

УДК:631/635 : 633.1,551.583

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР, ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ВЕГЕТАЦИОННОГО И БЕЗМОРОЗНОГО ПЕРИОДОВ

© 2024 Р.Б. Шарипова, М.В. Петров

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н.С. Немцева,
г. Ульяновск, Россия

Статья поступила в редакцию 14.06.2024

Исследования проводили с целью оценки особенностей теплого периода и связи его характеристик с урожайностью зерновых культур в Ульяновской области. Сведения о датах перехода температур воздуха через 0, +5, +10 °С весной и осенью; продолжительности периодов; суммах активных температур; опасных экологических явлениях – заморозках брали из метеорологических ежегодников за 1990–2019 гг., об урожайности зерновых – из данным Росстата. Для изучения многолетних изменений продолжительности периодов по шести метеостанциям (Инза, Сурское, Ульяновск, Димитровград, Сенгилей и Канадей) использовали разложение в ряды Фурье, методы дискриминантного, корреляционного и тренд анализа. Переходы через 0 °С весной наступают в регионе в среднем 29 марта, осенью – 09 ноября при продолжительности периода 225 дней, переходы через +5 °С – 14 апреля и 18 октября (188 дней), через +10 °С – 28 апреля и 29 сентября (154 дня), при средней сумме активных температур 2499 °С, достаточной для полного обеспечения теплом не только зерновых культур, но и раннеспелых гибридов кукурузы на зерно, зернового сорго, соргосуданковых гибридов. Продолжительность безморозного периода под влиянием Куйбышевского водохранилища увеличивается в окрестностях станций Ульяновск и Канадей, что следует учитывать при ведении сельскохозяйственного производства на этих территориях (использование культур и сортов с более длительным периодом вегетации). На остальной части области происходит его заметное сокращение, что, в свою очередь приводит к ограничениям для формирования максимального урожая.

Ключевые слова: даты перехода температуры, продолжительность теплого периода, сумма активных температур, заморозки, урожайность.

DOI: 10.37313/2782-6562-2024-3-2-51-58

EDN: OBRRJP

ВВЕДЕНИЕ.

Климат оказывает огромное влияние на сельское хозяйство и проявляется в изменении частоты и интенсивности погодных аномалий и экстремальных явлений [1, 2, 3]. Использование метеорологической информации в расчетах, анализах и обобщениях, оперативных оценках текущих метеорологических условий, а также при определении особенностей роста, развития и продуктивности сельскохозяйственных культур дает возможность научно обосновать перспективы развития аграрного производства. Кроме того, это позволяет определить целесообразность и возможность возделывания новых сельскохозяйственных культур, составить их оптимальный набор, рассчитать вероятность производства определенного ко-

личества сельскохозяйственной продукции необходимого качества, оценить биологическую эффективность и сельскохозяйственный потенциал региона [4, 5, 6].

Цель исследований – оценка особенностей теплого периода (дат устойчивого перехода средней суточной температуры через 0, +5, +10 °С; продолжительности этих периодов; сумм активных температур; опасных экологических явлений – заморозков) за 1990–2019 гг., а также связи этих характеристик с урожайностью зерновых культур на территории Ульяновской области.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Сведения о датах устойчивого перехода через пороговые значения, заморозков и сумм активных температур взяты из метеорологических ежегодников за 1990–2019 гг. В качестве статистической информационной основы исследований использовали данные Росстат [7, <http://www.gks.ru>].

Датой устойчивого перехода температуры воздуха через определенную градацию считали тот день, после которого возвращения на более низ-

Шарипова Разиде Бариевна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела земледелия и технологий возделывания с.-х. культур.

E-mail: rezedasharipova63@mail.ru

Петров Максим Вячеславович, научный сотрудник отдела земледелия и технологий возделывания с.-х. культур.

E-mail: maxim120198@yandex.ru

кий уровень не отмечали, или оно было, но сумма положительных отклонений средней суточной температуры от соответствующей градации превышала сумму отрицательных отклонений.

Для выделения систематической составляющей изменений агроклиматических ресурсов на территории области построены линейные тренды для всех метеостанций:

$$y(t) = \alpha t + b,$$

где $y(t)$ – сглаженное значение агроклиматических ресурсов на момент времени t ($t = 1, 2, 3, \dots, n$); α – угловой коэффициент наклона линии тренда (КНЛТ), который характеризует скорость изменения температуры; b – свободный член (начальное значение линии тренда). Положительная величина коэффициента α указывает на повышение, а отрицательное – на понижение.

