

АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Р. Г. Галимова, Ю. П. Переведенцев, Г. А. Яманаев

*Башкирский государственный университет, Россия
Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия*

Поступила в редакцию 17 апреля 2019 г.

Аннотация: В статье рассматриваются наиболее распространенные показатели агроклиматических ресурсов на территории Башкортостана: суммы температур воздуха выше 0 и 10°C, коэффициент увлажнения Г. Н. Высоцкого и Н. Н. Иванова, гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова, индекс засушливости Д. А. Педя. Проведен анализ многолетней динамики указанных показателей, выявлены основные пространственно-временные закономерности в их распределении. В качестве исходных материалов использовались среднесуточные данные по температуре воздуха и атмосферным осадкам за период 1966-2015 гг., содержащиеся в фондах ВНИИГМИ-МДЦ и БашУГМС.

Ключевые слова: агроклиматические ресурсы, изменение климата, суммы положительных температур, коэффициент увлажнения Высоцкого-Иванова, ГТК Селянинова, индекс биологической эффективности климата, индекс Педя, Республика Башкортостан.

Agro-climatic resources of the Republic of Bashkortostan

R. G. Galimova, Yu. P. Perevedentsev, G. A. Yanaev

Abstract: This article discusses the most common indicators of agroclimatic resources on the territory of Bashkortostan: the sum of temperatures above 0 and 10°C, the rate of hydration G. N. Vysotsky and N. N. Ivanova, hydrothermal coefficient G. T. Selyaninova, the index of aridity D. A. Peda. The analysis of long-term dynamics of these indicators, identified the major spatial and temporal patterns in their distribution. As initial materials were used average daily data for air temperature and precipitation for the period 1966-2015 years contained in the collections of VNIIGMI-IBC and Basps.

Key words: agro-climatic resources, climate change, sum of positive temperatures, the moisture ratio Vysotsky-Ivanov, SCC selyaninova, the index of biological effectiveness of climate, the index Peda, Republic of Bashkortostan.

ВВЕДЕНИЕ

Наблюдаемые в последние десятилетия климатические изменения затрагивают тепло- и влагообеспеченность Российских регионов влияет на термические условия и ресурсы увлажнения. А это сказывается на условиях произрастания сельскохозяйственных культур, изменчивости агроклиматических ресурсов.

Агроклиматическими условиями региона считаются климатические условия, которые оказывают существенное влияние на объекты и процессы сельскохозяйственного производства. К ним, главным образом, относятся температурные характеристики и условия увлажнения, непосредственно влияющие на вегетацию выращиваемых культур [13].

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА

В статье проанализированы изменения ряда агроклиматических характеристик: суммы температур выше 0 и 10°C, индексы увлажнения и гидротермические коэффициенты на территории Республики Башкортостан (РБ).

Для расчетов сумм температур воздуха выше 0 и 10°C использовались данные наблюдений с суточным разрешением из базы ВНИИГМИ-МДЦ с 1966 по 2015 годы (50 лет) по 8 метеостанциям Республики Башкортостан.

Для оценки условий увлажнения (засушливости) территории существует достаточно много методик, среди которых наиболее распространены комплексные показатели – коэффициент увлажнения Г. Н. Высоцкого и Н. Н. Иванова, гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова, индекс ат-

Таблица 1

Классификация условий по грациям коэффициента увлажнения $KУ$

Условия	$KУ$
Очень влажные (экстрагумидные)	Более 1,33
Влажные (гумидные)	1,33 – 1,00
Полувлажные (семигумидные)	1,00 – 0,55
Полусухие (семиаридные)	0,55 – 0,33
Сухие (аридные)	0,33 – 0,12
Очень сухие (экстрааридные)	Менее 0,12

Таблица 2

Уровень экологического потенциала и шкала устойчивости геосистем в зависимости от грации $ИБЭК$

Значение $ИБЭК$	Уровень экологического потенциала [1]	Шкала устойчивости геосистем [5]
0-8	очень низкий	наиболее неустойчивые
8-12	низкий	неустойчивые
12-16	средний	умеренно устойчивые
16-20	относительно высокий	устойчивые
20 и более	высокий	наиболее устойчивые

мосферного увлажнения Д. А. Педея, индекс сухости по М. И. Будыко, индекс увлажнения Д. Н. Шашко, коэффициент увлажнения С. А. Сапожниковой [3, 9, 13]. Авторами в данном исследовании рассчитывались следующие показатели: коэффициент увлажнения Высоцкого-Иванова ($KУ$), гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова ($ГТК$), индекс атмосферного увлажнения Д. А. Педея (S).

