

Оценка агроклиматических ресурсов и обоснование возделывания промежуточных культур в условиях изменения климата в лесостепной зоне Среднего Поволжья

А. Л. Тойгильдин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор

Р. Б. Шарипова✉, кандидат географических наук, старший научный сотрудник

С. Н. Никитин, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

М. В. Петров, научный сотрудник

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 433315, Ульяновская обл., Ульяновский р-н, пос. Тимирязевский, ул. Институтская, 19

✉ rezedasharipova63@mail.ru

Резюме. В статье представлена динамика данных климатических ресурсов и их экстремальные значения в Ульяновской области за последние 30 лет (1995-2024 гг.) с целью оценки возможности возделывания промежуточных культур в севообороте. Для оценки долгосрочных изменений агрометеорологических параметров было применено разложение в ряд Фурье и определение параметров наилучшей синусоидальной аппроксимации для точек максимума и минимума. Использование всех данных методов позволило получить более полное и точное представление о динамике изменений и регулярностях в исследуемых параметрах. С помощью пакета программ (Excel, Statistica), осуществлялся корреляционно-регрессионный анализ. В результате исследования выявлено, что за последние три десятилетия средняя годовая температура воздуха повысилась на 2,1 °С, количество атмосферных осадков возросло на 117 мм. За последние 30 лет продолжительность теплого (+0°С весной и осенью) периода не изменилась, длительность периода с температурой более +5°С увеличилась на 5 дней, продолжительность активной фазы развития растений (+10°С, весной и осенью) стала продолжительнее на 12 дней. Анализ данных по периодам вегетации показал, что за последние 30 лет в первую половину вегетации (май-июль) выпадало 146...159 мм, тогда как за вторую (август-октябрь) – 124...156 мм осадков. Приток фотосинтетически активной радиации за август-октябрь в сумме составил 518 МДж/см², при освоении 2 % которой возможно получить до 7 т/га сухого вещества. Выявлен рост суммы активных температур за теплый период с 2669 до 2924 °С, при этом темпы роста в период август-октябрь (264 °С) выше, чем в мае-июле (119 °С), а за последние десятилетие достигла 1241 °С, что является достаточным для получения урожая раннеспелых сортов отдельных полевых культур (гречиха, горчица, а также кормовые и промежуточные почвопокровные культуры). Ограничивающим фактором продуктивности могут выступать продолжительность светового дня и заморозки.

Ключевые слова: агроклиматические ресурсы, изменение климата, дата перехода температуры, продолжительность теплого периода, сумма активных температур, промежуточные культуры.

Для цитирования: Оценка агроклиматических ресурсов и обоснование возделывания промежуточных культур в условиях изменения климата в лесостепной зоне Среднего Поволжья / А. Л. Тойгильдин, Р. Б. Шарипова, С. Н. Никитин и др. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 3 (71). С. 52-60. doi:10.18286/1816-4501-2025-3-52-60

Assessment of agroclimatic resources and substantiation of cultivation of intercrops under climate change in the Forest-steppe zone of the Middle Volga region

A. L. Toygildin, R. B. Sharipova✉, **S. N. Nikitin, M. V. Petrov**

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

433315, Ulyanovsk region, Ulyanovsk district, Timiryazevsky v., Institutsкая st., 19

✉ rezedasharipova63@mail.ru

Abstract. The article presents the dynamics of climate resource data and their extreme values in Ulyanovsk region over the past 30 years (1995-2024) in order to assess the possibility of cultivating intercrops in crop rotation. To assess long-term changes in agrometeorological parameters, Fourier series expansion and determination of the parameters of the best sinusoidal approximation for maximum and minimum points were used. The usage of all these methods enabled to obtain a more complete and accurate understanding of the dynamics of changes and regularities in the parameters

under study. Using a software package (Excel, Statistica), correlation and regression analysis was carried out. The study revealed that over the past three decades, the average annual air temperature has increased by 2.1 °C, and the amount of precipitation has increased by 117 mm. Over the past 30 years, the duration of the warm (+0 °C in spring and autumn) period has not changed, the duration of the period with a temperature of more than +5 °C has increased by 5 days, and the duration of the active phase of plant development (+10 °C, in spring and autumn) has become 12 days longer. Analysis of data on vegetation periods showed that over the past 30 years, 146-159 m fell in the first half of the vegetation period (May-July), while in the second period (August-October) experienced 124-156 mm of precipitation. The influx of photosynthetically active radiation for August-October in total amounted to 518 MJ / cm², with the development of 2% of which it is possible to obtain up to 7 t / ha of dry matter. An increase in the sum of active temperatures for the warm period from 2669 to 2924 °C was revealed, while the growth rate in the period August-October (264 °C) is higher than in May-July (119 °C), and over the past decade it has reached 1241 °C, which is sufficient to obtain a harvest of early ripening varieties of individual field crops (buckwheat, mustard, as well as feed and intermediate ground cover crops). The limiting factor for productivity may be the duration of daylight hours and frosts.

