5	282788,1	273755,2	296900,0
Пшеница яровая / Spring wheat	2777,1	2225,0	4806,7	6730,9	4000,0
Рожь озимая / Winter rye	944,7	1038,0	1104,9	1332,4	1600,0
Ячмень озимый / Winter barley	124071,8	132084,6	99165,3	111341,4	152600,0
Ячмень яровой / Spring barley	56810,8	55554,1	53849,4	64688,5	48800,0
Овес / Oats	4600,0	5759,4	5536,1	4635,3	3900,0
Просо / Millet	3800,0	2710,2	2243,3	2094,7	3100,0

Таблица 2. Средняя урожайность зерновых культур в Крыму
Table 2. The average yield of grain crops in Crimea

Годы Years	Урожайность, ц/га Yields, c/ha						
	Пшеница Wheat		Ячмень Barley		Рожь озимая Winter rye	Овес Oats	Просо Millet
	озимая winter	яровая spring	озимый winter	яровой spring			
2008	27,4	16,1	29,3	26,9	29,1	20,1	15,4
2009	25,1	15,9	26,2	21,5	18,7	17,3	15,7
2010	21,2	20,7	20,0	13,1	21,3	12,5	22,2
2011	33,4	17,5	29,4	21,8	30,7	18,7	13,5
2012	15,2	14,2	15,1	14,0	21,4	12,9	8,4
2013	14,5	10,4	13,5	10,1	12,1	8,1	10,6
2014	23,2	10,1	23,2	18,3	26,3	10,4	12,3
2015	27,2	17,4	24,8	19,9	32,4	14,9	18,0
2016	27,7	14,8	23,5	25,3	27,7	18,8	18,6
2017	30,6	17,2	29,2	24,0	28,8	17,2	7,9
2018	16,8	10,4	16,9	11,5	13,0	9,3	6,5
2019	28,2	21,2	30,4	19,0	24,9	13,2	11,2
<i>S ± m</i>	24,2 ± 1,8	15,5 ± 1,1	23,5 ± 1,7	18,9 ± 1,6	23,9 ± 1,9	14,5 ± 1,2	13,4 ± 1,4
<i>V, %</i>	25,3	24,1	25,2	29,5	27,9	27,7	35,8

Примечание. *S* – средний показатель; *m* – ошибка среднего показателя; *V* – коэффициент вариации.
Note. *S* – the average; *m* – the error of the average; *V* – the coefficient of variation.

Таблица 3. Фенологические фазы роста и развития наиболее широко используемых в Крыму зерновых
Table 3. Phenological phases of growth and development of the most widely used cereals in Crimea

Культура Срoп	Период Period	
	Апрель April	Май May
Пшеница озимая / Winter wheat	молочная спелость / milk ripeness	восковая спелость / wax ripeness
Пшеница яровая / Spring wheat	колошение, цветение / earing, flowering	молочная спелость / milk ripeness
Рожь озимая / Winter rye	колошение / earing	цветение / flowering
Ячмень озимый / Winter barley	цветение / flowering	молочная спелость / milk ripeness
Ячмень яровой / Spring barley	колошение / earing	цветение / flowering
Овес / Oats	цветение / flowering	молочная спелость / milk ripeness

периода, особенно второй его половины, корреляция урожайности с показателями ГТК Селянинова в мае составила 0,463. Влияние погодных условий летнего периода проявляется в меньшей степени. Наиболее существенное значение имеют осадки в июле, при этом их увеличение негативно отражается на урожайности (коэффициент корреляции составил $-0,519$), что, очевидно, связано с ухудшением условий проведения полевых работ и, соответственно, снижением объемов сбора выращенных зерновых культур.

В связи с ограничением возможностей искусственного орошения определенным интересом представляет оценка влияния отдельных метеорологических элементов на продуктивность различных видов зерновых культур. В Крыму в сельхозпроизводстве широко используют пшеницу, ячмень, рожь, овес, просо. В последние годы наблюдается увеличение посевных площадей данных культур (табл. 1).

В 2019 г. площадь возделывания пшеницы составила 300900,0 га, что на 48070,7 га, или 19,0 %, больше в сравнении с 2015 г. В значительном объеме также выращивают ячмень, в 2019 г. под данную культуру было засеяно 210400,0 га, на 16,3 % больше в сравнении с 2015 г.