Коэффициент увлажнения Высоцкого-Иванова рассчитывается по формуле:

$$KУ = \frac{R}{E}, \quad (1)$$

где R – годовое количество атмосферных осадков (мм), E – годовая испаряемость (мм).

Для расчета испаряемости нами использовалась формула Н. Н. Иванова:

$$E = 0,0018 \cdot (T + 25)^2 \cdot (100 - f), \quad (2)$$

где T – средняя месячная температура воздуха ($^{\circ}C$), f – средняя месячная относительная влажность (%) [12].

В прикладных задачах использование $KУ$ получило применение для выявления условий различной степени засушливости. Так, засуха отмечается при условиях $KУ \leq 0,25-0,35$. Ранжирование условий по коэффициенту увлажнения производится следующим образом (таблица 1) [8].

В работе [10] представлен интегральный показатель тепло- и влагообеспеченности – так называемый индекс биологической эффективности

климата ($ИБЭК$), представляющий произведение годовой суммы активных температур воздуха выше $10^{\circ}C$ ($\sum T$) на коэффициент увлажнения (1).

$$ИБЭК = 0,01 \cdot \sum T \cdot KУ. \quad (3)$$

$ИБЭК$ синтезирует важнейшие гидрометеорологические элементы: атмосферные осадки, температуру и относительную влажность воздуха, что, в свою очередь, характеризует годовую теплообеспеченность и влагообеспеченность и хорошо отражает общий экологический фон [5].

В зависимости от величины $ИБЭК$ существуют разные интерпретации экологических условий. Так, авторы [1, 5] выделили уровень экологического потенциала или шкалу устойчивости экосистем (таблица 2).

Зоне экологического оптимума соответствует $ИБЭК$, равный 22 [1]. Территория с соответствующим значением $ИБЭК$ представляет собой некую экологическую ось или ядро, от которого естественные условия обитания ухудшаются. К северу из-за общего снижения запасов тепла, а к югу – вследствие снижения естественной влагообеспеченности территории и одновременного усиления температурного дискомфорта из-за избытка тепла. В этом отчетливо проявляется широтно-зональная закономерность изменчивости климата [11].

Следующим широко распространенным показателем тепло- и влагообеспеченности территории, использованным в данном исследовании – гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова, раз-

Градации гидротермического коэффициента Г. Т. Селянинова [3, 10]

Значение ГТК	Влагообеспеченность (степень засушливости)
> 2,00	переувлажненная
2,00 – 1,51	избыточная
1,50 – 1,41	повышенная
1,40 – 1,11	достаточная (оптимальная)
1,10 – 0,76	недостаточная
0,75 – 0,61	низкая (слабая засуха)
0,60 – 0,41	очень низкая (средняя засуха)
0,40 – 0,21	исключительно низкая (сильная засуха)
< 0,20	катастрофически низкая (очень сильная засуха)

Таблица 4

Градации коэффициента засушливости Д. А. Педея (S_i) [4]

Сезон года	Критерии S_i	Погодно-климатические условия
Теплый период	$S_i \geq 3$	сильная засуха
	$3 > S_i > 2$	средняя засуха
	$1 < S_i \leq 2$	засушливые условия (слабая засуха)
	$-1 \leq S_i \leq 1$	нормальные условия увлажнения
	$-2 \leq S_i < -1$	влажные условия (слабое избыточное увлажнение)
	$-3 < S_i < -2$	среднее избыточное увлажнение
Холодный период	$S_i \leq -3$	сильное избыточное увлажнение
	$S_i > 2$	зима теплая и многоснежная
	$S_i < -2$	зима холодная и малоснежная

работанный и внедренный для сельскохозяйственной оценки климата в 1920-1930-х годах. Данный показатель характеризует общие условия увлажнения и теплообеспеченности. С его помощью можно определять степень увлажнения с точки зрения соотношения тепла и влаги. ГТК рассчитывается по формуле:

$$ГТК = \frac{10R}{\Sigma T}, \quad (4)$$

где R – сумма осадков за период с температурами выше 10°C , ΣT – сумма температур за тот же период.