Keywords: agroclimatic resources, climate change, temperature transition date, warm period duration, active temperature sum, intercrops.

For citation: Assessment of agroclimatic resources and substantiation of cultivation of intercrops under climate change in the Forest-steppe zone of the Middle Volga region / A. L. Toygildin, R. B. Sharipova, S. N. Nikitin, et al. // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2025.3 (71): 52-60 doi:10.18286/1816-4501-2025-3-52-60

Введение

Поволжье вносит существенный вклад в формирование продовольственной безопасности нашей страны, при этом биоклиматический потенциал используется не в полной мере, поэтому регион имеет возможность наращивать объемы сельскохозяйственного производства [1]. На современном этапе рост продуктивности агроэкосистем в основном обеспечивается за счет повышения норм внесения минеральных удобрений [2], однако интенсификация ведет к загрязнению окружающей среды [3], деградации плодородия почвы и другим экологическим последствиям. Одним из направлений решения указанных проблем является диверсификация сельскохозяйственных культур [4], что выполняемо за счет севооборота [3], совместных посевов и промежуточных культур [5]. Между тем сложившаяся структура посевных площадей в регионе, которая ориентирована на насыщение маржинальными культурами, не всегда позволяет поддерживать севооборот, а промежуточные культуры в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья практически не используются.

Теоретической основой посева промежуточных культур является принцип уплотнённого использования пашни для увеличения коэффициента ее использования. В условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья на значительной доле обрабатываемых земель возделываются сельскохозяйственные растения в период с апреля по сентябрь, а отдельные культуры до июля, что охватывает не весь период, обеспеченный теплом, влагой и другими факторами урожая. Летне-осенний период сезона остается практически незадействованным, к тому же в весенний период до посева поздних культур факторы урожая также не используются, при этом почва подвергается перегреву и эрозионным процессам. Например, в Ульяновской области в 2023 г. переход средней суточной температуры воздуха в сторону повышения через 0 °C произошел 12 марта, а через 5 °C – 24 марта, при этом посев яровых поздних

культур производят только во второй или третьей декадах мая, т.е. длительный период почва остается уязвимой, а такие ресурсы, как фотосинтетическая активная радиация, влага, тепловые ресурсы не используются. В 2008 году теплый период длился с 17 марта по 13 декабря (270 дней), а период со среднесуточной температурой воздуха выше +5 °C – с 3 апреля по 26 октября (в течение 206 дней). Учитывая, что длина вегетации основных полевых культур составляет не более 100...120 дней, можно отметить, что ресурсы урожая и потенциал теплого периода реализуется не в полной мере.

Освоение принципа уплотненного использования пашни имеет перспективу в связи с необходимостью повышения продуктивности севооборотов, эффективности использования сельскохозяйственных угодий и освоением новых агротехнологий, способных решить экологические проблемы. Особую актуальность приобретает практика возделывания промежуточных культур – сельскохозяйственная культура, выращиваемая в период времени, свободный от возделывания основных культур севооборота как источник зеленого удобрения, кормовых ресурсов для защиты почвы от эрозии и другие цели.

Возможность посева промежуточных культур в севооборотах широко используется в условиях орошения и достаточной влагообеспеченности в основном для организации зеленого конвейера или на сидераты [9, 10]. В последние годы все больше получает распространение технологии прямого посева как важнейший элемент системы почвосберегающего и ресурсосберегающего (углеродосберегающего) земледелия, при освоении которой все больше применяется посев промежуточных почвопокровных культур [5]. Однако, в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья из-за комплекса причин промежуточные посевы практически не используются, что снижает эффективность использования факторов урожая, при этом отмечается интенсивная деградация плодородия почвы [3], что усиливается в условиях изменения климата [11, 12].

В последние десятилетия отмечается повсеместное изменение климатических условий – повышение температуры воздуха, распределение осадков во времени и удлинение вегетационного периода, что может благоприятно повлиять на продуктивность агроэкосистем и привести к росту биоклиматического потенциала в России на 5...15 % уже к середине 21 века [6, 7].

Исследования динамики агроклиматических ресурсов во времени в конкретных региональных условиях с целью повышения эффективности использования абиотических факторов урожая носит актуальный характер для теории и практики агропроизводства.

Цель исследований – изучить динамику агроклиматических ресурсов и оценить возможность получения урожая промежуточных культур в изменяющихся условиях климата лесостепной зоны Среднего Поволжья (на примере Ульяновской области).

