

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ НА КЛИМАТ ТАТАРСТАНА

**О.Л. ШАЙТАНОВ**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
ORCID ID 0000-0001-9417-8548, E-mail: oleshaytan@yandex.ru

**Р.М. НИЗАМОВ**, доктор сельскохозяйственных наук

**Е.И. ЗАХАРОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук

ТАТАРСКИЙ НИИСХ – ОСП ФИЦ «КАЗАНСКИЙ НЦ РАН»

*В статье приводятся результаты оценки особенностей климатических изменений на территории Татарстана под влиянием глобального потепления. Рассмотрены годовые и сезонные изменения температуры воздуха и осадков за весь период инструментальных наблюдений. Установлено повышение скорости потепления среднегодовой температуры воздуха с 0,1°C за десятилетие в прошлом веке до 0,49°C в XXI веке. При этом зимний период теплел со скоростью 0,52°, а апрель-октябрь – со скоростью 0,48°C. Термические ресурсы вегетационных периодов в виде суммы эффективных температур выше 10°C увеличились со среднемноголетних 880° до 1080°C. Обнаружены 3-х и 6-7-летняя периодичности в накоплении суммы эффективных температур выше 10°C, что облегчает составление долгосрочных прогнозов по региону. Изучены смещения календарных сроков и изменения в продолжительности основных агроклиматических периодов. Выявлены тенденции: увеличения объема осадков в виде снега на 70%, но сокращения продолжительности зимы на 15 дней, увеличения продолжительности периода со среднесуточной температурой воздуха выше 10°C на 21 день, но уменьшения количества осадков за тот же период на 10%. Рассчитаны гидротермические коэффициенты за период 1981-2021 гг., приведены тренды осадков и ГТК за вегетацию, доказывающие повышение засушливости климата в Татарстане.*

**Ключевые слова:** температура, осадки, тренд, агроклиматические параметры, гидротермический коэффициент, вегетация.

## ASSESSMENT OF THE IMPACT OF GLOBAL WARMING ON THE CLIMATE OF TATARSTAN

**O.L. Shaitanov**, ORCID ID 0000-0001-9417-8548

**R.M. Nizamov, E.I. Zakharova**

TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE - SSU FRC «KazSC RAS»

**Abstract:** *The article presents the results of assessing the features of climate change in the territory of Tatarstan under the influence of global warming. Annual and seasonal changes in air temperature and precipitation over the entire period by instrumental observations are considered. An increase in the rate of warming of the average annual air temperature from 0.1 °C per decade in the last century to 0.49 °C in the XXI century has been established. At the same time, the winter period warmed at a rate of 0.52°C, and April-October – at a rate of 0.48°C. The thermal resources of vegetation periods in the form of the sum of effective temperatures above 10 °C increased from the average annual 880°C to 1080°C. 3- and 6-7-year periodicities were found in the accumulation of the sum of effective temperatures above 10°C, which facilitates the preparation of long-term forecasts for the region. Shifts of calendar dates and changes in the duration of the main agro-climatic periods were studied. Trends have been identified: an increase in precipitation in the form of snow by 70%, but a reduction in winter by 15 days, an increase in the duration of the period with*

*an average daily air temperature above 10°C for 21 days, but a decrease in precipitation over the same period by 10%. Hydrothermal coefficients for the period 1981-2021 are calculated, precipitation trends and hydrothermal coefficient for vegetation are given, proving an increase in the aridity of the climate in Tatarstan.*

**Keywords:** temperature, precipitation, trend, agro-climatic parameters, hydrothermal coefficient, vegetation.

### Введение

Значение температурного режима воздуха для сельского хозяйства неопределимо: все физиологические процессы в растениях происходят в определенном диапазоне температур, все атмосферные процессы, включая осадки, зависят от температуры воздуха. Даже во вневегетационный период температура среды является одним из основных метеорологических факторов влияния на будущий урожай. Этот показатель влияет на распространение вредителей и болезней, а также на самочувствие животных, определяет условия их выпаса и содержания. Поэтому любые отклонения от свойственного региону теплового режима чреватны труднопредсказуемыми последствиями.

Глобальное потепление явственно проявилось во второй половине XIX века [1], а в конце XX века стало ускоряться. При этом глобальная температура в период с 1976 по 2020 г. росла со скоростью 0,18°C за десятилетие. По России за тот же период скорость потепления составила 0,51°C за десятилетие [2], что привело к значительным изменениям климата на уровне регионов. Уже предвидя это, 11 лет назад Президиум Россельхозакадемии постановил «считать важнейшим направлением в работе подведомственных научных учреждений проведение исследований по оценке рисков и адаптации агропромышленного комплекса России к наблюдаемым и прогнозируемым изменениям климата» [3]. Начал исследовательскую работу в этом направлении и Татарский НИИСХ.

Татарстан (РТ) с численностью населения 3,9 млн. чел. и земельным фондом в 6,8 млн. га является одним из важнейших не только промышленных, но и сельскохозяйственных регионов РФ. Республика заняла в 2020 г. 4 место по производству валовой продукции сельского хозяйства, в том числе 1 – по производству молока, среди остальных субъектов Российской Федерации.

Для выполнения поставленной Президиумом Россельхозакадемии задачи на полях ТатНИИСХ (Предкамская почвенно-климатическая зона РТ) была установлена метеорологическая станция, на которой с 2004 г. стали вестись круглосуточные инструментальные наблюдения за погодой. За прошедшие годы была создана обширная база данных, которая дополнялась информацией метеостанций государственной сети на территории Татарстана.