Интерпретируется ГТК по Г. Т. Селянинову следующим образом: северная граница степной зоны на Европейской территории России (включая РБ) совпадает с изолинией ГТК = 1 в период июнь-август, северная граница полупустыни – с изолинией ГТК = 0,5. При этом период считается засушливым при ГТК меньше 1,0 и сухим при ГТК меньше 0,5 (таблица 3).

Для анализа изменений ГТК использованы данные БашУГМС с 1966 по 2015 год. Коэффициент рассчитывался для месяцев активной вегетации – с мая по август.

Для анализа изменений ГТК были построены графики его многолетнего хода, посредством которых определялись характеристики трендов по метеорологическим станциям (МС) республики.

В агроклиматической практике часто используется индекс засушливости (S) Д. А. Педея, разработанный им в 1975 году в Гидрометцентре СССР для описания условий засушливости и засух. Индекс учитывает аномальные условия погоды, наиболее важные для формирования засухи – аномалии температуры воздуха, осадков и влажности в почве [6, 7, 9]. Затем этот индекс был доработан для условий зимнего периода. Для теплых и холодных периодов индексы S рассчитываются по формулам:

$$S_{Si} = \frac{DT_i}{Ds_{Ti}} - \frac{DR_i}{Ds_{Ri}} \text{ и } S_{Wi} = \frac{DT_i}{Ds_{Ti}} + \frac{DR_i}{Ds_{Ri}}, \quad (5)$$

где S_{Si} – летний индекс Педея, S_{Wi} – зимний индекс Педея, DT_i – аномалия температуры воздуха, DR_i – аномалия количества осадков, s_{Ti} и s_{Ri} – средние квадратические отклонения T_i и R_i в пункте i [4]. Условия резкой засушливости характеризуются значениями $S_s \geq 2$, при $S_s \leq -2$ наблюдается избыток влагообеспеченности (таблица 4).

Характеристики сумм температур воздуха выше 0°C

Станция	Выше 0°C					
	Средняя	Минимальная (год)	Максимальная (год)	КНЛТ (°C/10 лет)	b^*	R^2
Янаул	2496	2089 (1969)	3006 (2012)	60	2346	0,186
Дуван	2350	1941 (1969)	2988 (2012)	71	2169	0,219
Кушнаренково	2752	2770 (1969)	3411 (2012)	68	2578	0,196
Уфа-Дема	2720	2274 (1969)	3391 (2012)	62	2563	0,188
Аксаково	2561	2123 (1978)	3222 (2012)	76	2366	0,211
Тукан	2206	1883 (1992)	2906 (2012)	62	2047	0,192
Стерлитамак	2833	2328 (1969)	3627 (2012)	95	2591	0,334
Зилаир	2448	2068 (1992)	3167 (2012)	74	2259	0,236
Среднее по РБ	2546			71		

Примечание: b^* – начальное значение линии тренда

Таблица 6

Характеристики сумм температур воздуха выше 10°C

Станция	Выше 10°C					
	Средняя	Минимальная (год)	Максимальная (год)	КНЛТ (°/10 лет)	b^*	R^2
Янаул	2147	1652 (1969)	2737 (2012)	83	1939	0,245
Дуван	1974	1440 (2002)	2545 (2010)	44	1859	0,071
Кушнаренково	2408	1813 (1969)	3094 (2012)	84	2193	0,234
Уфа-Дема	2394	1693 (1986)	3140 (2012)	83	2181	0,218
Аксаково	2250	1725 (1969)	2922 (2012)	95	2007	0,260
Тукан	1768	1250 (1974)	2541 (2012)	99	1514	0,261
Стерлитамак	2487	2018 (1986)	3349 (2012)	101	2229	0,300
Зилаир	2122	1689 (1969)	2901 (2012)	82	1913	0,208
Среднее по РБ	2194			83		

Гидротермические индексы и коэффициенты рассчитывались по данным многолетних наблюдений по 30 метеостанциям Башкирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 1966-2015 годы.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Одной из необходимых агроклиматических задач является оценка термического режима вегетационного периода [7, 12]. Для характеристики агроклиматических ресурсов важны суммы накопленных среднесуточных температур воздуха, которые оказывают прямое влияние как на общее развитие растений, так и на их развитие в отдельные фазы.

