

УДК 551.5

**АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА ПО МНОГОЛЕТНИМ  
ДАНЫМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ ИМЕНИ  
В.А. МИХЕЛЬСОНА**

*Е.В. Береснева<sup>1</sup>, И.А. Охлопков<sup>1</sup>, А.А. Быстров<sup>1</sup>, А.В. Михайленко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва,  
beresneva.ev@bk.ru

***Аннотация:** статья посвящена анализу температурно-влажностных особенностей вегетационного периода через призму многолетних данных Метеорологической обсерватории им. В. А. Михельсона. Представленный анализ рассматривает изменения температуры и осадков, вычисляет гидротермический коэффициент ГТК в вегетационный период, определяет основные закономерности и тенденции. Основное внимание уделяется связи между температурой и осадками, их воздействию на рост и развитие растений. Методология анализа включает статистическую обработку данных с 1961 по 2020 год и построение графиков, что помогает выявить сезонные и долгосрочные изменения метеорологических условий. Результаты и заключения данного исследования могут быть полезны для агро-климатических изысканий, сельскохозяйственного планирования и прогнозирования урожая.*

***Ключевые слова:** изменение климата, адаптация, температура, осадки, сельское хозяйство, гидротермический коэффициент.*

**Актуальность.** Период вегетации является критически важным этапом в жизненном цикле растений, поскольку определяет условия для их роста и развития, а также формирования будущего урожая. Температура и влажность окружающей среды в течение этого периода существенно влияют на физиологические и биохимические процессы, происходящие внутри растений [1,2].

На фоне глобального изменения климата, сельское хозяйство, как одна из самых климатозависимых отраслей хозяйства, нуждается в обеспечении различными методами адаптации к изменениям [3,4]. Формирование адаптационных мероприятий невозможно без длительных рядов наблюдений за погодой и климатом. В данной статье приводятся исследования и анализ изменений показателей температуры и осадков за период двух климатических

норм 1961-1990 и 1991-2020 годы. Подобный длинный ряд позволяет провести количественную и качественную оценку и зафиксировать изменения, которые происходили в этот продолжительный период времени.

**Материалы и методы.** Цель исследования - проанализировать температурно-влажностные характеристики периода активной вегетации по многолетним данным Метеорологической обсерватории им. В.А. Михельсона по периодам: 1961-1990 гг. и 1991-2020 гг.

Проанализированы длительные ряды метеорологических данных обсерватории им. В.А. Михельсона по температурам и осадкам по периодам – 1961-1990 гг. и 1991-2020 гг. Рассчитан гидротермический коэффициент увлажнения Г.Т. Селянинова за период активной вегетации.

**Обсуждение результатов.** Для озимых зерновых критический период с точки зрения погодных условий длится с мая по июль. Именно в это время растения проходят стадии выхода в трубку и колошения, когда их потребность во влаге особенно высока из-за активного роста. На стадии колошения и созревания требования озимых зерновых к теплу повышаются [5].

Для комплексной оценки условий вегетационного периода был использован ГТК [6], характеризующий уровень влагообеспеченности территории:

$$\text{ГТК} = \frac{\sum P}{0,1 \sum t} ,$$

где  $\sum P$  – сумма осадков, выпадающих за период активной вегетации, мм;  $\sum t$  – сумма активных температур за период активной вегетации, °С.

В таблице 1 показана частота (в процентах) значений ГТК для отдельных месяцев вегетационного периода в соответствии с классификационной шкалой уровней влагообеспеченности, предложенной Е.К. Зоидзе и Т.В. Хомяковой [7].

Оптимальные значения влагообеспеченности в мае наблюдались лишь в 7% случаев за базовый климатический период, в то время как неблагоприятные условия с избыточным увлажнением варьировались в диапазоне от 33 до 57% случаев за исследуемый 60-летний ряд наблюдений в период с мая по июль. Также следует отметить, что экстремально низкие значения ГТК чаще наблюдались за период 1991-2020 гг. в июле с повторяемостью 10%. В целом, наиболее часто засушливые явления складывались в мае за базовый климатический период с повторяемостью 13%.