Статистическую значимость линейного тренда оценивали с использованием критерия Стьюдента и по величине квадрата коэффициента корреляции (коэффициент детерминации). Величина R^2 отражает вклад линейного тренда в общую изменчивость температуры. Изменение температуры считали статистически значимым, если уровень вероятности превышал 95 % ($P \geq 0,95$). При объеме выборки 30 лет и более это соответствует величине $R^2 > 0,08$ [8].

В работе использовали методы дискриминантного и корреляционного анализа (Уланова Е. С., Забелин В. Н. *Методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. С. 21–35*). Для исследования многолетних изменений периодической функции трансформации кривой продолжительности периодов по шести метеостанциям (Инза, Сурское, Ульяновск, Димитровград, Сенгилей и Канадей) использовали разложение в ряды Фурье, а также методы дискриминантного, корреляционного и тренд анализа. Достоверность оценивали с использованием критериев Фишера и Стьюдента [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Главная специфика растениеводства – сезонность. Сельскохозяйственные культуры формируют урожай только в фазе активной вегетации и в безморозный период [9], а климати-

ческая составляющая аграрного производства во многом определяется метеорологическими условиями начала вегетационного периода, среди основных характеристик которого можно назвать дату устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С [10, 11]. Весенние процессы в Ульяновской области начинаются с наступлением положительных суточных температур в среднем 28 марта (таблица 1).

С переходом температуры через +5 °С, которое чаще всего наблюдается 13...15 апреля начинается вегетация озимых и весенне-полевые работы. Активный рост и развитие сельскохозяйственных растений происходят при температуре +10 °С, наступление которой фиксируют на всей территории области в конце третьей декады апреля (27.04). Средняя продолжительность весеннего периода (между датами перехода температуры воздуха через 0 °С и 10 °С) – 30 дней (с 28 марта по 27 апреля).

За начало осеннего периода принято считать переход температуры через 10 °С в сторону понижения (окончание активной вегетации). В период между датами переходов средней суточной температуры воздуха через 10 °С и 5 °С заканчиваются уборочные работы и проводится обработка почвы. Его продолжительность в среднем составляет 19 дней (с 27.09 по 16.10).

Переход температуры через +5 °С в сторону понижения означает прекращение вегетации озимых. Далее до наступления среднесуточной температуры 0 °С происходит закалка озимых и переход их к зимнему покою. Длится этот период в среднем 19 дней (с 16.10 по 04.11).

От продолжительности периода активной вегетации и обеспеченности его теплом и влагой зависит рост и развитие сельскохозяйственных культур, степень их вызревания и урожайность. В условиях региона он продолжается в среднем 154 дня (с 27.04 по 27.09), с варьированием от 127 до 188 дней (1990 и 1991 гг. соответственно). Длительность периода с положительными (выше 0 °С) температурами составляет 225 дней, с эффективными (выше +5 °С) – 188 дней. Корреляционная связь между продолжительностью периода с положительными температурами и урожайностью составляет 0,354.

Таблица 1. Даты перехода средней суточной температуры воздуха в Ульяновской области через 0, +5, +10 °С весной и осенью и продолжительность этих периодов (дни) за 1990–2019 гг.

Дата перехода	Весна			Осень		
	0 °С	+5 °С	+10 °С	+10 °С	+5 °С	0 °С
Средняя	28.03	14.04	27.04	27.09	16.10	04.11
Наиболее ранняя (год)	12.03 (2002 г.)	01.04 (2008 г.)	06.04 (2008 г.)	09.09 (1993 г.)	22.10 (2013 г.)	09.11 (2014 г.)
Наиболее поздняя (год)	18.04 (1998 г.)	26.04 (2015 г.)	23.05 (1990 г.)	22.10 (1991 г.)	31.10 (2002 г.)	11.12 (2008 г.)

В годы исследований длительность указанных периодов возросла вследствие их начала весной на 1...2 дня раньше и завершения осенью на 3...5 дней позже (таблица 2). По этой причине продолжительность теплого (+0°C весной и осенью) периода увеличилась на 4 дня, длительность вегетации посевов озимых (+5°C, весной и осенью) – на 6 дней, продолжительность активной фазы развития растений (+10°C, весной и осенью) – на 5 дней. В результате межсезонные погодные явления размываются, особенно весной, что затрудняет посев теплолюбивых культур. В отдельные годы продолжительность весенних и осенних периодов могут как ускоряться, так и затягиваться. Так, даты перехода через 0 °C весной отмечали с 12 марта (2002 г.) по 18 апреля (1998 г.), через +5 °C – с 1 апреля (2008 г.) по 26 апреля (2015 г.), через +10°C – с 6 апреля (2088 г.) по 6 мая (1990 г.). Максимальная за годы исследований продолжительность теплого периода (269 дней) отмечена в 2008 г., минимальная (189 дней) – в 2014 г. Длительность периода с температурой выше +5 °C варьировала от 208 дней в 2008 г. до 163 дней в 2014 г., с активной температурой – от 188 дней в 1991 г. до 127 дней в 1990 г.