Наиболее высокой урожайностью характеризуются озимые пшеница и рожь. В последнее время средние показатели урожайности данных культур составили $24,2 \pm 1,8$ и $23,9 \pm 1,9$ ц/га соответственно. При этом следует отметить, что рожь в условиях Крыма отличается невысоким уровнем ста-

бильности урожая по годам. В 2013 г. ее средняя урожайность была 12,1 ц/га, в 2015 г. – 32,4 ц/га. В целом коэффициент вариации урожайности озимой ржи за период 2008–2019 гг. составил 27,9 %, для озимой пшеницы и ячменя он был 25,3 и 25,2 % соответственно (табл. 2).

Яровые пшеница и ячмень имеют более низкую урожайность в сравнении с озимыми сортами. Это свидетельствует о том, что зерновые культуры поздней вегетации в Крыму формируют свою биомассу в менее благоприятный по погодным условиям период. Наиболее уязвимые к дефициту увлажнения фазы развития яровой пшеницы и ячменя (колошение и цветение) обычно наблюдаются в апреле (табл. 3), на 10–14 дней позже в сравнении с озимыми культурами, когда в Степном Крыму заметно снижается количество атмосферных осадков.

На Крымском полуострове часто переход от низких температур к повышенным занимает сравнительно короткий период и протекает при низком уровне атмосферных осадков на фоне сильных ветров и суховеев, нередко сопровождается воздушными и почвенными засухами [17; 18]. Поэтому выпадение осадков в начале вегетации имеет важное значение в поддержании влаги в почве, накопившейся в осенне-зимний период, и благоприятно влияет на развитие зерновых культур.

В апреле наиболее заметное влияние атмосферные осадки оказывают на состояние посевов озимой пшеницы и ржи (табл. 4). За анализируемый 12-летний период коэффициенты корреля-

Таблица 4. Количество осадков, сумма температур и показатели ГТК весеннего периода
Table 4. Precipitation, sum of temperatures and indicators of hydrothermal coefficient (HTC) in spring period

Годы Years	Март March			Апрель April			Май May		
	Количество осадков, мм / Rainfall, mm	$\sum t > 5^{\circ}$	ГТК HTC	Количество осадков, мм / Rainfall, mm	$\sum t > 5^{\circ}$	ГТК HTC	Количество осадков, мм / Rainfall, mm	$\sum t > 5^{\circ}$	ГТК HTC
2008	49,0	235,6	1,254	36,0	342,3	0,731	49,0	434,7	0,831
2009	30,0	155,0	0,984	2,0	276,5	0,046	30,0	446,4	0,499
2010	36,0	139,5	1,222	14,0	294,8	0,031	17,0	505,3	0,257
2011	9,0	96,1	0,358	59,0	255,7	1,454	45,0	458,8	0,733
2012	29,0	74,4	1,264	15,0	405,1	0,270	38,2	576,6	0,522
2013	48,0	164,3	1,503	26,0	345,2	0,525	2,0	592,1	0,028
2014	22,0	210,8	0,601	13,0	330,6	0,270	18,0	511,5	0,270
2015	46,0	164,3	1,440	37,0	264,3	0,893	121,0	480,5	1,905
2016	31,0	220,1	0,826	58,0	387,5	1,100	99,0	471,2	1,583
2017	33,0	244,9	0,825	72,0	282,2	1,665	73,0	474,2	1,160
2018	32,0	173,6	0,974	5,0	405,4	0,090	34,0	576,6	0,465
2019	17,0	173,6	0,517	33,0	303,6	0,727	13,0	536,3	0,188

ции количества осадков в апреле и урожайности данных культур с высоким уровнем достоверности составили для озимой пшеницы 0,708, озимой ржи – 0,601. Продуктивность яровой пшеницы в меньшей степени определяется атмосферными осадками данного периода, в то время как посевы озимого, ярового ячменя и овса примерно одинаково реагируют на динамику увлажненности в начале вегетационного периода. Корреляция урожайности озимого и ярового ячменя с количеством осадком в апреле составила 0,517 и 0,597 соответственно, для овса этот показатель имеет величину 0,592.