Цель исследований заключалась в том, чтобы выяснить масштабы потепления и охарактеризовать тенденции происходящих климатических изменений на территории Татарстана. Это, в свою очередь, позволит научно обоснованно откорректировать внутрирегиональные системы земледелия и направление дальнейших научных исследований, а также удовлетворить практические потребности сельскохозяйственных производителей в достоверной информации.

В задачи исследований входило:

- установить темпы и тенденции изменения годовых и сезонных среднесуточных температур воздуха;
- определить закономерности и тенденции изменения термических ресурсов вегетационного периода;
- выявить смещения календарных сроков наступления основных агроклиматических событий;
- оценить динамику обеспеченности вегетационных периодов осадками за последние 40 лет и засушливости климата.

### Условия, материалы и методы

Татарстан расположен в северной части Среднего Поволжья на высоте от 70 до 300 м над уровнем моря. Такое географическое положение (в глубине огромного континента, на возвышенности) определяет основные черты климата: холодная зима и жаркое лето, резкие колебания температуры воздуха и крайне неравномерное распределение осадков. Климатические и погодные контрасты приводят к возникновению экстремальных ситуаций, что обуславливает нестабильность урожаев всех возделываемых здесь сельскохозяйственных культур.

Оценка изменений климата на изучаемой территории проводилась с использованием апробированных статистических методов, корреляционного и тренд-анализа. Методологической основой работы послужила общепринятая методика сельскохозяйственной оценки климата [4], а также научные статьи, посвященные исследованию современных глобальных и региональных изменений климата. В аналитической работе использовались также данные из региональных климатических справочников прошлого века [5, 6, 7].

### Результаты исследований и их обсуждение

**Темпы потепления на территории РТ.** Изучением архивных данных установлено, что в 1831-1840 гг. среднегодовая температура воздуха на территории будущей РТ составляла 2,2°C (рис. 1). С тех пор она неуклонно повышалась, достигнув за 100 лет 3,6°C, затем последовало похолодание до 2,7°C в 1941-1950 гг.[7]. Однако в 1975-2005 гг. среднегодовая температура воздуха уже была на уровне 3,7°C.

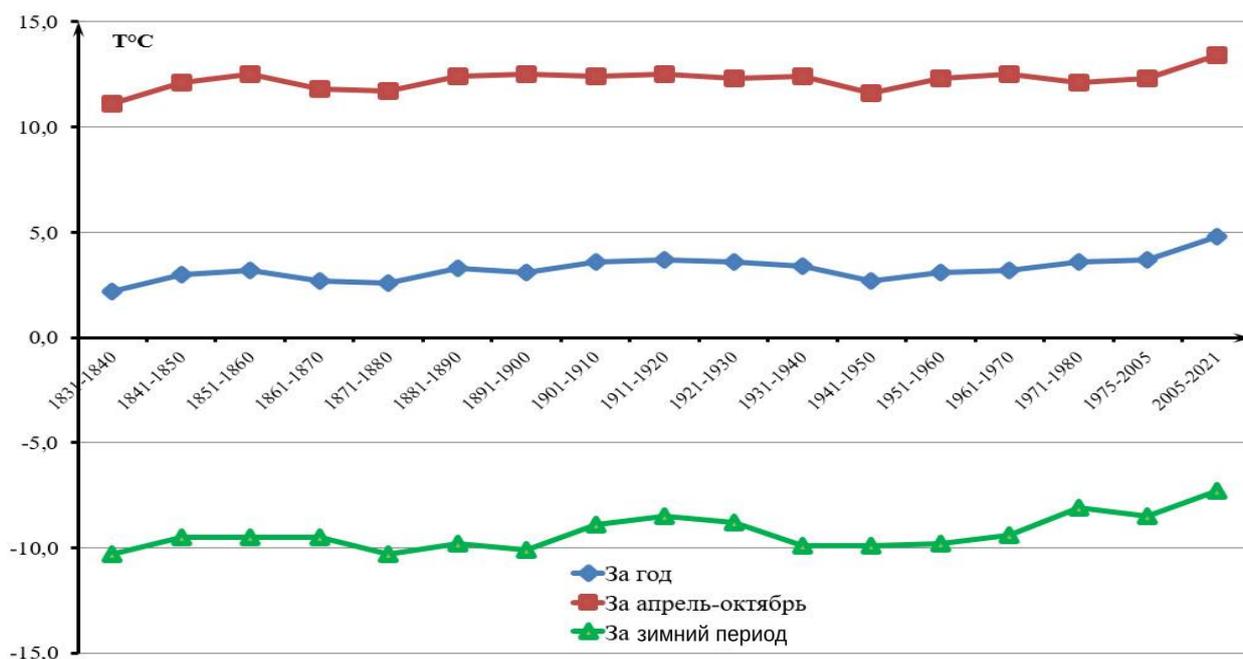


Рис. 1. Динамика среднегодовой температуры воздуха на территории РТ за всю историю метеонаблюдений

Итого за 154 года этот показатель вырос на 1,5°, в том числе периода с отрицательными среднесуточными температурами (ноябрь-март) – на 1,8°C, а тёплого времени года (апрель-октябрь) – на 1,2°C. Скорость роста среднегодовой температуры воздуха составила 0,10°C за десятилетие, при этом скорость потепления зимы составила 0,12°, а периода «апрель-октябрь» – 0,08°C за десятилетие.

