https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.826-834
УДК 551.524.3:633.1

(cc) BY

Глобальное потепление и изменение условий ведения растениеводства в Среднем Предуралье

© 2021. А. М. Ленточкин✉, Т. А. Бабайцева
ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», г. Ижевск, Российская Федерация

Целью наших исследований являлось установление возможного изменения температурного режима в последние годы (2016-2020) в сравнении со среднемноголетними значениями по метеостанции Ижевск и оценка его влияния на особенности ведения растениеводства в Среднем Предуралье. При проведении исследования были использованы такие методы, как статистический, сравнение, анализ. Установлено, что в Среднем Предуралье в последние пять лет происходило потепление: сумма температур выше +10 °С в среднем увеличилась на 70 °С, составив 2138 °С, что позволяет уверенно выращивать сорта яровых зерновых культур раннеспелой и среднеспелой групп. Каждый вегетационный период характеризуется своей индивидуальностью, положительными и отрицательными отклонениями от среднемноголетних значений как в целом, так и отдельные его промежутки. Увеличение суммы температур привело к более раннему переходу средней суточной температуры весной через +5 °С на 4 сут, а осенью – к более позднему переходу на 2 сут, удлинив вегетационный период на 6 сут. Это обеспечивает более раннее возобновление вегетации весной и более позднее прекращение вегетации озимых культур, а также возможность раннего начала полевых работ с яровыми культурами весной. Проведённые расчёты показали, что между урожайностью зерна сортов яровой пшеницы и показателем гидротермического коэффициента (ГТК) имеются различные корреляционные связи – нейтральные, средние и сильные положительные. Однако между средней урожайностью зерна яровой пшеницы в хозяйствах всех категорий Удмуртской Республики и ГТК установлена сильная положительная корреляционная связь (r = +0,73).

Ключевые слова: *сумма температур воздуха, гидротермический коэффициент, продолжительность вегетационного периода*

***Благодарности*:** работа выполнена в рамках плана научно-исследовательской работы ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия» (тема АААА-А17-117122040015-0).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

***Конфликт интересов*:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

***Для цитирования*:** Ленточкин А. М., Бабайцева Т. А. Глобальное потепление и изменение условий ведения растениеводства в Среднем Предуралье. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(6):826-834.
DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.826-834

Поступила: 29.07.2021 Принята к публикации: 17.11.2021 Опубликована онлайн: 15.12.2021

Global warming and change in the conditions of crop production practices in the Middle Cis-Urals

© 2021. Alexander M. Lentochkin✉, Tanyana A. Babaytseva
Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russian Federation

The aim of the research is to establish a possible change in the temperature regime of recent years (2016-2020) as compared to the long-term average annual values of the Izhevsk weather station and the assessment of the effect of this change on the specific features of crop production practices in the Middle Cis-Urals. Statistical method, comparison and analysis were used during the research. It has been established, that in the Middle Cis-Urals for the recent five years the warming has been recorded: the sum of temperatures higher than +10 °C has increased by 70 °C on the average and reached 2138 °C that provides growing the varieties of early-ripening and mid-season spring cereals. Every vegetation period is characterized by its own specific features, positive and negative deviations from the long-term average annual values both over the whole period and during some of its intervals. The rise in the sum of temperatures resulted in the 4 days earlier transition of the average daily temperature in spring over +5 °C , in autumn it led to 2 days later transition, that made the vegetation period by 6 days longer. It provides an earlier vegetative renewal in spring and a later stop in vegetation of winter crops as well as the possibility of an earlier start of field work with spring crops in spring. The calculations have proved that between the grain yield of spring wheat varieties and the hydrothermal coefficient (HTC) indicator there are different kinds of correlative relationships – neutral, average and strong positive ones. However, between the average yield of spring wheat grain on the farms of all categories in the Udmurt Republic and HTC, a strong positive correlative relationship (r = +0.73) has been established.

Keywords: *sum of air temperatures; hydrothermal coefficient; duration of vegetation period*

Acknowledgements: the research was carried out within the framework of the research work of the Izhevsk State Agricultural Academy (theme No. AAAA-A17-117122040015-0).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declared no conflict of interest.

For citations: Lentochkin A. M., Babaytseva T. A. Global warming and change in the conditions of crop production practices in the Middle Cis-Urals. Agrarnaya *nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(6):826-834. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.826-834

Received: 29.07.2021 Accepted for publication: 17.11.2021 Published online: 15.12.2021

Наступление глобального потепления очевидно: за последнее столетие средняя температура поверхности земного шара увеличилась на 0,6 °C (±0,2 °C)[1]; на Урале с 1832 по 2006 год среднегодовая температура воздуха повысилась на 1,5 ºC [1]. По данным отечественных метеорологов, средняя скорость потепления для суши Северного полушария за 1901-2012 гг. составила +0,105 °C/10 лет, а за 1976-2012 гг. – ещё выше, достигнув значения +0,328 °C/10 лет [2].