Средняя сумма температур выше 0°C по республике в целом составляет 2546°C (таблица 5). Ее величина повышается с севера на юг, значительно понижаясь в горной части. Наименьшие суммы в равнинной части характерны для северо-во-

стока и составляют 2300-2400°C. На Южном Урале эти величины не превышают 2200°C. На юге Предуралья отмечаются суммы температур более 2800°C.

В многолетнем разрезе минимальные суммы температур приходились на 1969, 1978 и 1992 годы, так в 1969 году они изменялись по территории РБ от 1900 до 2300°C. Наименьшая сумма отмечена на МС Тукан в 1992 году и составила 1883°C. Наибольшие суммы температур повсеместно наблюдались в 2012 году, их значения колебались от 2906 до 3627°C.

В период (1966-2015) выявляется четко выраженная тенденция роста сумм температур выше 0°C (рис. 1). В среднем по РБ коэффициент наклона линии тренда (КНЛТ) этой величины составляет 71°C/10 лет. Интенсивнее всего увеличение происходит в южной части Предуралья (МС Стерлитамак, 95°C/10 лет), наименьший рост – на севе-

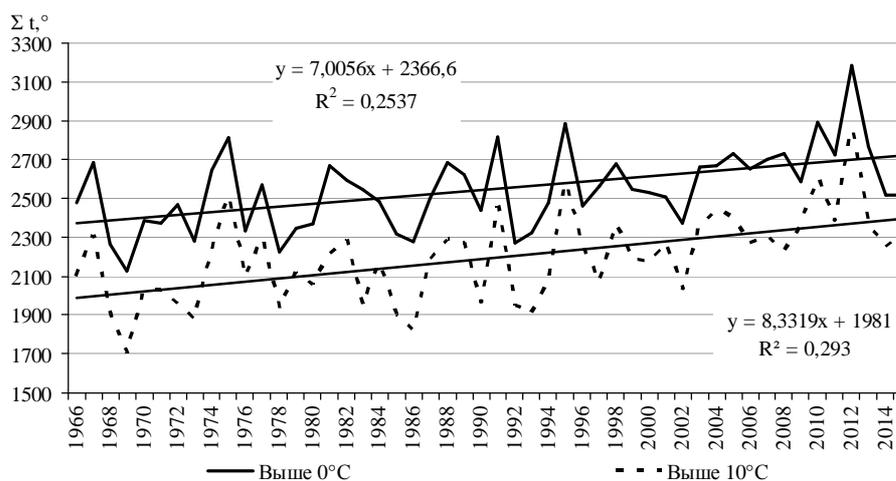


Рис. 1. Многолетний ход сумм температур выше 0 и 10°C, осредненных для РБ (1966-2015 гг.)

Примечание: в уравнениях линейного тренда y – сумма температур, x – порядковый номер года, год 1966 идет под номером 1, год 2015 является 50-ым..

ро-западе республики (МС Янаул, 60°C/10 лет). Коэффициенты детерминации R^2 показывают, что тренды являются статистически значимыми. Главной причиной выявленной тенденции роста сумм температур – устойчивый рост температур воздуха во все месяцы года в интервале лет 1966-2015.

Сумма температур выше 10°C в среднем по республике составляет 2194°C (таблица 6). Минимальные значения приходятся на горную часть, при этом они сильно отличаются от значений минимальных сумм, наблюдающихся в равнинной части (на 200°) из-за сильного сокращения здесь продолжительности теплого периода.

Наименьшие суммы температур для данного критерия отмечались в 1969, 1974, 1986, 2002 годах. Рекордно низкая сумма температур наблюдалась в горной части и составила 1250°C (МС Тукан, 1974 г.). Максимальные суммы температур приходятся на тот же год (2012 г.), что и суммы выше 0°C, за исключением МС Дуван, где максимальное значение регистрировалось в 2010 году.

Тренды многолетнего хода сумм температур выше 10°C имеют восходящий вид (рис. 1), что свидетельствует об их увеличении. Среднее значение КНЛТ по республике составляет 83°C/10 лет. Общая тенденция сумм температур по всем метеостанциям положительная (R^2 статистически значим, кроме МС Дуван).

Распределение величин КНЛТ по территории республики характеризуется увеличением в южном направлении. Максимальный КНЛТ характерен для МС Стерлитамак (101°C/10 лет), минимальный – МС Дуван (44°C/10 лет).