Материалы и методы

Исходной информацией для проведения исследований послужили данные приземных метеорологических наблюдений с 1995 по 2024 гг. на шести метеорологических станциях, расположенных на территории Ульяновской области: Инза, Сурское, Ульяновск, Димитровград, Сенгилей, Канадей.

Для выявления закономерных тенденций в динамике агроклиматических ресурсов региона были рассчитаны линейные тренды, описываемые уравнением:

$$y(t) = at + b,$$

где $y(t)$ – выровненное значение показателя агроклиматических ресурсов в момент времени t ($t = 1, 2, 3, \dots, n$); a – коэффициент, определяющий наклон линии тренда, характеризующий скорость изменения температуры; b – отрезок, отсекаемый линией тренда на оси ординат (начальное значение тренда). Положительное значение a свидетельствует о повышении, отрицательное – о понижении температуры.

Статистическая значимость выявленных линейных трендов оценивалась с применением t -критерия Стьюдента и на основе величины квадрата коэффициента корреляции (коэффициента детерминации) R^2 , который характеризует долю вклада линейного тренда в общую изменчивость температуры. Изменение считалось статистически значимым при уровне вероятности, превышающем 95 % ($P \geq 0,95$). Для выборки объемом более 30 лет это соответствует значению $R^2 > 0,08$ [8].

В исследовании использовали методы дискриминантного и корреляционного анализа. При изучении многолетних изменений периодической функции преобразования кривой продолжительности периодов применялось разложение в ряды Фурье, а также методы дискриминантного, корреляционного и трендового анализа. Достоверность результатов оценивали с использованием критериев Фишера и Стьюдента.

Результаты

В России климатические изменения проявляются значительно быстрее, чем в среднем по планете, примерно в 2,5 раза. Каждое новое десятилетие демонстрирует рекордные температурные показатели, что оказывает существенное воздействие на сельскохозяйственную отрасль [7, 13]. В частности, в Ульяновской области в 1995-2004 гг. по отношению к предыдущему десятилетию отмечалось повышение средней годовой температуры воздуха на 1,0 °C, в 2005-2014 гг. на 0,7 °C и в период 2015-2024 гг. на 0,4 °C, таким образом за последние три десятилетия среднегодовая температура воздуха повысилась на 2,1 °C. Максимальное значение средней годовой температуры наблюдали в 2020 г. и составило +7,2 °C, минимальное – +3,3 °C в 1996 г. при колебаниях в 3,8 °C (табл.1).

Также нами установлено увеличение количества атмосферных осадков в течение года. Среднее значение выпавших осадков за последние три десятилетия составило 503 мм, в 1995-2004 гг. их количество было минимальным – 453 мм, в 2005-2014 гг. – произошло увеличение на 31 мм и в 2015-2024 гг. на 86 мм, достигнув 570 мм.

За последние 30 лет наибольшее выпадение осадков в течение года было установлено в 2022 г. – 795 мм, минимальное их количество – 325 мм выпало в 2009 г., при амплитуде 470 мм. Количество осадков, выпадающих за первую (май-июль) и вторую половины вегетации (август-октябрь) находилось на одном уровне и составило соответственно 151 и 141 мм. Причем осадки за август-октябрь практически не используются для формирования урожая, исключение составляют площади, занятые посевами озимых культур и многолетних трав.

В условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья лимитирующими урожайность факторами могут выступать тепло и приток фотосинтетически активной радиации (ФАР). Расчеты показывают, что среднее значение температур воздуха за март-ноябрь составило +10,0 °C, а за период апрель-октябрь +13,7 °C (табл. 2).

С третьей декады марта по первую декаду ноября возможно развитие культурных растений. Анализируя термические условия, необходимо учитывать и температурные колебания. В апреле, мае растения развиваются в условиях постепенно повышающейся температуры, тогда как при летнем посеве начальные стадии роста происходят при высоких температурах (23...28 °C), которые существенно снижаются к концу вегетационного периода.

Суммарная солнечная радиация в регионе составляет в среднем около 2200...2300 МДж/м² [14], основной объем около 80 % ее притока поступает в атмосферу в течение теплого периода года – с апреля по октябрь. Если учитывать радиационные характеристики, ее достаточно для получения высоких урожаев. Так по данным наших расчетов при

использовании ФАР 2,0 % урожайность зерновых культур может составить более 7,0 т/га [15].

При планировании возделывания промежуточных культур необходимо учесть, что в Ульяновской области в период с мая по июль приток ФАР составляет 1016 МДж/м², тогда как в период август – октябрь в 2 раза меньше – 518 МДж/м².

На рост и развитие растений существенное влияние оказывает продолжительность светового дня. Весенние посевы развиваются при 12-часовом

световом дне, который постепенно увеличивается до 17 часов к концу вегетационного сезона. Летние посевы, напротив, начинают свое развитие при более длительном световом дне, который сокращается до 11 часов к октябрю. Эти особенности температурного и светового режимов при повторных посевах, как правило, приводят к уменьшению продолжительности межфазных периодов сельскохозяйственных культур и более низкой продуктивности.