В качестве начала современного активного потепления метеорологами условно выбран 1976 год. По оценке Росгидромета, скорость потепления для периода 1976-2020 гг. в среднем по России значительно превосходит среднюю по земному шару и составляет +0,51 °C/10 лет, в том числе по временам года это выглядело следующим образом: зима +0,48 °C/10 лет, весна +0,66 °C/10 лет, лето +0,39 °C/10 лет, осень +0,50 °C/10 лет; по территории Европейской части России соответственно +0,55; +0,72; +0,44; +0,46 и +0,55 °C/10 лет. Очевидно, что наиболее быстрый рост температур для территории Российской Федерации наблюдается весной, а для её Европейской части – зимой [3].

На территории земледельческой зоны Российской Федерации в 2020 г. по сравнению с более ранним периодом 2000-2019 гг. температура воздуха, как правило, зимой повысилась на 4,2 °C, весной – на 1,8 ºC, летом – на 0,1 ºC, осенью – на 1,4 ºC; в Приволжском федеральном округе зимой – на 5,4 ºC, весной – на 1,3 ºC, осенью – на 0,4 ºC, а летом понизилась на 0,1 ºC. Закономерности отклонений периода 2000-2019 гг. отличаются по временам года от периода за 1976-2020 гг.: наибольшее потепление по территории России наблюдалось в зимний период, в Приволжском федеральном округе летом проявился отрицательный тренд [3].

Глобальное потепление привело в России к уменьшению степени континентальности климата [2], повышению летней температуры воздуха в Приволжском федеральном округе с 1970 по 2012 год примерно на 1 °C, что улучшило теплообеспеченность вегетационного периода [4].

Анализ расчётных средних месячных температур воздуха в центральной части территории Удмуртской Республики с 1900 по 2014 год позволил выявить, что среднегодовая температура воздуха имела волнообразные изменения: в течение периода 1900-1909 гг. снизилась на 0,07 ºC, 1909-1929 гг. – повысилась на 0,63 ºC, 1929-1944 гг. – понизилась на 0,38 ºC, 1944-1957 гг. – повысилась на 0,22 ºC, 1957-1968 гг. – понизилась на 0,17 ºC, 1968-2011 гг. – повысилась на 1,65 ºC. Подобная закономерность прослеживается и по средней летней температуре воздуха: в течение периода 1900-1913 гг. – понизилась на 0,33 ºC, 1913-1933 гг. – повысилась на 0,98 ºC, 1933-1946 гг. – понизилась на 0,52 ºC, 1946-1955 гг. – повысилась на 0,20 ºC, 1955-1973 гг. – понизилась на 0,94 ºC, 1973-2014 гг. – повысилась на 2,04 ºC. Обращает на себя внимание значительное повышение в последние десятилетия как средней годовой, так и средней летней температуры воздуха [5].

Наибольший вклад в годовое повышение эквивалентно-эффективной температуры (рассчитывается на основании значений температуры воздуха, скорости ветра и влажности воздуха) на территории Удмуртской Республики вносит холодный период (с октября по март), средняя скорость эквивалентно-эффективной температуры в этот период равна 0,98 °C/10 лет; особенно быстро увеличение происходит в январе – на 1,4 °C/10 лет. В летний период эквивалентно-эффективная температура растёт почти в два раза медленнее, чем в зимний – на 0,56 °C/10 лет; наименьшая скорость наблюдается в июле – на 0,43 °C/10 лет [6].

[1]Climate scenarios for agriculture. [Электронный ресурс]. URL: https://www.agr.gc.ca/eng/agriculture-and-the-environment/climate-change-and-agriculture/climate-scenarios-for-agriculture/?id=1329321981630 (дата обращения: 26.04.2021).

Реакция растений на каждый тип изменения температуры опосредуется фотосинтетической активностью в накоплении биомассы, которая обеспечивает как рост растений, так и фенологические, и морфологические изменения, происходящие в процессе развития растений. Так, при повышении средней температуры на 1 °С урожайность основных видов культур может снизиться на 5-10 %, так как растения при повышенных температурах быстрее завершают цикл роста. Выявлено, что фотосинтез С3-растений (к ним относятся основные зерновые культуры, выращиваемые в России – пшеница, ячмень, овёс и др.), более чувствительны к повышенным температурам, чем сельскохозяйственные культуры С4-типа (такие как кукуруза, просо)[2].

Изменения климата, происходящие на фоне роста численности населения, увеличения спроса на продукты питания и корма, изменения рациона и модели питания, производства биотоплива – всё это приведёт в ближайшие десятилетия к изменению аграрного сектора в мире и Европе [7]. В настоящее время для европейских стран коэффициент использования имеющихся климатических ресурсов изменяется от 33 % для Франции до 45 % для Англии. Для России этот коэффициент составляет в среднем всего 15 %, изменяясь от 26 % для территории Северного Кавказа до 10-15 % для Северо-Западного региона. Очевиден большой нереализованный адаптивный потенциал сельского хозяйства России, значительный резерв адаптивного потенциала выращиваемых сельскохозяйственных культур, для повышения которого необходимо использование современных сортов, конструирование высокопродуктивных и экологически устойчивых агрофитоценозов, оптимизация соотношения посевов озимых и яровых культур [2]. Для обеспечения большей устойчивости сельскохозяйственных культур в экстремальных условиях следует также корректировать территориальное размещение культур, сроки посева [7, 8]. Изменением срока посева выращиваемых культур можно достичь лучшей влажности почвы, более благоприятных условий течения метаболических процессов, что способствует в конечном итоге повышению урожайности и качества продукции [9].