Термические условия и увеличение разных температурных показателей приводят к усилению испаряющего потенциала. Величина испарения непосредственно влияет на влагообеспеченность, а, следовательно, на условия потребления влаги сельскохозяйственными культурами.

Условия увлажнения по коэффициенту увлажнения в пределах Республики Башкортостан изменяются от «сухих» ($KУ=0,46$, МС Акъяр, Зауралье) до «очень влажных» ($KУ=1,62$, МС Павловка, Уфимское плато). В районе Башкирского Предуралья величина $KУ$ уменьшается с севера на юг от 1,13-1,32 до 0,71-1,00. Заметно повышение $KУ$ в предгорной и горной частях республики: на западных склонах этот коэффициент составляет 1,18-1,55 (МС Архангельское, Улу-Теляк), в горах – 1,22-1,59 (МС Кананикольское, Тукан, Башгосзаповедник), на восточной подветренной стороне – 1,06 (МС Белорецк). В меридионально вытянутом Зауралье отмечается аналогичная закономерность – уменьшение $KУ$ в южном направлении (от 0,89 по МС Учалы до 0,54-0,46 по МС Баймак и Акъяр). Возвышенности на равнинной части Предуралья влияют на увеличение увлажнения. Так, на Уфимское плато $KУ$ составляет 1,28 (МС Караидель), на Бугульминско-Белебеевской возвышенности – 1,02 (МС Аксаково), на возвышенности Общего Сырта – 0,85 (МС Кумертау). Среднее значение $KУ$ по территории Башкортостана равно 1,0.

Рассматривая многолетнюю динамику $KУ$, можно отметить, что значения КНЛТ на большинстве станций отрицательны (за исключением МС Аскино, Емаши, Раевский, Кумертау). Однако, ста-

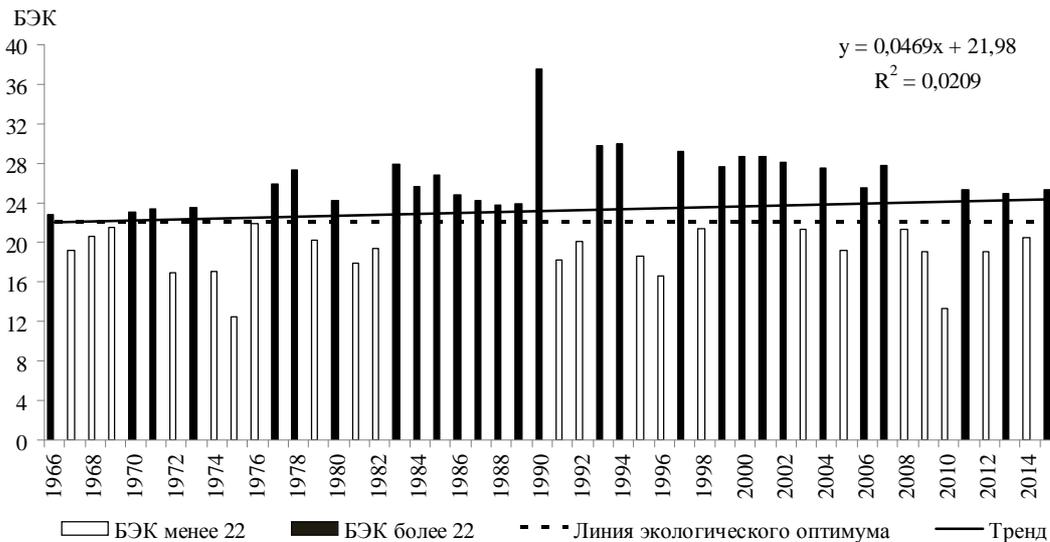


Рис. 2. Многолетний ход индекса биологической эффективности климата, осредненного для РБ (1966-2015 гг.)

статистически значимый тренд обнаруживается только по МС Зилаир, где наблюдаются самые значительные изменения (уменьшения *КУ*). Причина – усиление засушливости на территории РБ из-за роста температуры воздуха. В целом по республике коэффициент наклона линейного тренда *КУ* составляет – 0,011/10 лет.