Сумма активных температур как показатель совокупной потребности растений в тепле была введена в агрометеорологии Реомюром еще в 1734 г. Позднее Г. Т. Селянинов применил этот показатель для оценки обеспеченности теплом

периода активной вегетации сельскохозяйственных культур [12]. Изолиния суммы температур, равная 2200 °C, определяет северную границу территории, где в 90 % лет могут созревать ранние сорта кукурузы [13].

По результатам анализа временного хода суммы активных температур отмечен положительный тренд (таблица 3). Сумма активных ($t > 10$ °C) температур воздуха в среднем по Ульяновской области за 30 лет увеличилась на 200...270 °C. Соответственно, происходит рост теплообеспеченности и увеличение продолжительности вегетационного периода, что расширяет возможности возделывания теплолюбивых культур и распространение культур с более длительным периодом вегетации для развития в регионе высокоинтенсивного хозяйства западно-европейского типа. В связи с этим возникает необходимость в создании новых сортов зерновых культур, более устойчивых к изменяющимся климатическим условиям, особенно – к высоким температурам [13].

Средняя сумма активных температур за 1990–2019 гг. в Ульяновской области составляет 2499 °C, в межгодовом ходе ее повышение отмечается во все годы исследований (рис. 1).

Самая высокая сумма активных температур зафиксирована в 2010 г. (Канадей – 3129 °C), самая низкая – в 1990 г. (Инза – 2112 °C). С 2000 по 2009 гг. ход практически выровнялся, а с 2010 г. характеризовался наиболее резкими скачка-

Таблица 2. Изменение статистических характеристик периодов со среднесуточной температурой воздуха выше +0, +5, +10 °C

Среднесуточная температура воздуха, °C	Весна			Осень			Изменение продолжительности периода		
	КНЛТ*, дн./30 лет	СКО**,	коэффициент аппроксимации	КНЛТ, дн./30 лет	СКО	коэффициент аппроксимации	Дни	СКО	коэффициент аппроксимации
0°	-1	8,9	0,0383	3	12,4	0,0556	4	12,3	0,0327
5°	-1	7,5	0,0034	5	8,4	0,0662	6	8,2	0,1060
10°	-2	8,8	0,0024	3	8,5	0,0178	5	10,3	0,0306

* – коэффициент наклона линейного тренда, ** – среднее квадратическое отклонение

Таблица 3. Средние значения сумм активных температур (°C) Ульяновской области по десятилетиям за 1990–2019 гг.

Пункт	Годы			Среднее
	1990–1999	2000–2009	2010–2019	
Инза	2348	2415	2454	2372
Сурское	2417	2519	2528	2438
Ульяновск	2457	2600	2635	2496
Димитровград	2534	2647	2711	2564
Сенгилей	2522	2638	2656	2550
Канадей	2546	2635	2683	2573
Среднее	2471	2576	2611	2499