В XXI веке, как и в целом по России, темпы потепления на территории РТ продолжают расти. Среднегодовая температура воздуха за период 2005-2020 гг. составила 4,83°C (при

колебаниях от 3,3° в 2011 г. до 6,8°С в 2016 г.), в том числе за ноябрь-март -7,3°С (при колебаниях от -11,0° в 2010 г. до -2,8°С в 2020 г.), за апрель-октябрь – 13,4°С (при колебаниях от 12,1° в 2017 г. до 15,1°С в 2010 г.). По сравнению с предыдущим периодом (1975-2005 гг.) прирост среднегодовой температуры воздуха составил 1,13°С со скоростью потепления 0,49° за десятилетие. В том числе средняя температура воздуха зимой повысилась по сравнению с предыдущим периодом на 1,2°С (с -8,5° до -7,3°С), а в тёплый период года – на 1,10°С (с 12,3°С до 13,4°С). Соответственно зимний период теплел со скоростью 0,52°, а апрель-октябрь – со скоростью 0,48°С.

Таким образом, скорость потепления на территории РТ по сравнению с прошлым веком возросла в пять раз. При этом темпы потепления зимнего и вегетационного периодов практически сравнялись между собой, а в целом скорость роста среднегодовой температуры воздуха по Татарстану лишь немного ниже усредненного показателя по России (0,51°С за десятилетие). Анализ температурного режима за период май-август в последние 20 лет выявил тенденцию увеличения количества дней с максимальной температурой воздуха выше 25°С. Аналогичная тенденция отмечается и для числа дней с относительной влажностью 30% и менее.

Весьма интересно, но пока необъяснимо, почему скорость потепления по месяцам разная. Так, январь, май, август, октябрь и ноябрь за 20 последних лет потеплели на 1,5-1,8°С, прочие месяцы, кроме февраля, потеплели на 0,8-1,1°С. Февраль стоит особняком – несмотря на большой разброс значений (от -2,8° в 2016 г. до -21,6°С в 2011 г.), его средняя температура за последние 20 лет осталась такой же, какой была и в предыдущие 30 лет (-11,6°С). Вследствие этого февраль стал самым холодным месяцем на территории РТ в XXI веке.

**Термические ресурсы.** Взаимосвязь температур воздуха и продуктивности растений осуществляется через количество поступающего растениям тепла. Теплообеспеченность вегетационного периода наиболее наглядно оценивается суммой эффективных температур воздуха свыше 10°С. В середине XX века на территории РТ она составляла 770°С, в последней его четверти – 880°С, а в среднем за два десятилетия XXI века достигла 1080°С (рис. 2).

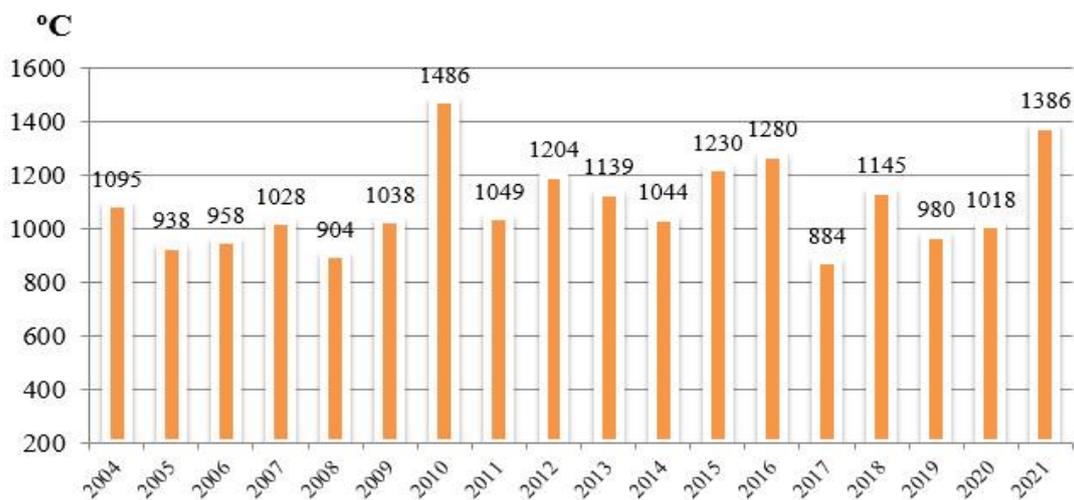


Рис. 2. Динамика суммы эффективных температур выше 10°С в XXI веке

При этом в первом десятилетии было 5 лет с суммой эффективных температур воздуха свыше 1000°, а во втором – уже 8 лет. Такие ресурсы тепла позволяют получать стабильные урожаи зерна раннеспелых гибридов кукурузы уже во многих хозяйствах РТ. За последние 30 лет озимая пшеница стала доминирующей культурой в зерновом клине Татарстана, стали возделываться и постепенно увеличиваются площади подсолнечника на

маслосемена, появились посева фестолюлиума, райграса, ломкоколосника, житняка, синей люцерны и т. д.

С потеплением климата на территории республики усилилась вредоносность шведской мухи, озимой совки, клопа-черепашки, хлебного жука Кузьки, тли, трипсов, жука гороховая зерновка брухус [8], колорадского жука, проволочников. На полях с большой скоростью стал размножаться вьюнок полевой, агрессивнее стали такие болезни, как мучнистая роса и ржавчина зерновых, антракноз бобовых культур, альтернариоз и вирусные заболевания картофеля (Y-вирус) [9], что требует совершенствования технологий возделывания, селекции более устойчивых сортов.