*Таблица 1*

**Повторяемость ГТК по месяцам вегетационного периода в соответствии с классификацией Е.К. Зоидзе и Т.В. Хомяковой**

ГТК	Характер степени влагообеспеченности	Повторяемость ГТК, %					
		Май 1961-1990 гг.	Май 1991-2020 гг.	Июнь 1961-1990 гг.	Июнь 1991-2020 гг.	Июль 1961-1990 гг.	Июль 1991-2020 гг.
<0,20	Катастрофическая и низкая (очень сильная засуха)	7	0	0	3	0	10
0,21-0,40	Исключительно низкая (сильная засуха)	7	3	7	0	3	3
0,41-0,60	Очень низкая (средняя засуха)	13	7	7	3	3	7
0,61-0,75	Низкая (слабая засуха)	0	10	0	10	10	0
0,76-1,10	Недостаточная	17	20	13	23	3	20
1,11-1,40	Оптимальная	7	20	17	10	20	13
1,41-1,50	Повышенная	7	7	0	3	7	7
>1,50	Избыточная	43	33	57	47	53	40

На рисунке 1 представлена динамика повторяемости значений ГТК за периоды 1961-1990 и 1991-2020 гг. За последние десятилетия в июне и июле отмечается уменьшение числа лет с оптимальными условиями вегетационного периода. Соответственно возрастает число лет с недостаточным увлажнением. Так, подобные условия за период 1991-2020 гг. наблюдаются в июле в 6 раз чаще, чем за период 1961-1990 гг. Следует отметить, что во всех исследуемых месяцах за период 1991-2020 гг. происходит уменьшение количества лет, характеризующихся избыточной влагообеспеченностью, относительно базового периода.

Статистические характеристики условий периода активной вегетации за период с температурами выше 10°C представлены в табл. 2. Сумма активных температур вегетационного периода за базовый климатический период в среднем составляла 2269°C. Минимальное значение 1855°C наблюдалось в 1980 г., максимальное значение 2675°C – в 1981 г. Сумма осадков вегетационного периода за базовый период в среднем составляла 332 мм. Минимальное значение, 204 мм, наблюдалось в 1964 г., максимальное значение – 474 мм в 1981 г. ГТК за вегетацию в базовом периоде в среднем был равен 1,5. Минимальное значение составляло 0,85 в 1964 г., максимальное 2,3 – в 1976 г.