Анализируя многолетний ход *КУ* по метеостанциям, можно отметить, что кривые распределения довольно синхронны для метеостанций, находящихся в разных частях республики (рис. 3). Это свидетельствует об однородности изменений данного показателя для всего региона. Авторами проанализировано распределение условий увлажнения по годам. Общая тенденция сводится к тому, что уменьшается частота лет с полувлажными и влажными условиями и увеличивается – с полусухими и сухими.

При этом наиболее значительное уменьшение *КУ* характерно для южной части Южного Урала и западных предгорий. Общей причиной является рост температур и некоторое уменьшение атмосферных осадков, особенно в летний период.

Наибольшая интенсивность увеличения *КУ* характерна для окраинных районов южного Предуралья и Зауралья. Это в большей степени объясняется значительным увеличением атмосферных осадков.

Нами были проанализированы пространственно-временные изменения *ИБЭК*. Осредненное значение данного индекса для РБ составляет 23,3. Разброс средних значений по территории не столь значительно: от 20,5-24,9 в Предуралье до 27,4 в горной части.

Наименьшие значения *ИБЭК* по ряду станций были выявлены в 1975 году (засушливый год). Исключение составили МС Уфа-Дема (2010 г.) и Тузан (1974 г.). Индекс колебался от 8,9 до 15,4 при среднем республиканском значении – 12,5.

Наибольшие показания индекса выявлены на половине метеостанций в 1977, 1978, 1990, 1994, 2001 годах. Разброс значений составляет довольно большой диапазон – от 29,9 до 45,8 при среднем 37,5.

В целом по республике отмечается слабый рост *ИБЭК*. Коэффициент наклона линейного тренда составляет 0,47/10 лет (рис. 2). Наибольшая скорость изменения выявлена в северной части Южного Урала (1,09/10 лет, МС Тузан). При этом одна метеостанция имеет отрицательный тренд – это МС Зилаир, где КНЛТ составил – 0,94/10 лет.

Таким образом, биологическая эффективность климата в пределах республики имеет, за исключением окраины Южного Урала, тенденцию роста, что хорошо согласуется с трендами основных гидрометеорологических показателей (температурой воздуха, суммой активных температур, суммой атмосферных осадков).

Рассматривая пространственные закономерности распределения *ГТК*, необходимо отметить, что его средние значения (май-август) по территории республики различаются более чем в два раза. Наименьшие показатели характерны для юга Зауралья и составляют 0,71 (МС Акъяр), наибольшие – 1,66 для горной части (МС Тузан), осредненное значение по республике – 1,13. Величина *ГТК* уменьшается в целом с севера на юг, в горной части происходит его закономерное увеличение.