Дальнейшее изучение термических ресурсов многолетнего ряда позволило обнаружить 7-8 летнюю цикличность, те «волны жары», о которых говорилось в пятом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата [10]. Не так четко, но достаточно заметна и трехлетняя цикличность. Первым ее обнаружил еще в начале XX века М.А. Боголепов. После 2010 г. первая цикличность сократилась до 6 лет. Опираясь на эти периодичности, удается достаточно точно прогнозировать характер следующего года. Впервые нами заранее было объявлено через средства массовой информации о том, что 2010 г. будет экстремально жарким и засушливым, а за ним последуют еще несколько засушливых лет. В 2016 г. был предсказан прохладный 2017 г. Следующим аномально жарким должен был стать 2022 г., однако им стал 2021 г. Возможно, первая цикличность сократилась до 5 лет (об этом тоже говорилось в упомянутом докладе экспертов по климату), тем не менее на 2022 г. приходится пик трехлетнего цикла, и он все равно ожидается сухим и жарким, а вместе с ним еще три-четыре подряд засушливых года. Прогнозы ТатНИИСХ вызывают большой интерес в республике.

**Сроки и продолжительность основных агроклиматических периодов.** Особое внимание в данной работе уделялось изучению смещения календарных сроков и изменению продолжительности наиболее значимых для сельского хозяйства временных отрезков. Для этого усредненные данные за 2005-2020 гг. сравнивались со среднемноголетними данными периода 1970-1995 гг.

Установлено, что в XXI веке снег стал укрывать землю на 10-12 дней позже среднемноголетнего срока, а разрушение снежного покрова стало начинаться на 20 дней раньше, то есть, продолжительность устойчивого залегания снега сократилась на месяц (табл. 1).

Однако снег стал таять дольше, поскольку увеличилась высота снежного покрова с 31 до 53 см. Несложный расчет показал, что в 60% из двадцати последних лет выпадает от 1,5 до 2,5 годовых норм снега, поэтому полное освобождение полей от снега стало происходить лишь на 3-5 дней раньше обычного срока. Наряду с этим, устойчивое промерзание почвы также стало наблюдаться на 10-12 дней позже среднемноголетнего срока, а средняя глубина промерзания в XXI веке составила 34 см (среднемноголетняя – 90 см).

Наибольшая глубина промерзания наблюдалась в 2010 г. (64 см), а наименьшая – в 2011 г. (11 см). В этих условиях полное оттаивание почвы стало происходить на 3 недели раньше обычного – еще до окончательного схода снега с полей. Благодаря этому уменьшились сток воды и смыв плодородной почвы с полей, улучшились условия для весеннего восполнения частого осеннего дефицита влаги в почве. Ученые КФУ с помощью космической фотосъемки сравнили современное состояние овражной эрозии на территории РТ с данными 1960-1970 гг. [11]. Оказалось, что густота овражной сети за неполные 50 лет сократилась на 0,3 км/км<sup>2</sup> (почти в три раза). К сожалению, уменьшение глубины промерзания означает ослабление одного из главных естественных факторов разуплотнения подпахотных горизонтов.

**Динамика изменений основных агроклиматических параметров  
на территории РТ, 1975-2020 гг.**

Параметры	Среднее за		Изменения
	1970-1995 гг.	2005-2020 гг.	
Устойчивое промерзание почвы	10-15 ноября	24 ноября	На 10-12 дней позже
Установление снежного покрова	18-20 ноября	1 декабря	На 10-12 дней позже
Начало разрушения снежного покрова	10-11 апреля	21 марта	На 20 дней раньше
Полный сход снега	17-19 апреля	14 апреля	На 3-5 дней раньше
Продолжительность залегания снега	150 дней	135 дня	На 15 дней меньше
Полное оттаивание почвы	2-3 мая	12 апреля	На 22 дня раньше
Последний весенний заморозок	15 мая	8 мая	На 7 дней раньше
Первый осенний заморозок	19 сентября	23 сентября	На 4 дня позже
Продолжительность безморозного периода	127 дней	138 дней	Увеличилась на 11 дней
Переход среднесуточных $T^{\circ}$ через $0^{\circ}\text{C}$ весной-осенью	6 апреля 3 ноября	31 марта 12 ноября	На 6 дней раньше На 9 дней позже
Продолжительность периода с $T^{\circ}>0^{\circ}\text{C}$	211 дней	226 дней	Увеличилась на 15 дней
Переход среднесуточных $T^{\circ}$ через $5^{\circ}\text{C}$ весной-осенью	21 апреля 9 октября	20 апреля 19 октября	На 1 день раньше На 10 дней позже
Продолжительность вегетационного периода ( $T^{\circ}>5^{\circ}\text{C}$ )	171 день	182 дня	Увеличилась на 11 дней
Переход среднесуточных $T^{\circ}$ через $10^{\circ}\text{C}$ весной-осенью	9 мая 18 сентября	1 мая 1 октября	На 8 дней раньше На 13 дней позже
Продолжительность активной вегетации ( $T^{\circ}>10^{\circ}\text{C}$ )	132 дня	153 дня	Увеличилась на 21 день

На 11 дней увеличилась продолжительность безморозного периода, в основном за счет более раннего прекращения весенних заморозков, однако вероятность позднего заморозка 29 мая-4 июня остается довольно высокой – 19%. Например, в 2017 и 2018 гг. последние заморозки были 29 мая в низинных местах в виде легкого инея на почве и молодых всходах. Более поздний заморозок – 4 июня – был в 2007 г. В промежутке между 2007 и 2017 гг. заморозки заканчивались в диапазоне 19 апреля – 15 мая. Поздние весенние заморозки заметно слабее, что позволяет смело рекомендовать ранние посевы теплолюбивых культур: кукурузы, гречихи, проса, сорго-суданкового гибрида и др. на возвышенных и склоновых участках с целью повышения эффективности использования весенних запасов продуктивной влаги в почве.