В мае на фоне положительного действия атмосферных осадков все большее влияние начинает приобретать температурный фактор. Повышенные температуры воздуха в конце весеннего периода снижают урожайность большей части зерновых культур. Коэффициенты корреляции урожайности и высоких температур составляют для озимой пшеницы –0,842, для озимого и ярового ячменя –0,787 и –0,853 соответственно, для ярового овса –0,862. В ряде исследований также отмечается негативное влияние высоких температур на урожайность зерновых культур [19]. В последующем влияние погодных условий на рост и развитие зерновых снижается. Таким образом, для используемых в настоящее время в аграрном производстве Крыма зерновых культур наиболее значимыми лимитирующими факторами вегетационного периода являются количество атмосферных осадков в апреле и температурный режим в мае.

Оценка данных Симферопольской метеостанции за период 1887–2019 гг. о количестве осадков в апреле в центральной части Крымского полуострова выявила значительную их изменчивость по годам – от 0 мм в 1903, 1942 и 1971 гг. до 101 мм в 1888 г. В последние три десятилетия также наблюдается заметная вариативность данного показателя – от 2 мм в 2009 г. и 14 мм в 2010 г. до 96 и 74 мм в 1997 и 2017 гг. соответственно. Анализ средних значений количества осадков в апреле по десятилетиям свидетельствует о некоторой цикличности данного явления. Минимумы наблюдались в начале и середине прошлого, в начале нынешнего столетия, максимумы – в 30-е и 90-е гг. прошлого столетия.

С некоторым усреднением длительность циклов снижения и увеличения количества осадков в апреле в центральной части Крымского полуострова следует определять в пределах 60 лет. Погодные ус-

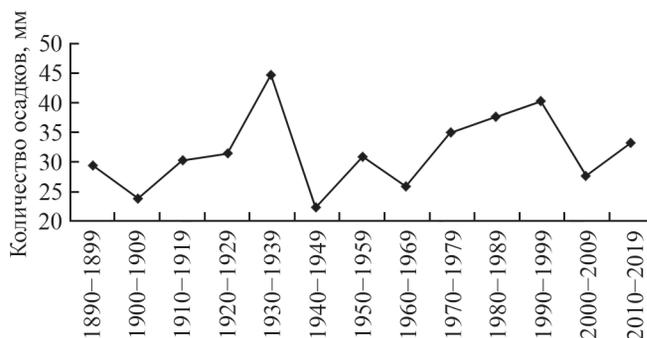


Рис. 1. Количество осадков в апреле в центральной части Крымского полуострова.

Fig. 1. Precipitation in April in the central part of the Crimean Peninsula.

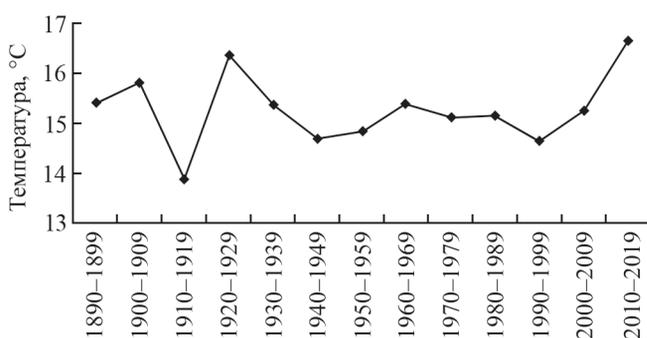


Рис. 2. Динамика средней температуры мая в центральной части Крымского полуострова.

Fig. 2. Dynamics of the average temperature in May in the central part of the Crimean Peninsula.

ловия последнего десятилетия по данному метеорологическому показателю были достаточно благоприятными для возделывания зерновых культур. Оценка кривой, показанной на рисунке 1, позволяет предположить, что в ближайший период количество осадков в апреле в центральной части региона будет в пределах средней многолетней нормы, которая в настоящее время равна 32,0 мм. При этом нельзя исключать их значительную вариативность по годам.