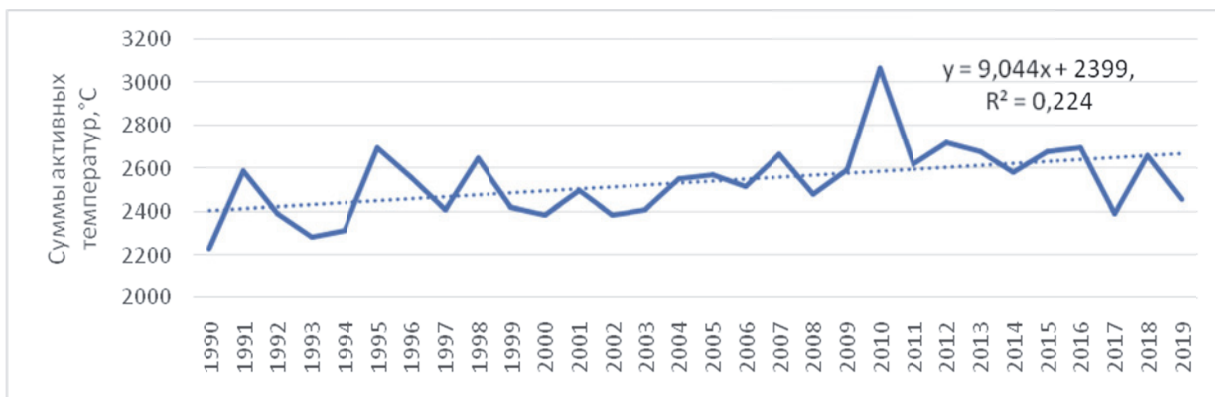


Рис. 1. Многолетняя динамика сумм активных температур за 1990–2019 гг. в Ульяновской области

ми и падениями. Корреляционная связь между урожайностью зерновых культур и суммой активных температур отрицательная и составляет -0,326.

По данным ряда исследователей, несмотря на увеличение продолжительности периода вегетации, во многих районах длительность периодов без заморозков не меняется. Напротив, отмечено его сокращение в среднем на 5...15 дней. В подобной ситуации, вместо возможного положительного эффекта от увеличения периода вегетации, могут иметь место весьма негативные для сельского хозяйства последствия, связанные с поражением растений заморозками [12, 14, 15].

Весенние заморозки в Ульяновской области наблюдаются с мая по июнь. По многолетним данным, средняя дата последнего заморозка на территории региона варьирует с 5 (Ульяновск, Сенгилей) по 16 мая (Инза). Однако в отдельные годы они могут наблюдаться в середине июня (таблица 4), что создает неблагоприятные усло-

вия для роста и развития сельскохозяйственных культур, ограничивает возможности использования климатических ресурсов вегетационного периода в аграрном производстве.

Особенно опасны поздние весенние заморозки. Растения ко времени их возможного наступления иногда достигают средних фаз развития, поэтому подобные резкие и неожиданные похолодания могут оказать губительное воздействие. Известно [14], например, что в посевах зерновых культур с потенциальной урожайностью 2,0 т/га и выше, потери достигают 0,4...0,5 т/га, а в Инзе, Сурском и Канадее, где повторяемость и интенсивность заморозков довольно значительны, они могут быть еще более значительными.

Осенние воздушные заморозки на северо-западе и на юге региона проявляются в среднем в начале третьей декады сентября, в Димитровграде – 28 сентября, Сенгилее – 2 октября, что объясняется тепляющим влиянием

Таблица 4. Даты наступления последних весенних и первых осенних заморозков и продолжительность безморозного периода в Ульяновской области

Пункт	Дата заморозка						Продолжительность безморозного периода, дней		
	последнего весной			первого осенью			средняя	Минимальная	Максимальная
	средняя	ранняя	поздняя	средняя	ранняя	поздняя			
Инза	16.05.	07.04. 1995	16.06. 2018	21.09.	25.08. 2015	12.10. 2016	128	94 (1997 г.)	163 (1995 г.)
Сурское	12.05.	07.04. 1995	12.06. 2018	25.09.	01.09. 1997	15.10. 2011	135	106 (1997 г.)	177 (1994 г.)
Ульяновск	05.05.	06.04. 1991	30.05. 2002	28.09.	04.09. 1994	15.10. 2011	146	118 (1991 г.)	183 (1990 г.)
Димитровград	08.05.	03.04. 2001	02.06. 2018	28.09.	04.09. 1994	17.10. 2011	143	113 (1993 г.)	185 (2016 г.)
Сенгилей	05.05.	05.04. 1995	25.05. 2019	04.10.	08.09. 2010.	30.10. 1991	153	121 (2002 г.)	186 (2016 г.)
Канадей	13.05.	05.04. 1995	01.06. 2018	27.09.	03.09. 2015	30.10. 1991	137	103 (2018 г.)	184 (1991 г.)
Среднее по области	10.05.	03.04. 2001	16.06. 2018	27.09.	25.08. 2015	30.10. 1991	140	94 (2018 г.)	186 (2016 г.)

Куйбышевского водохранилища. В отдельные годы заморозки отмечали в начале последней пятидневки августа (Инза – 25.08.2015 г.) и в первой пятидневке сентября (Сурское – 01.09.1997 г., Канадей – 03.09.2015 г.). Средняя по метеостанциям области продолжительность безморозного периода составляет 128...153 дня, максимальная в отдельные годы достигает 186 дней (Сенгилей, 2016 г.), минимальная – 94 дня (Инза, 1997 г.). Средняя по области дата последних весенних заморозков – 10 мая, первых осенних – 27 сентября.