Некоторые хозяйства РТ уже успешно осуществляют посев самых ранних гибридов кукурузы в последних числах апреля и посев гречихи – одновременно с яровыми зерновыми. На 15 дней увеличился период с положительными среднесуточными температурами воздуха, на 11 дней – период активной вегетации ранних культур ( $T^{\circ}\text{воздуха}>5^{\circ}\text{C}$ ), причем второй увеличился практически только за счет сдвига даты осеннего перехода через  $5^{\circ}\text{C}$ , а календарный срок весеннего перехода через  $5^{\circ}\text{C}$  изменился лишь на сутки. На 21 день увеличился период активной вегетации теплолюбивых культур (среднесуточная  $T^{\circ}\text{воздуха}>10^{\circ}\text{C}$ ) – на 8 дней весной и на 13 дней осенью.

Таким образом, климатические рамки сельскохозяйственного производства РТ в XXI веке расширились на 21 день, что позволяет существенно увеличить выход продовольственной и технической продукции, кормов, сократить период стойлового содержания и удлинить пастбищный период, и т. д. В то же время происходящее потепление климата обострило в практическом сельском хозяйстве многие проблемы: совершенствование набора культур и сортов, обработка почвы, технологии возделывания,

использование удобрений и средств защиты растений, уточнение сроков сева и норм высева, повышение устойчивости новых сортов к высоким температурам, к воздушной и почвенной засухе, болезням.

**Влагообеспеченность вегетационного периода.** Для территорий Среднего Поволжья она считается еще более важным фактором климата, чем температурный режим воздуха, а главным источником воды являются осадки. Субъекты Среднего Поволжья истари часто страдали из-за дефицита осадков в период вегетации сельскохозяйственных культур и из-за неравномерного распределения их во времени. Так, за период с 1870 по 1983 год на территории Татарстана случилось 39 засушливых лет [6] с осадками менее 80% среднемноголетней нормы за вегетацию – 35%. При этом во время вегетации наблюдались периоды без дождей по 70 (1957 г.) и даже 102 дня (1938 г.). Среднегодовое количество осадков колебалось в диапазоне 414-480 мм, лишь в 1931-1940 годах этот показатель снизился до 381 мм, а в 1961-1970 годах, напротив, увеличился до 527 мм. Последние 45 лет среднемноголетняя годовая сумма осадков ведет себя довольно стабильно: за период 1976-2005 гг. она составила 504 мм, а за 2006-2020 гг. – 505 мм при колебаниях от 421 мм в 2010 г. до 588 мм в 2017 г.

Совсем по-другому ведут себя вегетационные осадки. Анализ за 1981-2021 гг. показал, что осадки вегетационного периода на территории РТ имеют достоверную тенденцию к уменьшению (рис. 3). В среднем за годы XXI века осадков выпало на 10% меньше, чем за 1981-2000 гг., в то числе в мае-июне на 6%, когда закладывается урожай ранних культур, и августе-сентябре на 11%, когда формируется урожай кормовых, продовольственных и технических культур, идет сев озимых зерновых.