Основой стратегии адаптивной интенсификации сельского хозяйства России должно стать ускоренное развитие аграрного сектора экономики Нечернозёмной зоны, где достаточная влагообеспеченность посевов гарантирует более стабильную продуктивность растениеводства [2].

Цель исследований – провести анализ изменения температурного режима в Среднем Предуралье за 2016-2020 годы в сравнении со среднемноголетними значениями и оценить его влияние на сроки посева и приёмы ухода за посевами основных зерновых культур.

Новизна исследований. На основании ежесуточных значений температуры приземного слоя воздуха рассчитаны за вегетационные периоды 2016-2020 гг. суммы положительных температур, суммы температур выше +5 ºС и выше +10 ºС, определено изменение дат возобновления и прекращения вегетации, рассчитаны значения гидротермического коэффициента по обновлённым данным и коэффициентов корреляции урожайности сортов яровой пшеницы со значением ГТК.

Материал и методы. Объектом исследования были открытые для доступа данные среднесуточной температуры воздуха с апреля по октябрь за 2016-2021 гг., размещённые на сайте справочно-информационного портала «Погода и климат»[3] по метеостанции «Ижевск», расположенной на широте 56.83, долготе 53.45, высоте над уровнем моря 159 м. Применяемые методы исследования – статистический, сравнение, анализ.

Результаты и их обсуждение. На основании среднесуточных значений температуры воздуха тёплого периода года последних пяти лет (2016-2020 гг.) были построены полиномиальные линии тренда шестой степени, которые сглаживают ежесуточные колебания показателя и позволяют выявить общую закономерность динамики температуры за рассматриваемые годы. Полученные тренды сравнивались с нормой (среднемноголетними значениями) (рис.).

С установлением средней суточной температуры воздуха выше +5 ºС полностью оттаивают почвы лёгкого и среднего гранулометрического состава и начинается вегетация озимых культур. По многолетним данным это происходит 20 апреля[4]. Однако по годам в последние пять лет наблюдаются значительные отклонения от указанной даты (табл. 1).

[2]Climate-smart crop production. [Электронный ресурс]. URL: http://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b1-crops/b1-overview/en/?type=111 (дата обращения: 26.04.2021).
[3]Погода и климат. Климатический монитор. Погода в Ижевске. Температура воздуха и осадки [Электронный ресурс]. URL: http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=28411&month=4-10&year=2016-2021 (дата обращения: 10.07.2021).