Температурный режим в мае в последние 130 лет также характеризуется значительной изменчивостью (рис. 2). Наиболее низкая средняя температура отмечена во втором десятилетии прошлого столетия (13,9 °C), наиболее высокая – в прошедшем десятилетии текущего столетия (16,7 °C). После холодного периода 20-х гг. XX века было зафиксировано заметное потепление, среднегодовая температура в мае в 30-х гг. составила 16,5 °C. Второй достаточно четко выраженный период снижения температур в мае наблюдался в 90-е гг. прошлого столетия, средняя температура за десятилетие

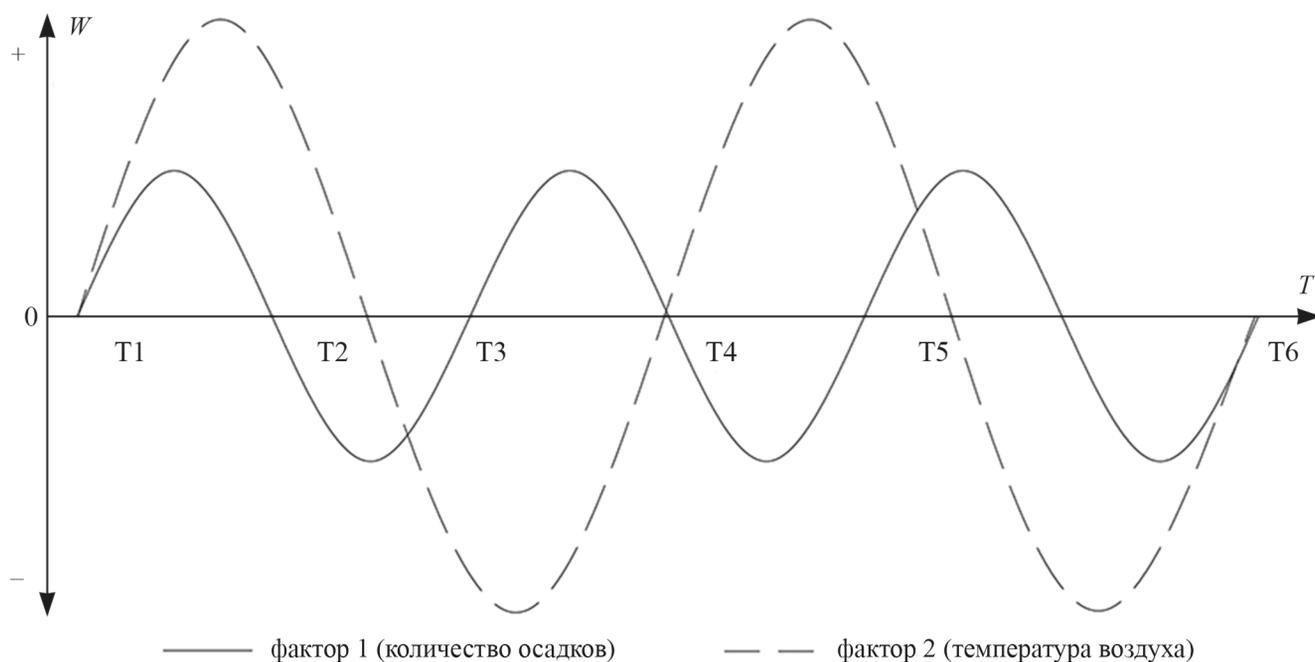


Рис. 3. Модель флуктуации природных явлений: W – уровень и характер воздействия факторов; T – временные интервалы осцилляций.

Fig. 3. The fluctuation model of natural phenomena: W – level and nature of the impact of factors; T – time intervals of the oscillations.

составила $14,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, что ниже многолетней нормы ($15,3\text{ }^{\circ}\text{C}$) на $5,6\%$. Таким образом, временной интервал периодов понижения и повышения средних температур мая ориентировочно составляет 70–80 лет.

Формализуя динамику погодных явлений, можно предложить графическую модель флуктуации экологических факторов, которая позволяет анализировать особенности их влияния во временном масштабе в связи с различием периодов осцилляции, характером и уровнем воздействия (рис. 3). Рассматривая данную модель, следует выделить несколько периодов проявления анализируемых факторов. Первый интервал, $T1-T2$, – когда оба фактора оказывают благоприятное влияние на то или иное явление, при этом эффект положительного действия будет определяться как сумма двух однонаправленных векторов. Применительно к погодным условиям в нашем случае это период, когда в середине весны наблюдается повышение количества осадков (фактор 1), а во второй ее половине – снижение температуры воздуха (фактор 2). В отрезке $T2-T3$ действие фактора 1 приобретает негативный характер, в то время как второй в силу большей длительности осцилляции некоторое время продолжает оказывать положительное влияние. Относительно возделывания зерновых культур в Крыму это годы, когда нега-

тивный эффект уменьшения количества осадков в апреле в той или иной степени компенсируется прохладной погодой мая.