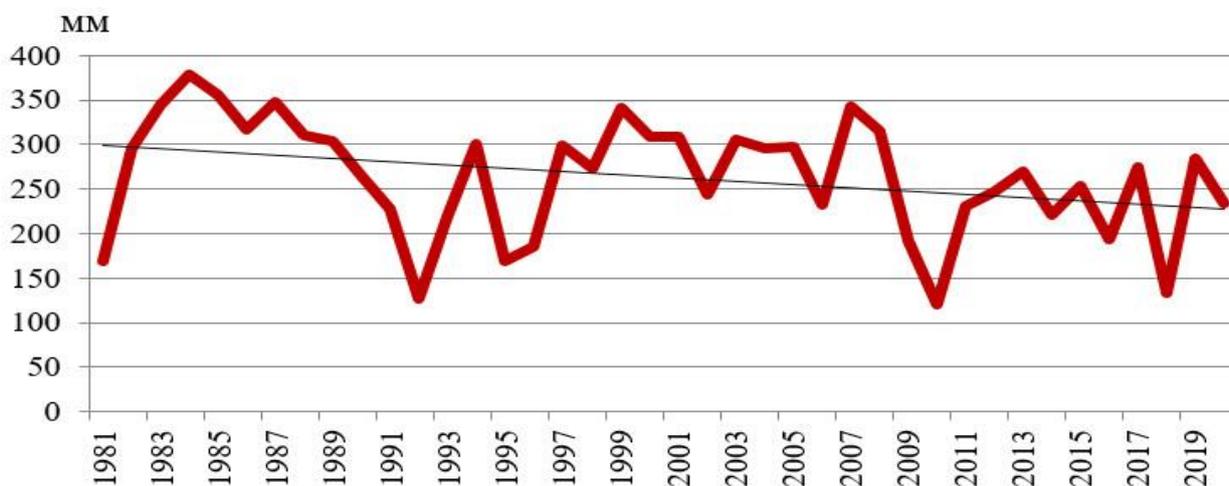


Рис. 3. Динамика осадков за период май-сентябрь

Уменьшение суммы осадков за период активной вегетации в сочетании с повышением среднесуточных температур воздуха ведёт к снижению гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова (ГТК) – показателя засушливости климата. По величине гидротермического коэффициента определяется тип увлажнения вегетационного периода согласно принятой классификации. Судя по графику и линии тренда ГТК (рис. 4), восьмидесятые годы прошлого столетия относились к влажному типу, единственным сильнозасушливым был 1981 год, когда за вегетацию выпало осадков всего 66% от нормы (ГТК 0,6), и два – слабозасушливых. В 1990-ые годы был 1 сухой (1992 г. с ГТК 0,5), 2 сильнозасушливых (ГТК 0,6 и 0,7) и 1 – слабозасушливый (ГТК 1,0) год. В нулевые годы XXI века 1 был сухой (2010 г. с ГТК 0,4), 1 – засушливый и 5 – слабозасушливых лет.



Рис. 4. Динамика ГТК за 40 последних лет

Из последних 11 лет все, кроме 2017 г., были в той или иной степени засушливыми: 2021 г. – сухой (ГТК 0,4), 2016 и 2018 гг. – сильнозасушливые (ГТК 0,7 и 0,52), 2011, 2014 и 2015 – засушливые (ГТК 0,9), остальные – слабозасушливые. Всего с начала XXI века было 8 засушливых лет с суммой вегетационных осадков менее 80% среднегодовой нормы, что составляет 40%. Таким образом, линия тренда ГТК за последние 40 лет сместилась из области слабозасушливых и вошла в область засушливых лет, а доля засушливых лет по сравнению с прошлым веком повысилась на 10%.

Засушливость климата в регионе из-за неравномерного выпадения осадков (локальными дождями) проявляется также неравномерно, ежегодно ряд муниципальных районов недобирают урожай зерновых, кормовых, технических культур, картофеля. Сельхозпроизводители просят помощи у ученых, им нужны новые культуры и сорта, экономно расходующие влагу и питательные вещества, устойчивые к высоким температурам и воздушной засухе, обладающие устойчивым иммунитетом к болезням. Они просят пересмотреть основные элементы технологий возделывания для условий изменившегося климата.

В перспективные программы научных исследований ТатНИИСХ были внесены коррективы в связи с новыми запросами производителей. Уже опубликованы рекомендации по возделыванию новых засухоустойчивых кормовых культур [12], корректировке сроков посева кукурузы на зерно [13], озимой ржи [14] и озимой пшеницы [15] в условиях повышенных агроклиматических рисков. Ведется работа по выведению сорта картофеля, устойчивого к Y-вирусу картофеля (YBK), который с потеплением климата усилил свою агрессивность [16]. Выведены сорта картофеля Кортни, Регги, Самба, устойчивые к вирусному вырождению и толерантные к кратковременному дефициту осадков и высоким температурам.

Усилены исследования по созданию сортов, устойчивых к засухе. При оценке исходного материала особое внимание уделяется признакам, связанным со способностью растений к максимальному водопотреблению через хорошо развитую корневую систему, экономному расходованию влаги, низкому коэффициенту транспирации, интенсивному накоплению сухих веществ и формированию полноценных репродуктивных органов.

За последние 10 лет запатентован ряд адаптивных сортов, которые формируют урожай в условиях с ограниченным биоклиматическим потенциалом: озимая рожь Тантана, Зилант; озимая тритикале Светлица; озимая пшеница Надежда, Дарина, Султан; яровая пшеница Хаят, Экада 113, Экада 285, Хазинэ; яровой ячмень Камашевский [17, 18]. В селекцию

гороха ученые ТатНИИСХ вовлекли признак беспергаментности боба, существенно повышающий продуктивность растений в условиях засухи благодаря большей устойчивости к раскрыванию бобов и осыпанию семян [19]. Так, в конкурсном сортоиспытании засушливого 2021 г. урожайность беспергаментных сортов Велес и Купидон превысила стандарт Ватан (10,0 ц/га) на 4,0 и 7,0 ц/га соответственно.

#### Заключение

Скорость потепления на территории РТ по сравнению с прошлым веком возросла с 0,10°C до 0,49°C за десятилетие. При этом темпы потепления зимнего и вегетационного периодов достигли соответственно 0,52° и 0,48°C за десятилетие.

Потепление не коснулось февраля. В течение последних 45 лет его среднемноголетняя температура неизменно составляет -11,6°C. В XXI веке февраль стал самым холодным месяцем зимы.

Теплообеспеченность вегетационного периода на территории РТ в виде суммы эффективных температур воздуха свыше 10°C в последней четверти XX века составляла 880°C, а в среднем за два десятилетия XXI века достигла 1080°C. Установлена 3-х и 6-7-летняя периодичность накопления суммы эффективных температур выше 10°C, что позволяет делать прогнозы вперед.

В XXI веке промерзание почвы и установление снежного покрова стали происходить на 10-12 дней позже среднемноголетнего срока, а полный сход снега с полей – раньше на 3-5 дней. Полное оттаивание почвы в среднем стало происходить на 22 дня раньше среднемноголетних сроков. Наблюдаются статистически значимые тенденции увеличения мощности снегового покрова (на 70%) и уменьшения глубины промерзания (на 68%) за 1976-2020 гг.

За счет сокращения зимы на 15 дней увеличился период с положительными среднесуточными температурами воздуха. Но более всего – на 21 день – увеличился период активной вегетации со среднесуточной температурой воздуха выше 10°C.