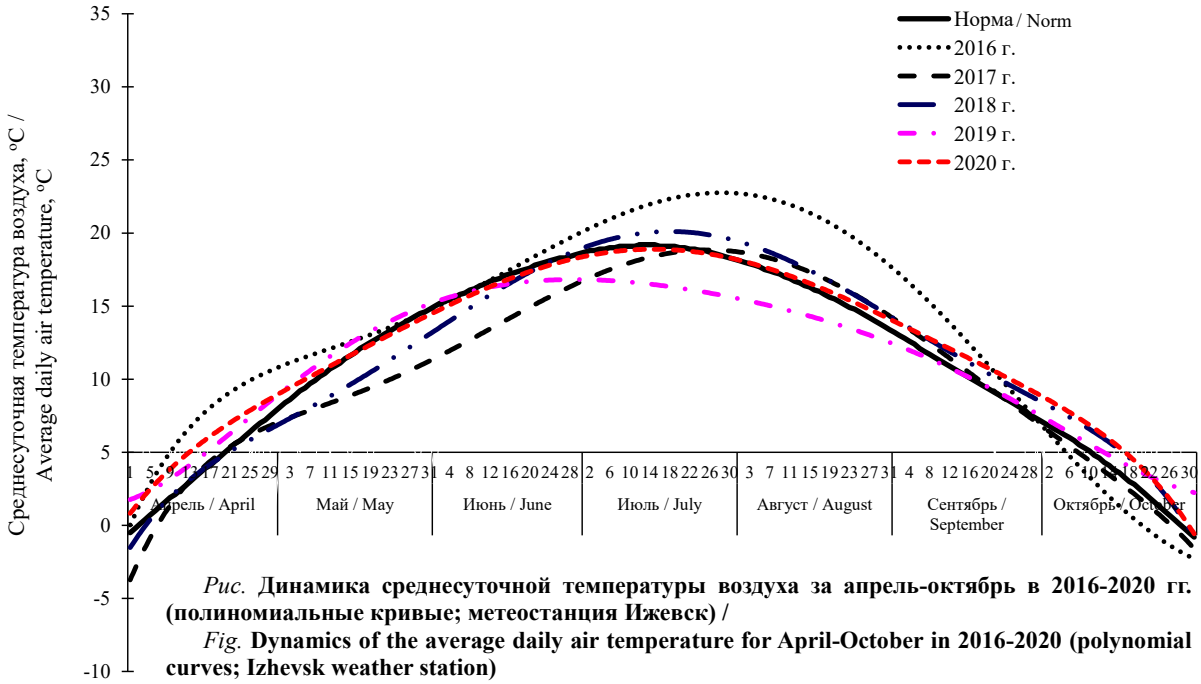

Рис. **Динамика среднесуточной температуры воздуха за апрель-октябрь в 2016-2020 гг. (полиномиальные кривые; метеостанция Ижевск) /**
Fig. **Dynamics of the average daily air temperature for April-October in 2016-2020 (polynomial curves; Izhevsk weather station)**

Таблица 1 – **Сроки возобновления весенней и прекращения осенней вегетации основных сельскохозяйственных культур в 2016-2020 гг. (по данным метеостанции Ижевск) /**
Table 1 – **The terms of spring vegetative renewal and stop in autumn vegetation of the main agricultural crops in 2016-2020 (according to the Izhevsk weather station data)**

Год / Year	*Срок перехода среднесуточной температуры через +5 °С / The date of the transition of the average daily temperature over +5 °С*			
	весна / in spring		*осень / in autumn*	
	дата / date	*отклонение, сут / deviation, day*	*дата / date*	*отклонение, сут / deviation, day*
Норма / Norm	20 апреля / 20th, April	-	10 октября / 10th, October	-
2016	09 апреля / 9th, April	+11	05 октября / 5th, October	-5
2017	19 апреля/ 19th, April	+1	08 октября / 8th, October	-2
2018	21 апреля / 21st, April	-1	17 октября / 17th, October	+7
2019	17 апреля / 17th, April	+3	13 октября / 13th, October	+3
2020	13 апреля / 13th, April	+7	17 октября / 17th, October	+7
Среднее / Average	16 апреля / 16th, April	+4	12 октября / 12th, October	+2

В 2016 г. весной переход среднесуточной температуры через +5 °С отмечен 9 апреля, т. е. на 11 сут раньше, чем по многолетним данным. В последующие годы наблюдались отклонения от многолетних значений на 1-7 сут. В среднем за прошедшие 5 лет возобновление весенней вегетации происходило на 4 сут раньше среднемноголетних значений. Эти данные согласуются с результатами, полученными другими исследователями. Дата перехода среднесуточной температуры воздуха через +5 °С весной на территории Российской Федерации в 2020 г. наступила раньше, чем в 2000-2019 гг., на 7 сут, в Приволжском федеральном округе – раньше на 3 сут. Продолжительность периода с температурой выше +5 °С наблюдали на территории Российской Федерации больше на 12 сут, в Приволжском федеральном округе – на 10 сут [3].

Осенью при переходе среднесуточной температуры воздуха ниже +5 °С прекращается вегетация озимых культур. По многолетним значениям метеостанции Ижевск это происходит 10 октября. Прекращение осенней вегетации в 2016 и 2017 гг. происходило раньше соответственно на 5 и 2 сут, в 2018-2020 гг. – на 3-7 сут позднее. В среднем за прошедшие 5 лет прекращение осенней вегетации происходило на 2 сут позднее.

[4]Агроклиматические ресурсы Удмуртской АССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 115 с.

Продолжительность вегетационного периода, считая интервал между датами перехода среднесуточной температуры воздуха через +5 ºС весной и осенью, по годам изменялась на различные величины и даже разнонаправленно. В 2017 г. эта продолжительность была меньше на 1 сут, чем многолетние значения, в 2020 г. – больше на 14 сут. В среднем за последние 5 лет продолжительность вегетационного периода увеличилась на 6 сут.

Сопоставляя полиномиальные линии тренда динамики среднесуточной температуры воздуха шестой степени за последние 5 лет с линией среднемноголетних значений, следует отметить, что каждый из исследуемых вегетационных периодов характеризуется своей индивидуальностью. В 2016 г. с начала вегетации до третьей декады мая, затем с середины июня и до конца сентября среднесуточная температура воздуха значительно превышала норму. В 2017 г. с конца апреля до третьей декады июля среднесуточная температура была ниже нормы, а затем до середины сентября – выше нормы. В 2018 г. с начала вегетации до конца июня среднесуточная температура воздуха была ниже, а последующий период – выше нормы. В 2019 г. среднесуточная температура воздуха с начала вегетационного периода до начала июня была выше нормы, затем до середины сентября – ниже и далее до конца вегетационного периода – выше нормы. В 2020 г. с начала вегетации до второй декады мая среднесуточная температура воздуха превышала норму, затем до середины августа – была близка к норме и далее до конца вегетационного периода вновь превышала норму.

В 2021 г. среднесуточная температура воздуха в Среднем Предуралье была выше нормы: апрель – на 1,4 ºС, май – на 4,6 ºС, июнь – на 3,3 ºС[5].