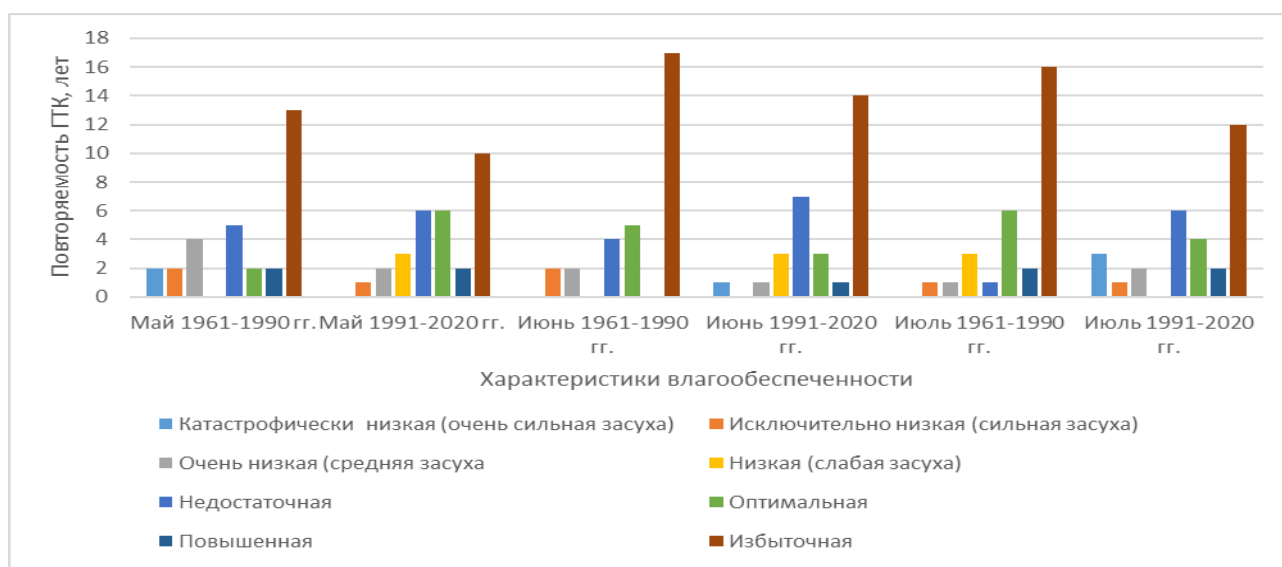


Рис. 1. Многолетняя помесечная динамика повторяемости значений ГТК за 1961-1990 и 1991-2020 гг.

Сумма активных температур за период 1991-2020 гг. в среднем составляла 2508°C. Минимальные значение 2058°C и 2059°C наблюдались в 1993 и в 1994 гг. Максимальное значение 2963°C отмечалось в 2010 г. Сумма осадков за в среднем составляла 350,4 мм. Минимальное значение 154 наблюдалось в 2002 г. Максимальное 667 мм наблюдалось в 2020 г. ГТК за вегетацию в среднем анализируемый период составил 1,4. Максимальное значение 2,5 наблюдалось в 2020 г., минимальное значение 0,6 – в 2002 году.

Таблица 2

### Статистические характеристики температурно-влажностных параметров

Статистические характеристики	Сумма активных температур		Сумма осадков		ГТК	
	1961-1990 гг.	1991-2020 гг.	1961-1990 гг.	1991-2020 гг.	1961-1990 гг.	1991-2020 гг.
Среднее	2269	2508	332	350	1,5	1,4
Стандартное отклонение	229	225	72	117	0,4	0,5
Минимальное значение	1855	2058	204	154	0,9	0,6
Квартиль 1	2134	2408	281	247	1,2	1,0
Квартиль 2	2263	2531	327	333	1,4	1,3
Квартиль 3	2441	2620	379	441	1,7	1,9
Максимальное значение	2675	2963	474	667	2,3	2,5

Следует отметить, что по суммам активных температур наблюдается увеличение среднего значения на 239°C (10,5%) за период 1991-2020 гг. по сравнению с базовым. Также увеличились значения по первому и третьему квартилям, при этом межквартильный размах сократился с 307,3 до 211,7 (на 31%), что говорит о стабильном росте значений сумм активных температур при снижении вариативности этого показателя. Сумма осадков за вегетационный период в среднем увеличилась на 18,2 мм (5%) относительно климатической нормы. Сумма осадков по первому квартилю за период 1991-2020 гг. снизилась на 33,8 мм (12%), а по третьему квартилю увеличилась на 61,4 (16,2%). Межквартильный размах увеличился на 95,2 мм (96,7%). Данные изменения свидетельствуют о росте неоднородности в ряде сумм осадков за вегетационный период за последние 60 лет.

ГТК Селянинова в целом повторяет изменения в ряде сумм осадков, прослеживается та же тенденция на рост неоднородности показателя: наблюдается рост межквартильного размаха, стандартного отклонения и пограничных значений.

**Заключение.** В свете глобальных изменений климата и связанных с ними будущих проблем, анализ климатических данных за период с 1961 по 2020 гг. позволяет выявить качественные перемены в метеорологической ситуации в исследуемом районе. Изменения в режиме температуры и влажности могут иметь крайне негативные последствия для ведения сельского хозяйства, которое является одной из наиболее зависимых от погодных условий отраслей экономики.