Таблица 1. Средние показатели и климатические характеристики изменения климата за 1995-2024 гг. по десятилетиям

Показатель	Десятилетие			Среднее
	1995-2004	2005-2014	2015-2024	
Средняя годовая температура воздуха, °С	4,9	5,5	6,4	5,6
Коэффициент достоверности, (R^2) изменения температуры	0,1102	0,0869	0,801	0,4426
Скорость изменения средней температуры воздуха, °С	1,0	0,7	0,4	2,1
Максимальное значение ср год. температуры, °С	6,4 1995 г	6,6 2008 г	7,2 2020 г	7,2 2020 г
Минимальное значение, ср год. температуры, °С	3,3 1996 г.	4,1 2011 г.	5,3 2018 г.	3,3 1996 г.
Сумма осадков за год, мм	453	484	570	503
Коэффициент достоверности, (R^2) изменения количества осадков	0,2015	0,0973	0,0800	0,2448
Скорость изменения годовой суммы осадков, мм	148	99	48	185
Максимальное значение годовой суммы осадков, мм	624 2004 г.	631 2012 г.	795 2022 г.	795 2022 г.
Минимальное значение годовой суммы осадков, мм	336 1998 г.	325 2009 г.	413 2021 г.	325 2009 г.
Сумма осадков за май - июль	146	147	159	151
Максимальное значение, мм	260 2004 г.	229 2005 г.	297 2017 г.	297 2017 г.
Минимальное значение, мм	54 1998 г.	78 2014 г.	91 2023 г.	54 1998 г.
Сумма осадков за август - октябрь	156	141	124	141
Максимальное значение, мм	205 1999 г.	245 2012 г.	228 2019 г.	245 2012 г.
Минимальное значение, мм	106 1996 г.	92 2009 г.	88 2021 г.	88 2021 г.

Таблица 2. Средние многолетние значения суммы фотосинтетически активной радиации по месяцам в Среднем Поволжье, средней температуры и суммы осадков за 1995-2024 гг.

Месяц	Сумма ФАР, МДж/м ²	Средняя температура, °С.	Количество выпавших осадков, мм
Март	190	-3,8	35
Апрель	266	6,1	34
Май	325	14,4	44
Июнь	358	18,5	53
Июль	333	20,6	56
Август	268	18,5	54
Сентябрь	160	12,5	56
Октябрь	90	5,6	39
Ноябрь	50	-2,1	33
Ср. март-ноябрь	2040	март - ноябрь +10,0°С	404
Ср. апрель-октябрь	1800	апр. - октябрь +13,7°С	336

Таблица 3. Время последних весенних и первых осенних заморозков в воздухе и продолжительность безморозного периода в Ульяновской области

Природно-экономические зоны	Дата последнего заморозка весной			Дата первого заморозка осенью			Продолжительность безморозного периода (дни)		
	средняя	ранняя	поздняя	средняя	ранняя	поздняя	средняя	короткая	длинная
Западная	12.05	07.04 1995 г	16.06 2018 г	23.09	07.09 1995 г	12.10 2018 г	134	106 1997 г	155 2011 г
Центральная	08.05	06.04 1991 г	07.06 2012 г	26.09	31.08 2012 г	16.10 1997 г	141	121 2001 г	179 2012 г
Заволжье	09.05	28.03 1995 г	02.06 2018 г	28.09	13.09 2002 г	17.10 2011 г	142	120 2009 г	185 2016 г
Южная	10.05	05.04 1995 г	05.06 1978 г	23.09	03.09 2015 г	30.10 1991 г	139	103 2018 г	183 2005 г

Климат Ульяновской области характеризуется довольно длительным безморозным периодом, который варьируется по зонам от 134 до 142 дней. Первые осенние заморозки, как правило, фиксируются в западных и южных районах в начале третьей декады сентября, в Заволжье начинаются в среднем 28 сентября, в то время, как в Центральной зоне это происходит 2 октября, что обусловлено умеренным воздействием Куйбышевского водохранилища. За последние 30 лет максимальный безморозный период достигал 185 дней (в Заволжье – с 9 апреля по 11 октября), а минимальный составил 94 дня (в Южной зоне – с 1 июня по 12 сентября) (табл.3).

Важным параметром оценки агроклиматических условий и датой наступления весеннего

периода считается переход среднесуточной температуры воздуха через 0 °С. На территории Ульяновской области согласно метеорологическим данным переход через 0 °С происходит в последних числах марта (29.03). Повышение температуры воздуха выше отметки +5 °С наблюдается в середине апреля (14.04), при этом возобновляется вегетативный процесс озимых культур, и, как правило, начинаются весенние полевые работы. Интенсивный рост и развитие культур начинается при повышении температуры до +10 °С, что фиксируется к концу третьей декады апреля (26.04). Весенний сезон, определяемый интервалами между температуры воздуха отметки 0 °С и +10 °С, в среднем длится 30 дней (с 29 марта по 26 апреля) (табл. 4).