Скорость метаболических процессов в растении, объёмы накопления синтезируемых продуктов и величина урожайности культур в значительной степени определяются суммой температур. Для типичных культур умеренной зоны наибольший интерес представляют сумма положительных температур, сумма температур выше +5 °С и +10 °С. На основании проведённых расчётов получены следующие значения сумм температур за последние 5 лет (табл. 2).

Таблица 2 – **Сумма среднесуточных температур воздуха в 2016-2020 гг. (по данным метеостанции Ижевск)[6]/**
Table 2 – **The sum of average air temperatures in 2016-2020 (according to the Izhevsk weather station data)**

Год / Year	*Сумма среднесуточных температур выше / The sum of average temperatures higher than*					
	0 °С		*+5 °С*		*+10 °С*	
	значение / value	*отклонение / deviation*	*значение / value*	*отклонение / deviation*	*значение / value*	*отклонение / deviation*
Норма / Norm	2479	-	2387	-	2068	-
2016	2890	+411	2841	+454	2471	+403
2017	2334	-145	2208	-179	1891	-177
2018	2542	+63	2447	+60	2102	+34
2019	2429	-50	2324	-63	2005	-63
2020	2619	+140	2535	+148	2221	+153
Среднее / Average	2563	+84	2471	+84	2138	+70

По метеостанции Ижевск норма суммы положительных температур составляет 2479 °С, суммы температур выше +5 °С – 2387 °С, выше +10 °С – 2068 ºС. В 2017 и 2019 гг. все эти суммы были ниже, а в 2016, 2018 и 2020 гг. – выше нормы. В среднем за прошедшие пять лет все суммарные значения температур превысили норму: суммы положительных температур и выше +5 °С – на 84 °С, сумма температур выше +10 °С – на 70 °С, составив 2138 °С. Для сравнения, в Российской Федерации сумма температур выше +5 °С за последнее двадцатилетие к 2020 г. увеличилась на 150 °С, а выше +10 °С – на 117 °С; по Приволжскому федеральному округу суммы температур соответственно повысились на 30 °С и понизились на 35 °С [3].

[5]Погода и климат. Климатический монитор. Погода в Ижевске. Температура воздуха и осадки [Электронный ресурс]. URL: http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=28411&month=4-6&year=2021 (дата обращения: 10.07.2021).
[6]Расчёты проведены на основании данных ежесуточной средней температуры воздуха, размещённых на сайте. URL: http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=28411&month=4-10&year=2016-2021

Средние скорости изменения сумм температур в Приволжском федеральном округе за 1976-2012 гг. составили: сумма температур выше +5 ºС – 124 ºС × сут/10 лет; сумма температур выше +10 ºС – 112 ºС × сут/10 лет, а продолжительность этого периода увеличилась на 3,8 сут/10 лет [3].

В восточном районе центральной климатической зоны Кировской области, примыкающей к Удмуртской Республике, за период с 1970 по 2020 год отмечена устойчивая трендовая направленность среднегодовой температуры воздуха при скорости роста 0,39 °С/10 лет. В последние два десятилетия среднегодовая температура была выше нормы на 0,7…2,6 °С [10].

Исследованиями, проведёнными В. Н. Степановым в середине XX века, установлено, что сельскохозяйственные культуры предъявляют различные требования к биологическому минимуму температуры на разных этапах развития растения. Например, для яровой пшеницы биологическим минимумом при формировании вегетативных органов является +4…+5 °С, а при формировании генеративных органов и плодоношении – +10…+12 °С[7]. Поэтому при расчёте суммы активных температур для яровой пшеницы, как правило, используют сумму температур выше +10 °С.

Чем более позднеспелым является сорт, тем большая сумма активных температур ему требуется:[7] для раннеспелых сортов яровой пшеницы – 1100-1400 °С, среднеспелых – 1400-1700 ºС, позднеспелых – 1600-1800 °С.

Сумма активных температур (выше +10 °С) в южной агроклиматической зоне Удмуртской Республики за последние пять лет составила в пределах 1891-2471 °С (см. табл. 2). Если учесть, что яровые зерновые культуры в Среднем Предуралье обычно высевают в разные годы с середины апреля до середины мая, а убирают в августе, то сумма активных температур с 1 мая по 31 августа – типичный период выращивания яровых зерновых культур – составила от 1672 ºС в 2017 г. до 2189 ºС в 2016 г., а в среднем за 2016-2020 гг. – 1867 ºС. Полученные данные по теплообеспеченности вегетационных периодов свидетельствуют о возможности выращивания сортов яровой пшеницы как раннеспелой, так и среднеспелой групп. Подобный вывод сделан и по Кировской области[8].

Кроме температурного, в жизни растений большую роль играет и фактор влаги. Показателем, обобщающим эти два фактора, является гидротермический коэффициент (ГТК) увлажнения Селянинова. В таблице 3 приведены расчёты, выполненные на основании ежесуточных данных температур выше +10 °С и выпавших атмосферных осадков в течение вегетационного периода.