В Инзе и Ульяновске значительных изменений дат последних заморозков весной по десятилетиям не отмечено, а первые заморозки осенью сместились на более поздние сроки на 6...12 дней (таблица 5). В Дмитровграде весной заморозки с десятилетиями смещались на

более ранние сроки с 13 мая (1990–2000 гг.) на 4 мая (2010–2019 гг.), в Сурском – на более позднее (соответственно по десятилетиям с 12 мая на 17 мая), осенью – на более поздние сроки на 9...12 дней. В Сенгилее и Канадее изменения весной и осенью по десятилетиям были не столь значительны.

Как показывает анализ параметров линейного тренда (таблица 6), весной даты заморозков смещаются на более поздние, а осенью – на более ранние сроки. Уменьшение продолжительности безморозного периода на один день, происходит в Инзе, Сурском, Дмитровграде и Сенгилее. В Ульяновске и Канадее наблюдается тренд положительный с незначительной достоверностью.

Таким образом, представленные материалы позволяют охарактеризовать пространственно-

Таблица 5. Средние значения дат последнего весеннего и первого осеннего заморозков в воздухе по десятилетиям

Годы	Инза		Сурское		Ульяновск		Дмитровград		Сенгилей		Канадей	
	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень
1990–1999	17.05	18.09	12.05	21.09	07.05	21.09	13.05	21.09	07.05	04.10	14.05	29.09
2000–2009	15.05	22.09	08.05	22.09	29.04	28.09	06.05	29.09	06.05	02.10	11.05	28.09
2010–2019	17.05	24.09	17.05	30.09	06.05	03.10	04.05	03.10	04.05	05.10	15.05	26.09
Среднее	16.05	21.09	12.05	25.09	05.05	28.09	08.05	28.09	05.05	04.10	13.05	27.09

Таблица 6. Изменчивость дат заморозков и продолжительности безморозного периода за 1990–2019 гг.

Пункт	Весна		Осень		Продолжительность безморозного периода	
	КНЛТ	коэффициент достоверности	КНЛТ	коэффициент достоверности	КНЛТ	коэффициент достоверности
Инза	0,134	0,004	-0,078	0,004	-0,023	0,001
Сурское	0,347	0,062	0,185	0,299	-0,239	0,016
Ульяновск	0,125	0,004	0,504	0,225	0,294	0,019
Дмитровград	0,532	0,062	0,442	0,161	-0,227	0,014
Сенгилей	-0,125	0,002	-0,073	0,002	-0,198	0,008
Канадей	0,077	0,003	-0,250	0,026	0,077	0,002
Среднее по области	0,097	0,005	0,148	0,029	-0,012	0,002

временные закономерности изменений сроков окончания и начала заморозков в воздухе. Наблюдающееся в зависимости от месторасположения территории увеличение и уменьшение продолжительности вегетационного периода, происходящее на фоне глобального потепления, в Ульяновской области под влиянием утепляющего эффекта Куйбышевского водохранилища сопровождается тенденцией увеличения продолжительности безморозного периода вегетации на станциях Ульяновск и Канадей. На станциях Инза, Сурское, Димитровград, Сенгилей наблюдается ее сокращение.

Корреляционная связь между урожайностью и весенними или осенними заморозками не существенна (0,193...0,252). Такое незначительное влияние объясняется тем, что они приходятся на период посевных работ и всходов яровых зерновых культур, которые выдерживают температуры до -9...-10 °С (таблица 7). Однако такое значительное ее понижение очень редко отмечают в Ульяновской области, в основном заморозки не превышают -1...-4 °С и не представляют угрозы для растений.

Анализ динамики урожайности зерновых культур в Ульяновской области за 1990–2019 гг. свидетельствует о ее повышении на 0,75 т/га (рис. 2). Это свидетельствует о том, что глобальное и региональное изменение климата оказывают положительное влияние на агроклиматические ресурсы и продуктивность сельскохозяйственных культур.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Средняя по метеостанциям Ульяновской области продолжительность периода с положительными (> 0 °С) температурами составляет 224 дня, с температурами выше +5 °С – 187 дней, выше +10 °С – 155 дней. Продолжительность переходного периода с величиной этого показателя от 0 °С до +5 °С весной составляет 17 дней, осенью – 18 дней, от +5 °С до +10 °С – соответственно 13 и 19 дней. Продолжительность вегетационного периода из года в год увеличивается, что может иметь положительное значение для распространения культур и сортов с более продолжительным периодом вегетации и, соответственно, повышенной продуктивностью. В последние три десятилетия за вегетационный период в среднем накапливается 2499 °С активных температур, которых достаточно для полного обеспечения теплом не только зерновых культур, но и более теплолюбивых раннеспелых гибридов кукурузы на зерно, зернового сорго, сорго-суданковых гибридов. В динамике продолжительности безморозного периода существенных изменений, которые могли бы оказать влияние на урожайность зерновых культур, не наблюдается. В общем, изменение регионального климата за последние три десятилетия, оказывают положительное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур.