Анализ изменений сумм активных температур и осадков за вегетационный период за последние 30 лет показывает значительное увеличение среднего значения суммы активных температур на 10,5%, сопровождаемое увеличением средней суммы осадков на 5%. Одновременно с этим отмечается снижение вариативности показателей и увеличение неоднородности осадков, что свидетельствует о потенциальном влиянии изменяющихся климатических условий на агроклиматические процессы.

Анализ динамики повторяемости значений ГТК за последние десятилетия показывает увеличение числа лет с недостаточным увлажнением в июне и июле, что может негативно сказаться на условиях вегетационного периода. Статистические данные также отражают увеличение средних значений сумм активных температур и сумм осадков за анализируемый период, а также изменение ГТК, что свидетельствует о возможных изменениях в агроклиматических условиях в рассматриваемом регионе.

### **Библиографический список**

1. Грингоф И.Г., Павлова В.Н. Основы сельскохозяйственной метеорологии. В 3 т./Том III. Часть 1. Основы агроклиматологии. Часть 2. Влияние изменений климата на экосистемы, агросферу и сельскохозяйственное производство. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2013. – 384 с.

2. Быстров, А. А. Влияние современных агрометеорологических условий на перезимовку озимой тритикале в условиях полевой станции РГАУ МСХА / А. А. Быстров, А. И. Белолобцев, В. Н. Игонин // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2022. – Т. 32, № 4. – С. 460-467.

3. Белолобцев, А.И. Сценарии воздействия изменений климата на сельское хозяйство / А.И. Белолобцев, Е.А. Дронова, И.Ф. Асауляк // Естественные и технические науки, № 6, 2018г. С. 77-82.

4. Биоклиматический потенциал России: мера адаптации в условиях изменяющегося климата/А.В. Гордеев, А.Д. Клещенко, Б.А. Черняков и др.; Под ред. А.В. Гордеева. – М.: Типография Россельхозакадемии, 2007. – 236 с.

5. Смирнов И.А., Дронова Е.А. Оценка связи значений урожайности озимой пшеницы на территории Ростовской области с характером глобальных атмосферных циркуляций в северном полушарии Земли. // Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к Году науки и технологий. Иркутск, 2021. С. 463-468.

6. Смирнов И.А., Дронова Е.А. Возникновение опасных агрометеорологических явлений в годы со снижением урожайности озимой пшеницы на примере Белгородской области. // Международная научная конференция молодых ученых и специалистов, посвященная 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева. Сборник статей. Москва, 2023. С.379-384.

7. Зоидзе, Е.К. Моделирование формирования влагообеспеченности территории Европейской России в современных условиях и основы оценки агроклиматической безопасности / Е.К. Зоидзе // Метеорология и климатология. – 2006. – №2. – С. 98 –105.

**ANALYSIS OF TEMPERATURE AND HUMIDITY  
CHARACTERISTICS OF THE GROWING SEASON CONDITIONS BASED  
ON LONG-TERM DATA FROM THE V.A. MIKHELSON  
METEOROLOGICAL OBSERVATORY**

E.V. Beresneva, I.A. Okhlopkov, A.A. Bystrov, A.V. Mikhailenko  
RGAU-Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,  
Moscow, [beresneva.ev@bk.ru](mailto:beresneva.ev@bk.ru)

*Summary: the article is devoted to the analysis of temperature and humidity characteristics of the growing season through the prism of long-term data from the V. A. Mikhelson Meteorological Observatory. The presented analysis examines changes in temperature and precipitation, calculates the hydrothermal coefficient of the SCC during the growing season, and determines the main patterns and trends. The main focus is on the relationship between temperature and precipitation, and their effects on plant growth and development. The methodology of the analysis includes statistical processing of data from 1961 to 2020 and the construction of graphs, which helps to identify seasonal and long-term changes in meteorological conditions. The results and conclusions of this study can be useful for agro-climatic surveys, agricultural planning and crop forecasting.*

*Keywords: climate change, adaptation, temperature, precipitation, agriculture, hydrothermic coefficient.*