Таблица 4. Даты перехода средней суточной температуры воздуха в Ульяновской области через 0, +5, +10 °С весной и осенью и продолжительность периодов (дни) за 1994-2025 гг.

Дата перехода	Весна			Осень		
	0 °С	+5 °С	+10 °С	+10 °С	+5 °С	0 °С
Средняя	29.03	14.04	26.04	01.10	17.10	12.11
Наиболее ранняя (год)	12.03 2023 г.	24.03 2023 г.	06.04 2008 г.	12.09 1999 г.	01.11 2013 г.	18.11 2014 г.
Наиболее поздняя (год)	17.04 1998 г.	30.04 1996 г.	27.05 2022 г.	21.10 2022 г.	02.11 1998 г.	13.12 2014 г.

Начало осеннего периода определяется моментом, когда температура воздуха опускается ниже +10 °С, что означает о завершении активной вегетации сельскохозяйственных культур. Интервал между датами, когда среднесуточная температура переходит значения +10 °С и +5 °С, занимал 16 дней (с 1.10 по 17.10), а период до наступления среднесуточной температуры 0 °С длился в среднем 25 дней (с 17.10 по 12.11).

Период активной вегетации в условиях региона продолжается в среднем 157 дней (с 26.04 по 01.10), с варьированием от 139 до 183 дней (2019 и 2024 гг. соответственно). Длительность периода с положительными (выше 0 °С) температурами составлял 227 дней, с эффективными температурами (выше +5 °С) – 186 дней. Расчеты показали, что между продолжительностью периода с положительными температурами и урожайностью зерновых культур в регионе имеется прямая средняя корреляционная связь ($r = 0,366$).

В последнее 10 лет дата перехода температуры через 0 °С весной и осенью сместилась на 3 дня на более ранние сроки. Переход через +5 °С наступал раньше на 5 дней, а в осенний период остался без изменений. Важно отметить, что дата перехода через +10 °С в весенний период остается без изменений, а осенью сместилась на 12 дней на более поздние сроки.

В отдельные годы продолжительность весенних и осенних периодов могут как ускоряться, так и затягиваться. Например, даты перехода через 0 °С весной отмечали с 12 марта (2023 г.) по 17 апреля (1998 г.), через +5 °С – с 24 марта (2023 г.) по 30 апреля (1996 г.), через +10 °С – с 6 апреля (2008 г.) по 27 мая (2022 г.). Максимальная продолжительность теплого периода за годы исследований была отмечена в 2008 г. и составила 270 дней, минимальная в 2014 г. – 189 дней. Длительность периода с температурой выше +5 °С варьировала от 210 дней в 2023 г.

до 154 дней в 1996 г., с активной температурой – от 183 дней в 2024 г. до 139 дней в 2019 г.

Среднее значение суммы активных температур в Ульяновской области за период с 1995 по 2024 гг.

достигло 2824 °С с тенденцией увеличения за исследуемый период. Самая высокая сумма активных температур зафиксирована в 2010 г. – 3166 °С, самая низкая – в 2002 г. – 2406 °С (табл. 5).

Таблица 5. Значения сумм активных температур (°С) по десятилетиям за 1995-2024 гг.

Показатель	Год			Среднее
	1995-2004	2005-2014	2015-2024	
Активная температура	2669	2877	2924	2824
Активная температура за май-июль	1593	1677	1684	1651
Активная температура за август-октябрь	1076	1200	1241	1172
КНЛТ	-8,08	+18,91	+4,836	6,56
К-т достоверности	0,281	0,117	0,0116	0,133
Скорость изменения	-80,8	+189	+488	+ 195
Макс значение	2792 1995 г.	3166 2010 г.	2827 2016 г.	3166 2010 г.
Минимальное значение	2406 2002 г.	2501 2008 г.	2488 2017 г.	2406 2002 г.

* – коэффициент наклона линейного тренда

В 1995-2004 гг. отмечалось понижение суммы активных температур на 80,8 °С по сравнению с предыдущим периодом, хотя как отмечалось выше прослеживалось повышение средней годовой температуры на 1 °С, что объясняется тем, что в анализируемый период наблюдалось интенсивное повышение температуры в зимние месяцы [14, 16, 17]. В течение вегетации средняя сумма активных температур за май -июль составила 1651 °С, а за вторую половину теплого периода (август-октябрь) – 1172 °С.