Таблица 7. Критические температуры воздуха для сельскохозяйственных культур в различные фазы их развития, °С [12]

Культура	Фаза развития, °С		
	всходы	цветение	созревание
Яровая пшеница	-9...-10	-1...-2	-2...-4
Овес	-8...-9	-1...-2	-2...-4
Ячмень, горох	-7...-8	-1...-3	-2...-4

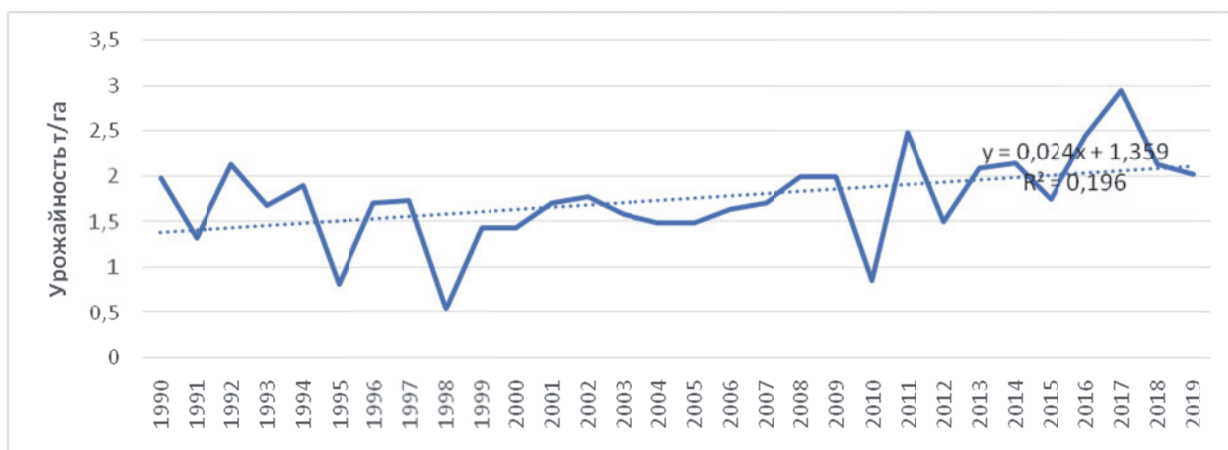


Рис. 2. Динамика средней урожайности зерновых культур в Ульяновской области за 1990–2019 гг., т/га