Тренд годовых осадков на территории РТ за период 1976-2020 гг. статистически незначим, но обнаружилась достоверная тенденция к убыванию вегетационных осадков. Особенно убавились осадки в периоды «май-июнь» (на 6%) и «август-сентябрь» (на 11%).

Тренд гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова за исследуемый период 1976-2020 гг. обнаружил статистически значимую тенденцию к снижению, выйдя из области слабозасушливых (1,0-1,2) и войдя в область засушливых (0,8-0,9) лет, а доля засушливых лет по сравнению с прошлым веком повысилась на 10%.

Сделанные выводы широко востребованы как научными работниками РТ, так и производителями.

***Работа выполнена по гранту Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан на государственную поддержку научных исследований и разработок в области агропромышленного комплекса бюджетным и автономным учреждениям в 2021 году (приказ от 11.10.2021 № 262 2-пр.).***

#### Литература

1. Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Рокот забытых бурь // Наука и жизнь. – 1987. – № 10. – С. 112-118.
2. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. – М.: Росгидромет, – 2021. – 104 с.
3. Глобальные и региональные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России // Вестник РАСХН. – 2010. – №5. – С. 4-5.
4. Лосев А.П., Журина Л.Л. Агрометеорология. – М.: КолосС, – 2003. – 301 с.
5. Антропова Н.А. Агроклиматические условия Татарской АССР. – Казань: Таткнигоиздат, – 1959. – 204 с.
6. Агроклиматические ресурсы Татарской АССР. – Л.: Гидрометеиздат, – 1974. – 128 с.
7. Габдрашитов З.А., Реутов С.П. Климат и урожай. – Казань: Таткнигоиздат, – 1986. – 112 с.
8. Шурхаева К.Д., Фадеева А.Н. Изучение генофонда гороха посевного с применением кластерного анализа // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 1. (33), – С. 16-23. DOI:10.24411/2309-348X-2020-11149.

9. Occurrence of Three Recombinant Strains of Potato Virus Y in Potato in Kazakhstan / V.T. Khassanov, B. Beisembina, A.B. Shevtsov, A.O. Amirgazin, S.G. Vologin, A.V. Karasev // *Plant Disease*. – 2020. – Vol. 104. – № 1. – P. 297. (WoSQ1). DOI: 10.1094/PDIS-03-19-0573-PDN.
10. Кокорин А.О. Изменение климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), – 2014. – 80 с.
11. Тагиров М.Ш., Шайтанов О.Л., Захарова Е.И., Лукманов А.А., Крупин Е.О., Ибатуллина Р.П. Татарстан: от интенсивного земледелия – к биологическому: справочник. – Казань: Центр инновационных технологий, 2019. – С. 20-21.
12. Шайтанов О.Л., Тагиров О.Л. Основные тенденции изменения климата Татарстана в XXI веке. – Казань: Фолиант, – 2018. – 64 с.
13. Сотченко В.С., Шайтанов О.Л., Тагиров М.Ш., Садеков Б.С. Технология возделывания кукурузы на зерно и силос в республике Татарстан: научно-практические рекомендации. – Казань; Фолиант, – 2008. – 28 с.
14. Пономарев С.Н., Пономарева М.Л., Маннапова Г.С. Изменение климатических параметров и сроки сева озимой ржи в республике Татарстан // *Земледелие*. – 2014. – № 6. – С. 26-30.
15. Фадеева И.Д., Газизов И.Н. Влияние изменения метеорологических факторов на сроки посева и урожайность озимой пшеницы // *Вестник Казанского ГАУ*. – 2016. – № 2 (40). – С. 47-49.
16. Кузьмина О.А., Вологин С.Г., Гимаева Е.А., Гизатуллина А.Т., Сташевски З. Вклад признака устойчивости к Y-вирусу картофеля в формирование продуктивности у гибридной популяции картофеля // *Достижения науки и техники АПК*. – 2016. – Т.30. – № 10. – С. 18-21.
17. Пономарева М.Л., Пономарев С.Н., Фадеева И.Д., Зиннатова Ф.Ф., Захарова Е.И. Каталог сортов озимых культур селекции ТатНИИСХ ФИЦ «КазНЦ РАН». – Казань: Изд-во Академии наук РТ, – 2020. – 48 с.
18. Василова Н.З., Асхадуллин Д-л.Ф., Асхадуллин Д-р. Ф., Блохин В.И., Фадеева А.Н., Зиннатова Е.И., Захарова Е.И. Каталог сортов яровых зерновых и зернобобовых культур селекции ТатНИИСХ ФИЦ «КазНЦ РАН». – Казань: Издательство ФЭН, – 2020. – 60 с.
19. Фадеев Е.А., Фадеева А.Н. Взаимосвязь урожая и составляющих его элементов у растений гороха посевного с беспергаментными бобами // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2018. – № 1(25). – С. 16-22.