В целом анализ динамики накопления активных температур за 1995-2024 гг. выявил тенденцию к их росту, особенно за период август-октябрь (табл. 5, рис.1). За период май-июль активная температура воздуха возросла на 119 °С (коэффициент наклона линии тренда = 3,972), но более значительное повышение было отмечено в период за август-октябрь – на 264 °С (коэффициент наклона линии тренда = 8,1814).

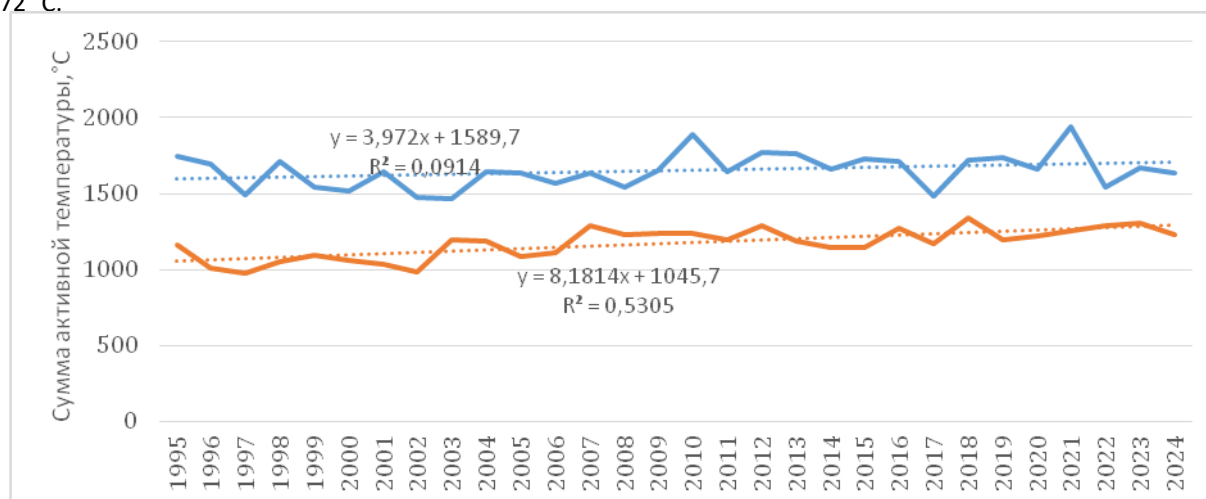


Рис.1. Динамика суммы активной температуры за период май-июль (синяя линия), август-октябрь (красная линия), 1995-2024 гг.

Обсуждение

Увеличение тепловых ресурсов и удлинение периода вегетации в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья открывает перспективы для возделывания теплолюбивых растений и внедрения сортов с более продолжительным периодом вегетации, которые имеют более высокую продуктивность, особенно это касается поздних культур, таких как подсолнечник, кукуруза на зерно, соя и др. Учитывая изменения климата, другой стратегией повышения продуктивности может быть использование

культур и сортов с более короткой вегетацией с целью получения двух урожаев в год на разные цели [18].

После уборки основных культур в июле, прежде всего озимых зерновых культур (озимая пшеница, рожь, ячмень, тритикале) имеются ресурсы для получения урожая промежуточных культур в период август-октябрь как яровых культур, так озимых форм с продолжением вегетации в весенний период (для защиты почвы от эрозии, в качестве почвопокровных в технологии прямого посева или на зеленое

удобрение). Резервами получения урожая в период август – октябрь являются выпадающие осадки в количестве 141 мм, что практически равно количеству, которое выпадает в основной период вегетации (май-июль) – 151 мм.

Ограничивающими факторами роста и развития для отдельных культур в летне-осенний период могут выступать ресурсы тепла, среднемноголетняя сумма температур составила 1172 °С, тогда как за май-июль – 1651 °С. Также уровень урожайности может быть лимитирован притоком ФАР, величина которой за период август-октябрь составила 518 МДж/м², что в 2 раза меньше, чем за май-июль – 1016 МДж/м², а также продолжительность светового дня и вероятность заморозков.

Для условий лесостепной зоны Среднего Поволжья в качестве промежуточных следует рассматривать культуры с коротким периодом вегетации, например гречиху, отдельные сорта которой для созревания на зерно требуют от 65 дней или от 800 °С активных температур, горчицу – от 65 дней или 1000...1200 °С и другие. Вполне успешно можно возделывать кормовые культуры – суданская трава, сорго-суданский гибрид, рапс и др. Кроме того отдельные культуры, отличающиеся устойчивостью к заморозкам, вполне успешно можно возделывать на зеленое удобрение (сидераты), которые можно заделывать в почву в осенний период, а озимые культуры – весной.