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. М.: Росгидромет, 2020. 97 с.
2. Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 года и дальнейшую перспективу / под ред. В. М. Катцова, Б. Н. Порфирьева. М.: Д'АРТ: Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова, 2011. С. 220–252.
3. *Мохов, И.И.* Погодно-климатические аномалии в российских регионах и их связь с глобальными изменениями климата // *Метеорология и гидрология* / В.А. И.И. Мохов, Семёнов // 2016. № 2. С. 16–28.
4. *Павлова, В.Н.* Оценка степени уязвимости территории и климатического риска крупных неурожайев зерновых культур в зерносеющих регионах России / В.Н. Павлова, С.Е. Варчева // *Метеорология и гидрология*. 2017. № 8. С. 39–50.
5. *Хлебникова, Е.И.* Изменение показателей экстремальности термического режима в XXI в.: ансамблевые оценки для территории России / Е.И. Хлебникова, Ю.Л. Рудакова, И.А. Салль и др. // *Метеорология и гидрология*. 2019. № 3. С. 11–24.
6. *Переведенцев, Ю.П.* Современные тенденции изменения климата в Приволжском федеральном округе / Ю. П. Переведенцев, Н. А. Важнова, Э. П. Наумов и др. // *Георесурсы*. 2012. № 6 (48). С. 19–24.
7. Сельское хозяйство Ульяновской области / Отдел экономических программ, анализа и ценообразования Департамента сельского хозяйства. Министерство агропромышленного комплекса и развития сельских территорий Ульяновской области. Ульяновск: Печатный двор, 2019. С. 5–30.
8. *Груза, Г.В.* Структура изменчивости наблюдаемого климата. Температура воздуха Северного полушария / Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова. Л.: Гидрометеоздат, 1980. 72 с.
9. *Садоков, В.П.* Определение весенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С, +5 °С, их прогноз и оценка / В. П. Садоков, В. Ф. Козельцева, Н. Н. Кузнецова // *Труды Гидрометцентра России*. 2012. Вып. 348. С. 162–172.
10. *Садоков, В.П.* Особенности дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через +5 °С, 0 °С осенью на Европейской территории России и юго-западной части Западной Сибири / В. П. Садоков, В. Ф. Козельцева, Н. Н. Кузнецова // *Труды Гидрометцентра России*. 2013. Вып. 350. С. 228–241.
11. *Сиротенко, О.Д.* Оценка влияния изменений климата на сельское хозяйство методом пространственно-временных аналогов / О.Д. Сиротенко, В.Н. Павлова // *Метеорология и гидрология*. 2003. № 8. С. 89–99.
12. *Шарипова, Р.Б.* Тенденции изменения климата и агроклиматических ресурсов Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур: Монография / Р. Б. Шарипова. Ульяновск: УлГТУ, 2020. 137 с.
13. *Бардин, М.Ю.* Современные изменения приземного климата по результатам регулярного мониторинга / М. Ю. Бардин, Э. Я. Ранькова, Т. В. Платова и др. // *Метеорология и гидрология*. 2020. № 5. С. 29–45.
14. *Катцов, В.М.* Вероятностное сценарное прогнозирование регионального климата как основа разработки адаптационных программ в экономике Российской Федерации / В.М. Катцов, Е.И. Хлебникова, И.М. Школьник и др. // *Метеорология и гидрология*. 2020. № 5. С. 46–58.

THE INFLUENCE OF MODERN CHANGES IN CLIMATE RESOURCES ON THE PRODUCTIVITY OF GRAIN CROPS, THE DURATION OF THE GROWING AND FREEZE PERIODS

© 2024 R.B. Sharipova, M.V. Petrov

Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,
Ulyanovsk Research Institute of Agriculture named, Ulyanovsk, Russia

The article presents the results of assessing the features of the warm period: the dates of the stable transition of the average daily temperature through the threshold values (0, +5, +10 °C), their duration, the values of the sum of active temperatures, dangerous environmental phenomena-frosts in the Ulyanovsk region for 1990–2019, and also shows the relationship of these characteristics with the yield of grain crops. Climate data is taken from meteorological yearbooks for 1990–2019. (issue 12). The data of Rosstat are used as a statistical information base [<http://www.gks.ru>], as well as the results of research on the development of agro-industrial production in Russia and the Department of Agriculture of the Ulyanovsk region. To study the long-term changes in the periodic transformation function of the period duration curve for six stations (InzaSurskoye, Ulyanovsk, Dimitrovgrad, Sengiley, and Canadey), Fourier series expansion was used and the parameters of the best sinusoidal approximation, correlation, trend, and discriminant analysis were determined. It is revealed that the spring transitions in the region after 0°With spring coming in the last days of March (29.03), and autumn at the end of the first decade of November (09.11), the average duration of the warm period lasts 225 days, although in some years they can manifest from October 18 to December 11. Duration of the period between dates +5°With spring and autumn, it is 188 days (14.04–18.10). The active vegetation of plants begins on April 28 and in the period up to September 29, during 154 days, they accumulate an average of 2499°C of active temperatures, which is sufficient to fully provide heat not only for grain crops, but also make it possible to cultivate late-maturing crops, such as early-maturing hybrids of corn for grain, grain sorghum, sorghum hybrids. To make management decisions, it is necessary to take into account the dynamics and its noticeable increase in the last decade. The effects of increasing the duration and heat supply of the growing season can be economically realized by introducing crops with a longer growing season into agricultural production. The duration of the frost-free period, depending on the terrain, location and under the influence of the Kuibyshev reservoir, increases at the Ulyanovsk station and in the south of the region in Canadei. At other stations, there is a noticeable reduction in it, which in turn leads to a restriction of obtaining the maximum yield.

Keywords: dates of temperature transition, duration of the warm period, dynamics of variability of the sum of active temperatures, frosts, yield.