Таблица 3 – **Значения гидротермического коэффициента в 2016-2020 гг. по южному агроклиматическому району Удмуртской Республики (метеостанция Ижевск) /**
Table 3 – **The values of hydrothermal coefficient in 2016-2020 over the southern agroclimatic region of the Udmurt Republic (Izhevsk weather station)**

Год / Year	*Сумма температур выше +10 ºС, умноженная на коэффициент 0,1[9]/ The sum of temperatures higher than +10 ºС, multiplied by coefficient 0.1[9]*	*Сумма осадков за период с температурой выше +10 ºС, мм / Precipitation amount for the period with temperature higher than +10 ºС, mm*	*ГТК / HTC*
Норма / Year	206,8	200-225[10]	1,0-1,2[11]
2016	247,1	155	0,63
2017	189,1	324	1,72
2018	210,2	177	0,84
2019	200,5	307	1,53
2020	222,1	212	0,95
Среднее / Average	213,8	235	1,10

[7]Степанов В. Н. Растения и среда. М.: Знание, 1964. 48 с.
[8]Яровая мягкая пшеница в Кировской области. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 1999. 58 с.
[9]Агроклиматические ресурсы Удмуртской АССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. С. 15.
[10]Там же. С. 22.
[11]Там же. С. 17.

Согласно справочным данным, южный агроклиматический район Удмуртской Республики, занимающий около половины её территории, характеризуется значениями ГТК = 1,0-1,2. Это классифицируется как оптимальные условия увлажнения. За последние 5 лет в среднем значение ГТК составило 1,1, что укладывается в типичный диапазон этого параметра. Однако по годам были получены значительные колебания. Так, в 2016, 2018 и 2020 годы значение ГТК было соответственно 0,63 (низкая влагообеспеченность), 0,84 и 0,95 (недостаточная влагообеспеченность), 2017 и 2019 год имели ГТК соответственно 1,72 и 1,53 и характеризовались избыточно влажными. Для сравнения, анализ значений ГТК за пятидесятилетний период на территории Ульяновской области показал тенденцию уменьшения величины коэффициента ГТК [11].

Наши наблюдения о негативном влиянии на урожайность яровой пшеницы высокой температуры и дефицита осадков в июне подтверждены в исследованиях, проведённых в Кировской области, которые показали, что майско-июньские осадки определяли величину урожайности яровых зерновых культур [12]. Кроме того, было установлено, что между средней урожайностью яровой пшеницы и температурой воздуха в июне имеется сильная отрицательная корреляционная связь (r = -0,74), а с количеством осадков в этот период – сильная прямая (r = 0,69) [10].

Анализ корреляционных связей урожайности в 2016-2020 гг. на территории Удмуртской Республики сортов яровой пшеницы, полученных на Можгинском ГСУ (южный агроклиматический район), и средней урожайности яровой пшеницы в хозяйствах всех категорий со значениями гидротермического коэффициента, рассчитанными в таблице 3, показал следующие результаты (табл. 4).

Таблица 4 – **Корреляционная связь урожайности сортов яровой пшеницы с гидротермическим коэффициентом на Можгинском ГСУ и в хозяйствах всех категорий Удмуртской Республики /**
Table 4 – **Correlative relationship between the yield of spring wheat varieties on Mozhgino State Variety Test Plot and on the farms of all categories of the Udmurt Republic with hydrothermal coefficient**

Сорт / Variety	*Урожайность, ц/га / Yield, c/ha*						*Коэффициент корреляции / Correlation coefficient*
	2016 г.	*2017 г.*	*2018 г.*	*2019 г.*	*2020 г.*	*среднее / average*	
Омская 36 / Omskaya 36	44,6	48,1	37,0	43,1	34,9	41,5	0,54
Иргина / Irgina	40,6	46,2	35,0	43,4	35,2	40,1	0,76
Свеча / Svecha	43,2	44,0	35,4	46,5	36,7	41,2	0,58
Ульяновская 105 / Uliyanovskaya 105	56,8	57,5	42,6	39,6	43,5	48,0	0,01
Черноземноуральская 2 / Chernozemnouralskaya 2	55,7	58,0	44,4	55,2	43,4	51,3	0,52
Экада 109 / Ekada 109	46,7	53,2	39,9	47,9	44,5	46,4	0,74
Среднее по ГСУ / Average by the State Variety Test Plot	47,9	51,2	39,1	46,0	39,7	44,8	0,53
Средняя по Удмуртской Республике[12] / Average by the Udmurt Republic	13,3	19,9	17,9	20,6	20,2	18,4	0,73

Во-первых, сорта характеризуются разным уровнем потенциала урожайности и разной способностью его реализации в различных условиях формирования. Поэтому, если раннеспелый сорт Иргина и среднеспелый сорт Экада 109 показали положительную сильную корреляционную связь с ГТК (соответственно 0,76 и 0,74), то среднеранний сорт Омская 36, раннеспелый сорт Свеча, среднеспелый Черноземноуральская 2 – положительную среднюю корреляционную связь с ГТК (соответственно 0,54; 0,58 и 0,52); среднеспелый сорт Ульяновская 105 не проявил какой-либо зависимости урожайности от ГТК. В среднем выявлена положительная средняя корреляционная зависимость урожайности зерна от ГТК.