При использовании технологии прямого посева важным резервом повышения ее эффективности является использование почвопокровных культур (ПК), которые, как правило, возделываются в смеси и выполняют различные функции: накопление углерода, фитосанитарная, борьба с засорённостью посевов,

улучшение агрофизических свойств почвы и другие. Исследования и практика использования ПК в условиях Среднего Поволжья показывают, что они оказывают положительное влияние на плодородие почвы и продуктивность последующих культур в севообороте.

Наличие ресурсов урожая в виде влаги, тепла и ФАР позволяют получать дополнительный урожай промежуточных культур, однако, практическое освоение принципа уплотненного использования пашни требует детального изучения полевых испытаний, практической проверки по влиянию на продуктивность следующих культур в севообороте, прежде всего через водный режим.

Заключение

За последние 30 лет значительно изменились погодные условия. Отмечалось интенсивное повышение средней годовой температуры воздуха и за 1995-2024 гг. она возросла на 2,1 °С, также возросло количество выпавших атмосферных осадков на 185 мм. Увеличилась продолжительность теплого, а также безморозного периодов на 5 дней, а с суммой активных температур на 12 дней, при этом выявлена тенденция увеличения активной температуры в августе-октябре – на 264 °С. Активное развитие сельскохозяйственных культур в регионе возможно с апреля по октябрь, когда среднесуточная температура воздуха составляет 13,7 °С.

В Ульяновской области агроклиматические условия позволяют выращивать повторный урожай на одном участке земли в течение вегетационного периода, что является резервом повышения продуктивности и эффективности использования земельных ресурсов, обеспечивая непрерывный цикл производства на протяжении всего года.

Литература

1. Переведенцев Ю. П., Васильев А. А. Изменение климата и его влияние на сельское хозяйство // Метеорология и гидрология. 2023. № 9. С. 5-13. doi:10.52002/0130-2906-2023-9-5-13
2. Завалин А. А. Проблемы и пути решения технологического развития земледелия // Земледелие. 2024. №2. С. 25-29. doi: 10.24412/00443913-2024-2-25-29
3. Кирюшин В. И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1130-1139. doi:10.1134/S0032180X19070062
4. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems / M. A. Altieri, C. I. Nicholls, A. Henao, et al. // Agronomy for Sustainable Development. 2015. Vol. 35. P. 869–890. doi: 10.1007/s13593-015-0285-2
5. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от сочетания почвопокровных культур в полевом севообороте и No-Till в предгорно-степном Крыму / О. Л. Томашова, А. В. Ильин, П. С. Захарчук и др. // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2021. № 28(191). С. 32-41.
6. Оценка агроклиматических условий для возделывания промежуточных культур в лесостепи Поволжья / А. А. Артемьев, А. М. Гурьянов, М. П. Капитонов и др. // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 3 (369). С. 9-12. doi: 10.24411/2587-6740-2019-13036
7. Шарко Е. Р. Влияния изменений климата на сельское хозяйство в регионах Российской Федерации // Теоретическая и прикладная экономика. 2022. № 1. С. 11-24. doi: 10.25136/2409-8647.2022.1.35866. EDN HFJLUY.
8. Каюмов М. К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур // Москва: Агропромиздат, 1989. 320 с. ISBN 5-10-000404-5.

9. Повышение эффективности орошаемого земледелия за счет возделывания промежуточных культур / А. Н. Никишанов, Р. В. Прокопец, Б.М. Рамазанова и др. // Основы рационального природопользования : материалы VIII Национальной конференции с международным участием, Саратов, 27–28 октября 2022 года. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2022. С. 47-50.
10. Ухов П. А., Ленточкин А.М. Производственная эффективность промежуточных культур при выращивании яровой пшеницы // Пермский аграрный вестник. 2020. № 1(29). С. 91-100. doi:10.24411/2307-2873-2020-10009.
11. Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство) / Р.С.-Х. Эдельгериев., А.Л. Иванов, И. М. Донник и др. // Москва: Издательство МБА, 2021. 700 с. ISBN 978-5-6045103-9-1.
12. Вероятностное сценарное прогнозирование регионального климата как основа разработки адаптационных программ в экономике Российской Федерации / Е. И. Хлебникова, И. М. Школьник и др. // Метеорология и гидрология. 2020. № 5. С. 46–58.
13. Васильев Л. Ю., Чичасов Г. Н., Терешонок Н. А. Изменение климата на территории Центрального федерального округа России // Метеорология и гидрология. 2025. № 2. С. 111-116.
14. Переведенцев Ю. П. Шерстюков Б. Г., Салахова Р. Х. Климатические условия и ресурсы Ульяновской области. Под ред. Ю.П. Переведенцева, Э. П. Наумова. Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2008. 209 с.
15. Адаптивно-ландшафтная система земледелия Ульяновской области – под общ. ред. М.М. Сабитова. Ульяновск: УлГТУ, 2024. 325с.
16. Шарипова Р. Б. Тенденции изменения климата и агроклиматических ресурсов Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур: Ульяновск: УлГТУ, 2020. 137 с.
17. 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.
18. Биоклиматический потенциал и его использование в агроландшафтных условиях Ульяновской области / А. Л. Тойгильдин, В. И. Морозов, С. В. Басенкова и др. // Аграрный потенциал в системе продовольственного обеспечения: теория и практика: материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2016. С. 78-88.