Следующие интервалы, $T3-T4$ и $T4-T5$, характеризуются противоположным действием экологических факторов. Интеграция разнонаправленных явлений в той или иной степени стабилизирует природные процессы. Конечный результат определяется уровнем влияния факторов. В ситуации погодных явлений в центральном Крыму повышение увлажненности в апреле не в полной мере компенсирует увеличение температуры в мае ($T3-T4$), в то время как в противоположной ситуации ($T4-T5$) снижение температуры в мае может перекрыть негативный эффект от ограниченности осадков в апреле.

Последний этап в анализируемой модели ($T5-T6$) характеризует ситуацию, когда два негативных явления реализуются в одном временном интервале. Такая динамика погодных условий наиболее критична при выращивании зерновых. Уменьшение количества осадков в середине весны ограничивает возможности роста и развития зерновых культур, в последующем негативный эффект усиливается увеличением температуры во второй половине весеннего периода.

В целом периоды уменьшения осадков в апреле в сочетании с повышенной температурой воздуха

в мае с некоторым усреднением характеризуются цикличностью 130–140 лет. Современный этап в Крыму можно отнести к началу периода, отраженного на рисунке 3 как Т3–Т4, когда при положительном влиянии увеличения количества осадков в середине весны начинает нарастать негативный эффект действия повышенных температур во второй ее половине.

Следует отметить, что в последнее десятилетие весенний период в Крыму характеризуется заметным увеличением среднемесячных температур: для марта они составили 5,4 °С, что превышает многолетнюю норму (3,9 °С) на 1,5 °С, средняя температура апреля – 10,9 °С, превышение многолетнего показателя (9,7 °С) на 1,2 °С. Данная ситуация снижает возможности эффективного проведения посевных работ в связи со скоротечностью периода, оптимального для сева зерновых, который в сельхозпроизводстве называется «спелостью почвы», определяет сокращение сроков вегетации. Проведение сева в более ранние сроки по увлажненной почве приводит к ее уплотнению, что ухудшает рост и развитие зерновых культур, уменьшает их продуктивность. Это также негативно воздействует на регенерационные процессы в почве, снижает ее плодородие [20].

Большое значение имеют исследования, связанные с селекцией по признаку сокращения сроков вегетации, что обеспечивает возможности эколого-технологической «коррекции» агропроизводства в связи с высокой изменчивостью погодных условий весной. Не исключается дальнейшее развитие земледелия по технологии No-Till, однако необходимо учитывать дополнительные затраты на борьбу с сорняками и грызунами, а также негативные последствия для почвенной среды в связи с увеличением объемов использования гербицидов и родентицидов при применении данной системы выращивания сельскохозяйственных культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Турина Е.Л., Пташник О.П., Кулинич Р.А. 2015. Пути повышения продуктивности зернобобовых в Крыму. *Таврический вестник аграрной науки*. 1(3): 42–45.
2. Козицкая Е.И., Маслич Е.А. 2017. Тенденции развития зерновой отрасли в Республике Крым и его регионах на современном этапе. В кн.: *Eurasia Science. Сборник статей VIII международной научно-практической конференции (Москва, 31 января 2017 г.)*. М., Актуальность. РФ: 279–284.
3. Радченко Л.А., Радченко А.Ф., Ганоцкая Т.Л. 2019. Продуктивность и качество зерна сортов двуручек ячменя при воз-

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее значимыми погодными условиями вегетационного периода для используемых в настоящее время в аграрном производстве Крыма зерновых культур являются количество атмосферных осадков в апреле и температурный режим мая. На основе анализа многолетних метеорологических показателей выявлена осцилляция данных погодных явлений. Совместное их действие проявляет экологическую когерентность. В годы снижения количества атмосферных осадков в апреле и повышения температуры воздуха в мае значительно усиливается негативное влияние данных погодных явлений на урожайность зерновых культур. В периоды, когда количество осадков в апреле и температурный режим мая по характеристике экологического воздействия находятся в «противофазе», происходит нивелирование уровня их влияния на рост и развитие зерновых культур. Временной интервал осцилляции наиболее критических для возделывания зерновых культур в Крыму периодов уменьшения количества осадков в апреле и повышения температуры воздуха в мае составляет 130–140 лет. Современная динамика погодных явлений в Крыму соответствует начальному этапу периода, когда при положительном влиянии большого количества осадков в середине весны проявляется негативный эффект действия повышенных температур во второй ее половине. В последнее десятилетие весенний период в Крыму характеризуется заметным увеличением среднемесячных температур, что сокращает оптимальный для сева период и уменьшает сроки вегетации зерновых культур.

Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ (проект № 19-29-05244 мк «Методологические основы формирования системы сохранения и дистанционной диагностики плодородия агроценозов Крыма»).

- дельвании в условиях Крыма. *Таврический вестник аграрной науки*. 2(18): 78–84. doi: 10.33952/2542-0720-2019-2-18-78-85
4. Адамень Ф.Ф., Паштецкий В.С., Сидоренко А.В. 2011. *Агроэкологические особенности аграрного производства в Крыму*. Клепинино, СПД-ФО Рубинчук О.Ю.: 104 с.
 5. *Сельское хозяйство АР Крым. Статистический сборник*. 2014. Симферополь, Крымстат: 334 с.
 6. *Сельское хозяйство Республики Крым в 2014 году. Статистический сборник*. 2015. Симферополь, Крымстат: 107 с.
 7. *Статистический ежегодник Республики Крым. 2015. 2016*. Симферополь: 218 с.

8. *Статистический ежегодник Республики Крым. 2016.* 2017. Симферополь: 243 с.
9. *Статистический ежегодник. Республика Крым. 2017.* 2018. Симферополь: 329 с.
10. *Статистический ежегодник. Республика Крым. 2018.* 2019. Симферополь: 385 с.
11. Селянинов Г.Т. 1937. Методика сельскохозяйственной характеристики климата. В кн.: *Мировой агроклиматический справочник*. Л. – М., Гидрометеиздат: 5–27.
12. Лакин Г.Ф. 1990. *Биометрия*. М., Высшая школа: 351 с.
13. Онищенко С.К. 2019. Состояние производства зерна в Республике Крым. В кн.: *Анализ тенденций социально-экономического развития Республики Крым*. Симферополь, ПОЛИПРИНТ: 173–183.
14. Kumari P., Kumar P.V., Kumar R., Wadood A., Tirkey D.A. 2017. Effect of weather on grain yield of direct seeded upland rice varieties in Jharkhand, India. *Indian Journal of Agricultural Research*. 51(6): 562–567. doi: 10.18805/IJArE.A-4714
15. Brzozowska I., Brzozowski J., Cymes I. 2018. Effect of weather conditions on spring triticale yield and content of macroelements in grain. *J. Elem.* 23(4): 1387–1397. doi: 10.5601/jelem.2018.23.1.1589
16. Bracho-Mujica G., Hayman P.T., Ostendorf B. 2019. Modelling long-term risk profiles of wheat grain yield with limited climate data. *Agricultural Systems*. 173(C): 393–402. doi: 10.1016/j.agsy.2019.03.010
17. Важов В.И. 1977. Агроклиматическое районирование Крыма. В кн.: *Труды Государственного Никитского ботанического сада. Вып. 71*. Ялта, Таврида: 92–120.
18. Korsakova S., Plugatar Yu., Ilnitsky O., Karpukhin M. 2019. A research on models of the photosynthetic light response curves on the example of evergreen types of plants. *Agronomy Research*. 17(2): 518–539. doi: 10.15159/ar.19.065
19. Tanaka R., Nakano H. 2019. Barley yield response to nitrogen application under different weather conditions. *Sci Rep.* 9: 8477. doi: 10.1038/s41598-019-44876-y
20. Драган Н.А. 2013. Факторы устойчивости почв Крыма к антропогенной деградации. *Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия «География»*. 26(65)(2): 26–37.
21. *Krymu. [Agroecological features of agricultural production in the Crimea]*. Klepinino, Rubinchuk O.Yu.: 104 p. (In Russian).
22. *Selskoe khozyaystvo AR Krym. Statisticheskiy sbornik. [Agriculture of the Autonomous Republic of Crimea. Statistical collection]*. 2014. Simferopol, Krymstat: 334 p. (In Russian).
23. *Sel'skoe khozyaystvo Respubliki Krym v 2014 godu. Statisticheskiy sbornik. [Agriculture of the Republic of Crimea in 2014. Statistical collection]*. 2015. Simferopol, Krymstat: 107 p. (In Russian).
24. *Statisticheskiy ezhegodnik Respubliki Krym. 2015. [Statistical Yearbook of the Republic of Crimea. 2015]*. 2016. Simferopol: 218 p. (In Russian).