[12]Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по Удмуртской Республике в 2020 году: [издание официальное]: статистический бюллетень: в 3 частях. Федеральная служба государственной статистики, Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Удмуртской Республике. Ижевск: Удмуртстат, 2021.

Во-вторых, урожайность зерна яровой пшеницы в среднем по Удмуртской Республике в хозяйствах всех категорий имела со значением ГТК сильную положительную корреляционную зависимость (r = +0,73), т. е. уровень урожайности яровой пшеницы тем выше, чем выше влагообеспеченность вегетационного периода культуры при невысокой его теплообеспеченности.

Выводы. 1. В Среднем Предуралье в 2016-2020 гг. в сравнении с многолетними значениями происходило потепление: сумма положительных температур увеличилась в среднем на 84 °С, составив 2563 °С; сумма температур выше +5 °С – увеличилась на 84 °С, составив 2471 °С; сумма температур выше +10 °С – увеличилась на 70 °С, составив 2138 °С. Повышение теплообеспеченности региона позволяет уверенно выращивать сорта яровой пшеницы как раннеспелой, так и среднеспелой групп.

2. Несмотря на общий тренд повышения температуры, каждый вегетационный период характеризуется своей индивидуальностью, положительными и отрицательными отклонениями от нормы как в целом, так и в отдельные его промежутки.

3. Увеличение суммы температур привело к более раннему переходу средней суточной температуры весной через +5 °С на 4 сут, а осенью – к более позднему переходу на 2 сут, удлинив вегетационный период в среднем на 6 сут. Это обеспечивает раннее возобновление вегетации весной и позднее прекращение вегетации озимых культур, а также возможность более раннего начала полевых работ с яровыми культурами весной.

4. Между средней урожайностью зерна яровой пшеницы в хозяйствах всех категорий Удмуртской Республики и ГТК установлена сильная положительная корреляционная связь (r = +0,73).

Список литературы

1. Адаптивное земледелие на Среднем Урале: состояние, проблемы и пути их решения. Под общ. ред. Н. Н. Зезина, А. Н. Семина. Екатеринбург: ИРА УТК, 2010. 338 с.

2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 1008 с. Режим доступа: https://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2016/od2/od2full.pdf

3. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. М., 2021. 104 с. Режим доступа: http://www.meteorf.ru/upload/pdf_download/doklad_klimat2020.pdf

4. Переведенцев Ю. П., Шанталинский К. М., Важнова Н. А., Наумов Э. П., Шумихина А. В. Изменения климата на территории Приволжского федерального округа в последние десятилетия и их взаимосвязь с геофизическими факторами. Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о земле. 2012;(4):122-135. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=18303770

5. Переведенцев Ю. П., Шанталинский К. М., Шумихина А. В. Долгопериодные изменения температуры воздуха в Удмуртии на фоне изменений температуры в умеренной зоне Северного полушария. Проблемы региональной экологии и географии: мат-лы II Всеросс. научн.-практ. конф. с международным участием. Ижевск, 2017. С. 28-31.

6. Переведенцев Ю. П., Шумихина А. В. Динамика биоклиматических показателей комфортности природной среды в Удмуртской Республике. Ученые записки Казанского университета. Серия: естественные науки. 2016;158(4):531-547. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=28363462

7. Calderone L. Effects of Extreme Weather on Farming. AgritechTomorrow: Online Trade Magazine Agricultural Technology and Precision Farming. 12/26/18. Available at: https://www.agritechtomorrow.com/article/2018/06/top-article-for-2018-effects-of-extreme-weather-on-farming/10806 (accessed 27.04.2021).

8. Arora N. K. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. Environmental Sustainability. 2019;2:95-96. DOI: https://doi.org/10.1007/s42398-019-00078-w

9. Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe. European Environment Agency. 2019. 108 p. URL: https://www.eea.europa.eu/publications/cc-adaptation-agriculture

10. Лыскова И. В., Суховеева О. Э., Лыскова Т. В. Влияние локального изменения климата на продуктивность яровых зерновых культур в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;22(2):244-253. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.244-253

11. Карпович К. И., Шарипова Р. Б., Сабитов М. М. Агроклиматические показатели Ульяновской области. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2016;(3(35)):9-13. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=26706931

12. Абашев В. Д., Попов Ф. А., Носкова Е. Н. Влияние минеральных удобрений и погодных условий на урожайность яровых зерновых культур в Кировской области. Методы и технологии в селекции растений в растениеводстве: мат-лы IV Международ. научн.-практ. конф. Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2018. С. 208-211.

References

1. *Adaptivnoe zemledelie na Srednem Urale: sostoyanie, problemy i puti ikh resheniya*. [Adaptive agriculture in the Middle Urals: state, problems and ways to solve them]. *Pod obshch. red*. N. N. Zezina, A. N. Semina. Ekaterinburg: *IRA UTK*, 2010. 338 p.