DOI: 10.37313/2782-6562-2024-3-2-51-58

EDN: OBRRJP

REFERENCES

1. Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2019 god. M.: Rosgidromet, 2020. 97 s.
2. Ocenka makroekonomicheskikh posledstvij izmenenij klimata na territorii Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda i dal'nejshuyu perspektivu / pod red. V. M. Katcova, B. N. Porfir'eva. M.: D'ART: Glavnaya geofizicheskaya observatoriya im. A. I. Voejkova, 2011. S. 220–252.
3. Mohov, I.I. Pogodno-klimaticheskie anomalii v rossijskikh regionah i ih svyaz' s glo-bal'nymi izmeneniyami klimata // Meteorologiya i gidrologiya / V.A. I.I. Mohov, Seme-nov // 2016. № 2. S. 16–28.
4. Pavlova, V.N. Ocenki stepeni uyazvimosti territorii i klimaticeskogo riska krup-nyh neurozhaev zernovyh kul'tur v zernoseyushchih regionah Rossii / V.N. Pavlova, S.E. Varcheva // Meteorologiya i gidrologiya. 2017. № 8. S. 39–50.
5. Hlebnikova, E.I. Izmenenie pokazatelej ekstremal'nosti termicheskogo rezhima v XXI v.: ansamblevye ocenki dlya territorii Rossii / E.I. Hlebnikova, Yu.L. Rudakova, I.A. Sall' i dr. // Meteorologiya i gidrologiya. 2019. № 3. S. 11–24.
6. Perevedencev Yu.P. Sovremennye tendencii izmeneniya klimata v Privolzhskom federal'-nom okruge / Yu. P. Perevedencev, N. A. Vazhnova, E. P. Naumov i dr. // Georesursy. 2012. № 6 (48). S. 19–24.
7. Sel'skoe hozyajstvo Ul'yanovskoj oblasti / Otdel ekonomicheskikh programm, analiza i cenoobrazovaniya Departamenta sel'skogo hozyajstva. Ministerstvo agropromyshlennogo kompleksa i razvitiya sel'skih territorij Ul'yanovskoj oblasti. Ul'yanovsk: Pechatnyj dvor, 2019. S. 5–30.
8. Gruza, G.V. Struktura izmenchivosti nablyudaemogo klimata. Temperatura vozduha Sever-nogo polushariya / G.V. Gruza, E.Ya. Ran'kova. L.: Gidrometeoizdat, 1980. 72 s.
9. Sadokov, V.P. Opreделение vesennih dat ustojchivogo perekhoda srednej sutochnoj tempera-tury vozduha cherez 0 °S, +5 °S, ih prognoz i ocenka / V. P. Sadokov, V. F. Kozel'ceva, N. N. Kuznecova // Trudy Gidrometcentra Rossii. 2012. Vyp. 348. S. 162–172.
10. Sadokov, V.P. Osobennosti dat ustojchivogo perekhoda srednej sutochnoj temperatury vozduha cherez +5 °S, 0 °S osen'yu na Evropejskoj territorii Rossii i yugo-zapadnoj chasti Zapadnoj Sibiri / V. P. Sadokov, V. F. Kozel'ceva, N. N. Kuznecova // Trudy Gidrometcentra Rossii. 2013. Vyp. 350. S. 228–241.
11. Sirotenko, O.D. Ocenka vliyaniya izmenenij klimata na sel'skoe hozyajstvo metodom prostranstvenno-vremennyh analogov / O.D. Sirotenko, V.N. Pavlova // Meteorologiya i gidrologiya. 2003. № 8. S. 89–99.
12. Sharipova, R.B. Tendencii izmeneniya klimata i agroklimaticheskikh resursov Ul'yanovskoj oblasti i ih vliyanie na urozhajnost' zernovyh kul'tur: Monografiya / R. B. Sharipova. Ul'yanovsk: UIGTU, 2020. 137 s.
13. Bardin, M.Yu. Sovremennye izmeneniya prizemnogo klimata po rezul'tatam regul'yarnogo monitoringa / M. Yu. Bardin, E. Ya. Ran'kova, T. V. Platova i dr. // Meteorologiya i gidrologiya. 2020. № 5. S. 29–45.
14. Katcov, V.M. Veroyatnostnoe scenarnoe prognozirovanie regional'nogo klimata kak osnova razrabotki adaptacionnyh programm v ekonomike Rossijskoj Federacii / V.M. Katcov, E.I. Hlebnikova, I.M. Shkol'nik i dr. // Meteorologiya i gidrologiya. 2020. № 5. S. 46–58.