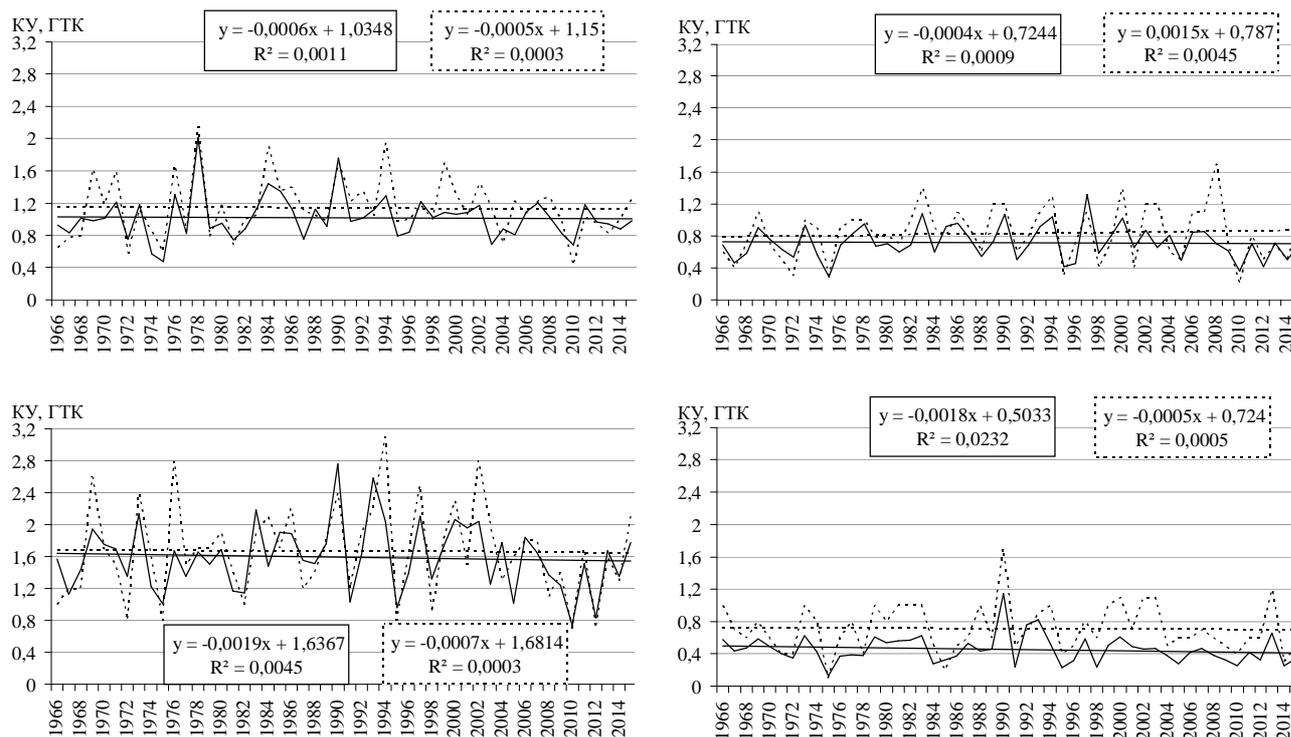


Рис. 3. Многолетний ход КУ (сплошная линия) и ГТК Селянинова (пунктирная линия) (1966-2015 гг.)

Примечание: уравнения линейных трендов для КУ заключены в прямоугольники отмеченные сплошной линией, а для ГТК прерывистой.

Таблица 7

Повторяемость ГТК по Республике Башкортостан в период 1966-2015 гг.

ГТК	> 2,00	2,00 – 1,51	1,50 – 1,41	1,40 – 1,11	1,10 – 0,76	0,75 – 0,61	0,60 – 0,41	0,40 – 0,21	< 0,20
Количество лет	2	2	9	9	23	1	3	1	–
Повторяемость, %	4	4	18	18	46	2	6	2	–

Согласно данным таблицы 7 видно, что из рассмотренного 50-летнего периода 23 года (46%) относятся к условиям недостаточного увлажнения. Засушливые условия ($ГТК \leq 0,75$) отмечались в пределах республики всего 5 раз (10%). Самые низкие значения ГТК проявились в 2010 году (0,40) и 1975 году (0,48). Повторяемость лет с повышенной влагообеспеченностью ($ГТК \geq 1,41$) составила 26% (13 лет). При этом следует отметить, что большая часть лет с указанными условиями увлажнения наблюдается преимущественно в первую часть периода. Самым переувлажненным стал 1994 год ($ГТК = 2,03$).

Анализ графиков многолетнего хода ГТК дает представление о временных изменениях показателя, а также об увлажнении каждого года. Средний коэффициент наклона линейного тренда

ГТК по республике составляет 0,006/10 лет. На 18 станциях, расположенных преимущественно в северной части республики, выявлены положительные тренды. Южные станции имеют в основном отрицательные КНЛТ. Коэффициенты детерминации всех станций оказались не значимыми.

Условия увлажнения отдельных лет существенным образом отличаются от климатических. Для анализа ежегодных условий авторами рассмотрено хронологическое распределение ГТК и рассчитаны характеристики его трендов. На рисунке 3 приведен пример для ряда метеостанций, расположенных в различных частях республики. На каждой станции отмечаются годы с засушливыми и переувлажненными условиями (критерии даны в таблицах 1 и 2).

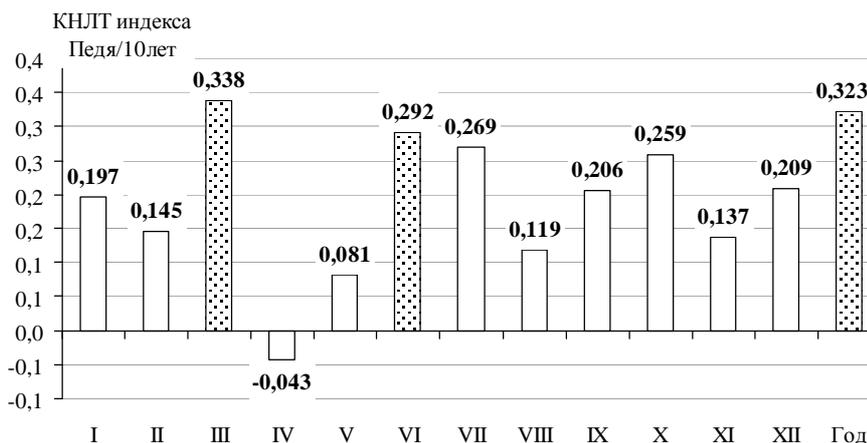


Рис. 4. Осредненные КНЛТ индекса Д. А. Педея для республики Башкортостан (1966-2015 гг.)