2. *Vtoroy otsenochnyy doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii*. [The second evaluation report of Roshydromet on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation]. Moscow: *Rosgidromet*, 2014. 1008 p. URL: https://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2016/od2/od2full.pdf

3. *Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2020 god*. [Report on climate features in the territory of the Russian Federation for 2020]. Moscow, 2021. 104 p. URL: http://www.meteorf.ru/upload/pdf_download/doklad_klimat2020.pdf

4. Perevedentsev Yu. P., Shantalinskiy K. M., Vazhnova N. A., Naumov E. P., Shumikhina A. V. *Izmeneniya klimata na territorii Privolzhskogo federal'nogo okruga v poslednie desyatiletiya i ikh vzaimosvyaz' s geofizicheskimi faktorami*. [Changes of the climate in Privolzhsky federal district in the recent decades and their relationship to geophysical factors]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o zemle* = Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences. 2012;(4):122-135. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=18303770

5. Perevedentsev Yu. P., Shantalinskiy K. M., Shumikhina A. V. *Dolgoperiodnye izmeneniya temperatury vozdukha v Udmurtii na fone izmeneniy temperatury v umerennoy zone Severnogo polushariya*. [Long-period changes in air temperature in Udmurtia against the background of temperature changes in the temperate zone of the Northern hemisphere]. *Problemy regional'noy ekologii i geografii: mat-ly II Vseross. nauchn.-prakt. konf. s mezhdunarodnym uchastiem*. [Problems of regional ecology and geography: Mat-ly II All-Russian Scientific and practical conference with international participation]. Izhevsk, 2017. pp. 28-31.

6. Perevedentsev Yu. P., Shumikhina A. V. *Dinamika bioklimaticheskikh pokazateley komfortnosti prirodnoy sredy v Udmurtskoy Respublike*. [The dynamics of the bioclimatic indices of environmental comfort in the Udmurt Republic, Russia]. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya: estestvennye nauki*. 2016;158(4):531-547. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=28363462

7. Calderone L. Effects of Extreme Weather on Farming. AgritechTomorrow: Online Trade Magazine Agricultural Technology and Precision Farming. 12/26/18. Available at: https://www.agritechtomorrow.com/article/2018/06/top-article-for-2018-effects-of-extreme-weather-on-farming/10806 (accessed 27.04.2021).

8. Arora N. K. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. Environmental Sustainability. 2019;2:95-96. DOI: https://doi.org/10.1007/s42398-019-00078-w

9. Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe. European Environment Agency. 2019. 108 p. URL: https://www.eea.europa.eu/publications/cc-adaptation-agriculture

10. Lyskova I. V., Sukhoveeva O. E., Lyskova T. V. *Vliyanie lokal'nogo izmeneniya klimata na produktivnost' yarovykh zernovykh kul'tur v usloviyakh Kirovskoy oblasti*. [The influence of local climate change on the productivity of spring cereals in the Kirov region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;22(2):244-253. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.244-253

11. Karpovich K. I., Sharipova R. B., Sabitov M. M. *Agroklimaticheskie pokazateli Ul'yanovskoy oblasti*. [Agroclimate factors of Ulyanovsk region]. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2016;(3(35)):9-13. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=26706931

12. Abashev V. D., Popov F. A., Noskova E. N. *Vliyanie mineral'nykh udobreniy i pogodnykh usloviy na urozhaynost' yarovykh zernovykh kul'tur v Kirovskoy oblasti*. [The influence of mineral fertilizers and weather conditions on the yield of spring grain crops in the Kirov region]. *Metody i tekhnologii v selektsii rasteniy v rastenievodstve: mat-ly IV Mezhdunarod. nauchn.-prakt. konf.* [Methods and technologies in plant breeding in crop production: Proceedings of the IV International scientific and practical conf.]. Kirov: *FANTs Severo-Vostoka*, 2018. pp. 208-211.

Сведения об авторах

✉ **Ленточкин Александр Михайлович,** доктор с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой плодоовощеводства и защиты растений, ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», ул. Студенческая, д. 11, г. Ижевск, Российская Федерация, 426069, e-mail: rector@izhgsha.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0256-489X, e-mail: agroplod@izhgsha.ru

Бабайцева Татьяна Андреевна, доктор с.-х. наук, доцент, профессор кафедры растениеводства, земледелия и селекции, ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», ул. Студенческая, д. 11, г. Ижевск, Российская Федерация, 426069, e-mail: rector@izhgsha.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3784-0025**

Information about the authors

✉ **Alexandr M. Lentochkin,** DSc in Agricultural sciences, professor, Head of the Department of Fruit and Vegetable Growing and Plant Protection, Izhevsk State Agricultural Academy, Studencheskaya street, 11, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426069, e-mail: rector@izhgsha.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0256-489X,**
e-mail: agroplod@izhgsha.ru

Tatyana A. Babaytseva, DSc in Agricultural Science, associate professor, professor at the Department of Plant Growing, Agriculture and Breeding, Izhevsk State Agricultural Academy, Studencheskaya street, 11, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426069, e-mail: rector@izhgsha.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-3784-0025**

✉ – Для контактов / Corresponding author