### References

1. Borisenkov E.P., Paseckij V.M. Rokotzabytyh bur [The roar of forgotten storms]. *Naukaizhizn'*, 1987, no.10, pp. 112-118. (In Russian).
2. Doklad ob osobennostjah klimata na territorii Rossijskoj federaciiza 2020 god [Report on the peculiarities of the climate in the territory of the Russian Federation]. Moscow: Rosgidromet, 2021, 104 p. (In Russian).
3. Global'nye i regional'nye izmenenija klimata i prognoz riskov v sel'skomhozjajstve Rossii [Global and Regional Climate Changes and Risk Forecast in Agriculture in Russia]. *Vestnik RASHN*, 2010, no. 5, pp. 4-5. (In Russian).
4. Losev A.P., Zhurina L.L. Agrometeorologija [Agrometeorology]. Moscow: *Kolos*, 2003, 301 p.
5. Antropova N.A. Agroklimaticheskie uslovija Tatarskoj ASSR [Agro-climatic conditions of the Tatar ASSR]. Kazan': *Tatknigoizdat*, 1959, 204 p. (In Russian).
6. Agroklimaticheskie resursyTatarskoj ASSR [Agro-climatic resources of the Tatar ASSR]. St. Petersburg: *Gidrometeoizdat*, 1974, 128 p. (In Russian).
7. Gabdrashitov Z.A., Reutov S.P. Klima i urozhaj [Climate and harvest]. Kazan': *Tatknigoizdat*, 1986, 112 p. (In Russian).
8. Shurhaeva K.D., Fadeeva A.N. Izuchenie genofonda goroha posevnogo s primeneneim klaster'nogo analiza [Study of the seed pea gene pool using cluster analysis]. *Zernobobovye i krupjanye kul'tury*, 2020, no. 1, pp. 16-23. DOI:10.24411/2309-348X-2020-11149. (In Russian).
9. Khassanov V.T., Beisembina B., Shevtsov A.B., Amirgazin A.O., Vologin S.G., Karasev A.V. Occurrence of Three Recombinant Strains of Potato Virus Y in Potato in Kazakhstan. *Plant Disease*, 2020, Vol. 104, no. 1, P. 297. (WoSQ1). DOI: 10.1094/PDIS-03-19-0573-PDN.
10. Kokorin A.O. Izmenenie klimata: obzor Pjatogo ocenoch'nogo doklada MGJeIK [Climate change: a review of the Fifth Assessment Report Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)]. Moscow: *Vsemirnyj fond dikojprirody* (WWF), 2014, 80 p. (In Russian).
11. TagirovM.Sh., Shajtanov O.L., Zaharova E.I., Lukmanov A.A., Krupin E.O., Ibatullina R.P. Татарстан: ot intensivnogo zemledelija – k biologicheskomu: spravochnik [Tatarstan: from intensive farming to biological: a reference book]. Kazan: Centr innovacionnyh tehnologij, 2019, pp. 20-21. (In Russian).
12. Shajtanov O.L., Tagirov O.L. Osnovnye tendencii izmenenija klimata Tatarstana v XXI veke [The main trends in climate change in Tatarstan in the XXI century]. Kazan': Foliant, 2018, 64 p. (In Russian).
13. Sotchenko V.S., Shajtanov O.L., TagirovM.Sh., Sadekov B.S. Tehnologija vzdelyvanija kukuruzy na zerno i silos v Respublike Tatarstan: nauchno-prakticheskie rekomendacii [Technology of corn cultivation for grain and silage in the Republic of Tatarstan: scientific and practical recommendations]. Kazan': Foliant, 2009, 28 p. (In Russian).
14. Ponomarev S.N., Ponomareva M.L., Mannapova G.S. Izmenenie klimaticheskikh parametrov i sroki seva ozimoj rzhi v respublike Tatarstan [Changes in climatic parameters and sowing dates for winter rye in the Republic of Tatarstan]. *Zemledelie*, 2014, no. 6, pp. 26-30. (In Russian).
15. Fadeeva I.D., Gazizov I.N. Vlijanie izmenenija meteorologicheskikh faktorov na sroki poseva i urozhajnost' ozimoj pshenic [The influence of changes in meteorological factors on the sowing time and yield of winter wheat]. *Vestnik Kazanskogo GAU*, 2016, no. 2 (40), pp. 47-49. (In Russian).

16. Kuz'minova O.A., Vologin S.G., Gimaeva E.A., Gizatullina A.T., Stashevski Z. Vklad priznaka ustojchivosti k Y-virusu kartofelja v formirovanie produktivnosti u gibridnoj populjacii kartofelja [Contribution of the resistance trait to potato Y-virus to the formation of productivity in a hybrid potato population]. *Dostizhenija nauki I tehniki APK*, 2016, V.30, no. 10, pp. 18-21. (In Russian).
17. Ponomareva M.L., Ponomarev S.N., Fadeeva I.D., Zinnatova F.F., Zaharova E.I. Katalog sortov ozimyh kul'tur selekcii TatNIISH FIC KazNC RAN [Catalog of varieties of winter crops bred of Tatar Research Institute of Agriculture FRC KazSC RAS]. Kazan': *Izd-vo Akademiinavk RT*, 2020, 48 p. (In Russian).
18. Vasilova N.Z., Ashadullin D-I.F., Ashadullin D-r.F., Blohin V.I., Fadeeva A.N., Zinnatova E.I., Zaharova E.I. Katalog sortov jarovyh zernovyh I zernobobovyh kul'tur selekcii TatNIISH FIC KazNC RAN [Catalog of varieties of spring grain and leguminous crops of selection of Tatar Research Institute of Agriculture FRC KazSC RAS]. Kazan': *Izdatel'stvo FJeN*, 2020, 60 p. (In Russian).
19. Fadeev E.A., Fadeeva A.N. Vzaimosvjaz' urozhaja i sostavljajushhix ego jelementov u rastenij goroha posevnogo s bespergamentnymi bobami [The relationship between the yield and its constituent elements in plants of seed peas with seedless beans]. *Zernobobovye I krupjanye kul'tury*, 2018, no. 1(25), pp. 16-22. (In Russian).