25. *Statisticheskiy ezhegodnik Respubliki Krym. 2016. [Statistical Yearbook of the Republic of Crimea. 2016]*. 2017. Simferopol: 243 p. (In Russian).
26. *Statisticheskiy ezhegodnik. Respublika Krym. 2017. [Statistical Yearbook. Republic of Crimea. 2017]*. 2018. Simferopol: 329 p. (In Russian).
27. *Statisticheskiy ezhegodnik. Respublika Krym. 2018. [Statistical Yearbook. Republic of Crimea. 2018]*. 2019. Simferopol: 385 p. (In Russian).
28. Selyaninov G.T. 1937. [Methodology for agricultural characterization of climate]. In: *Mirovoy agroklimateicheskyy spravochnik. [World agroclimatic reference book]*. Leningrad, Moscow, Gidrometeoizdat: 5–27. (In Russian).
29. Lakin G.F. 1990. *Biometriya. [Biometrics]*. Moscow, Vysshaya shkola: 351 p. (In Russian).
30. Onishchenko S.K. 2019. [The state of grain production in the Republic of Crimea]. In: *Analiz tendentsiy sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Krym. [Analysis of trends in the socio-economic development of the Republic of Crimea]*. Simferopol, POLIPRINT: 173–183. (In Russian).
31. Kumari P., Kumar P.V., Kumar R., Wadood A., Tirkey D.A. 2017. Effect of weather on grain yield of direct seeded upland rice varieties in Jharkhand, India. *Indian Journal of Agricultural Research*. 51(6): 562–567. doi: 10.18805/IJArE.A-4714
32. Brzozowska I., Brzozowski J., Cymes I. 2018. Effect of weather conditions on spring triticale yield and content of macroelements in grain. *J. Elem.* 23(4): 1387–1397. doi: 10.5601/jelem.2018.23.1.1589
33. Bracho-Mujica G., Hayman P.T., Ostendorf B. 2019. Modelling long-term risk profiles of wheat grain yield with limited climate data. *Agricultural Systems*. 173(C): 393–402. doi: 10.1016/j.agsy.2019.03.010
34. Vazhov V.I. 1977. [Agroclimatic zoning of the Crimea]. In: *Trudy Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada. Vyp. 71. [Proceedings of the State Nikitskiy Botanical Garden]*. Yalta, Tavrida: 92–120. (In Russian).
35. Korsakova S., Plugatar Yu., Ilnitsky O., Karpukhin M. 2019. A research on models of the photosynthetic light response curves on the example of evergreen types of plants. *Agronomy Research*. 17(2): 518–539. doi: 10.15159/ar.19.065
36. Tanaka R., Nakano H. 2019. Barley yield response to nitrogen application under different weather conditions. *Sci Rep.* 9: 8477. doi: 10.1038/s41598-019-44876-y
37. Dragan N.A. 2013. [Factors of soils stability to anthropogenic degradation of the Crimea]. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Seriya "Geografiya"*. 26(65)(2): 26–37. (In Russian).

REFERENCES

1. Turina E.L., Ptashnik O.P., Kulinich R.A. 2015. [Ways to improve the productivity of legumes in Crimea]. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki*. 1(3): 42–45. (In Russian).
2. Kozitskaya E.I., Maslich E.A. 2017. [Level of development of corn production in Republic Crimea and his regions on the modern period]. In: *EurasiaScience. Sbornik statey VII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. [Collected Papers. VII International Scientific-Practical Conference "EurasiaScience" (Moscow, Russia, 31 January 2017)]*. Moscow, Aktual'nost'. RF: 279–284. (In Russian).
3. Radchenko L.A., Radchenko A.F., Ganotskaya T.L. 2019. [Yield and quality of alternate barley grain cultivated in the Crimea]. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki*. 2(18): 78–84. (In Russian). doi: 10.33952/2542-0720-2019-2-18-78-85
4. Adamen' F.F., Pashtetskiy V.S., Sidorenko A.V. 2011. *Agroekologicheskie osobennosti agrarnogo proizvodstva v*

Поступила 11.05.2021