References

1. Perevedentsev Yu. P., Vasiliev A. A. Climate change and its impact on agriculture // Meteorology and hydrology. 2023. No. 9. P. 5-13. doi:10.52002/0130-2906-2023-9-5-13
2. Zavalin A. A. Problems and solutions for technological development of agriculture // Agriculture. 2024. № 2. P. 25-29. doi: 10.24412/00443913-2024-2-25-29
3. Kiryushin V. I. Management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive landscape farming systems // Soil Science. 2019. No. 9. P. 1130-1139. doi: 10.1134/S0032180X19070062
4. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems / M. A. Altieri, C. I. Nicholls, A. Henao, et al. // Agronomy for Sustainable Development. 2015. Vol. 35. P. 869-890. doi: 10.1007/s13593-015-0285-2
5. Winter wheat productivity depending on the combination of soil cover crops in field crop rotation and No-Till in the foothill-steppe Crimea / O. L. Tomashova., A. V. Ilyin, P. S. Zakharchuk, et al. // News of agricultural science of Tavrida. 2021. No. 28 (191). P. 32-41.
6. Assessment of agroclimatic conditions for cultivation of intercrops in the forest-steppe of the Volga region / A. A. Artemyev, A. M. Guryanov, M. P. Kapitonov, et al. // International agricultural journal. 2019. No. 3 (369). P. 9-12. doi: 10.24411/2587-6740-2019-13036
7. Sharko E. R. The impact of climate change on agriculture in the regions of the Russian Federation // Theoretical and Applied Economics. 2022. No. 1. P. 11-24. doi: 10.25136/2409-8647.2022.1.35866. EDN HFJLUY.
8. Kayumov M. K. Programming agricultural crop yields // Moscow: Agropromizdat, 1989. 320 p. ISBN 5-10-000404-5.
9. Efficiency increase of irrigated agriculture through cultivation of intercrops / A. N. Nikishanov, R. V. Prokopets, B. M. Ramazanova, et al. // Fundamentals of rational nature management: materials of the VIII National conference with international participation, Saratov, October 27-28, 2022. Saratov: Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, 2022. P. 47-50.
10. Ukhov P. A., Lentochnik A. M. Production efficiency of intercrops in cultivation of spring wheat // Perm Agrarian Vestnik. 2020. No. 1 (29). P. 91-100. doi:10.24411/2307-2873-2020-10009
11. Global climate and soil cover of Russia: manifestations of drought, prevention and control measures, elimination of consequences and adaptation measures (agriculture and forestry) / R. S.-H. Edelgeriev., A. L. Ivanov, I. M. Donnik, et al. // Moscow: MBA Publishing House, 2021. 700 p. ISBN 978-5-6045103-9-1

12. Probabilistic scenario forecasting of regional climate as a basis for developing adaptation programs in the economy of the Russian Federation / E.I. Khlebnikova, I. M. Shkolnik, et al. // *Meteorology and hydrology*. 2020. No. 5. P. 46–58.
13. Vasiliev L. Yu., Chichasov G. N., Tereshonok N. A. Climate change on the territory of the Central Federal District of Russia // *Meteorology and hydrology*. 2025. No. 2. P. 111-116.
14. Perevedentsev Yu. P. Sherstyukov B. G., Salakhova R. Kh. Climatic conditions and resources of Ulyanovsk region. Ed. by Yu.P. Perevedentsev, E. P. Naumov. Kazan: Publishing House of Kazan State University, 2008. 209 p.
15. Adaptive landscape farming system of Ulyanovsk region - under the general ed. of M.M. Sabitov. Ulyanovsk: UISTU, 2024. 325 p.
16. Sharipova R. B. Trends in climate change and agroclimatic resources in Ulyanovsk region and their impact on yield of grain crops: Ulyanovsk: Ulyanovsk State Technical University, 2020. 137 p.
17. Modern changes in surface climate based on the results of regular monitoring / M. Yu. Bardin, E.Ya. Rankova, T. V. Platova, et al. // *Meteorology and hydrology*. 2020. No. 5. P. 29–45.
18. Bioclimatic potential and its use in the agro-landscape conditions of Ulyanovsk region / A.L. Toygildin, V.I. Morozov, S.V. Basenkova, et al. // *Agrarian potential in the food supply system: theory and practice: materials of the All-Russian scientific and practical conference*. 2016. P. 78-88.