Многолетняя динамика индекса Д. А. Педея имеет восходящий характер, что свидетельствует о его росте. Характеристики трендов по метеостанциям представлены на рисунке 4. Обращает на себя внимание устойчивое увеличение годового индекса по республике (на 17 метеостанциях коэффициент детерминации $\leq 0,08$).

Значения КНЛТ индекса Д. А. Педея в среднем увеличиваются в южном направлении (также как и их R^2). Среднее значение по РБ составляет 0,323/10 лет ($R^2 = 0,120$). Наибольшие значения приходятся на южные части Южного Урала и Зауралья. Максимально высокие коэффициенты установлены на МС Кананикольское (0,528/10 лет, $R^2 = 0,250$), Зилаир (0,523/10 лет, $R^2 = 0,283$) и Акъяр (0,476/10 лет, $R^2 = 0,212$).

Внутригодовое распределение индекса S в разные годы существенно колеблется. Однако, рассматривая динамику каждого месяца, можно отметить, что отрицательные КНЛТ выявлены только в апреле. Статистически значимые тренды обнаружены в марте, июне и в целом за год.

Использование индекса Д. А. Педея позволяет оценить засушливость или увлажненность, определить теплые влажные или холодные сезоны года. В результате анализа были выявлены годы со значениями S менее -2 и более 2 (таблица 8) (также указаны годы с 20% отклонением от указанных значений).

Самыми суровыми месяцами холодного периода были ноябрь 1993 (-4,47), декабрь 1966 (-3,28), март 1976 (-3,10). Самым холодным годом установлен 1969 (-3,49). В ноябре 1993 года 29 метеостанций из 30 имели значения S_w в диапазоне от -4,04 до -4,87. Предопределили такие условия очень низкие для данного месяца отрицательные темпе-

ратуры (от -12,4 до -16,1°C при средних значениях от -3,2 до -6,4°C). Продолжительной суровостью характеризовался период с января по март 1969 года, в течение которого средние значения по территории Башкортостана изменялись от -2,0 до -2,3.

Теплыми и многоснежными месяцами были февраль 1966 (3,35), декабрь 2000 (3,12), март 2002 года (3,10). Самый теплый год стал 1975 (3,03). В феврале 1966 году на 27 метеостанциях S колебался от 2,02 до 4,78. В данном месяце выпало огромное количество осадков (от 70-80 до 125-128 мм при средних многолетних значениях 15-52 мм).

В ноябре 2010 года метеостанции горной части и Зауралья характеризовались индексами от 3,33 до 4,85. В течение месяца выпало количество осадков в 2-3 раза больше нормы, что после мощной засухи 2010 года, в Зауралье это привело к формированию катастрофических паводков.

Самыми увлажненными месяцами теплого периода за многие годы наблюдений были сентябрь 1973 (-4,01), сентябрь 1987 (-4,00), октябрь 1976 (-3,40), май 1969 (-3,26), июль 1976 (-3,12) годов.

В сентябре 1973 года на 29 станциях индекс колебался от -3,19 до -5,66. Такое распределение вызвано тем, что температура воздуха была в 2 раза ниже, а количество осадков в 2-2,5 раза больше нормы. Подобные условия наблюдались в сентябре 1993 года и октябре 1976. Сентябрь 1987 года отличался превышением сумм осадков в 2-3,5 раза больше нормы.

Сильные засухи ($S \geq 3$) наблюдались в сентябре 1971 (3,16), июне 2010 (3,11), апреле 1995 (3,06) года. В апреле 1975 года сильная засуха отмечалась по западной периферии Башкортостана и в Зауралье (3,04-3,38), а на остальной территории

Годы с самыми «критическими» значениями индекса Д. А. Педея (1966-2015 гг.)

Месяц	Минимальные (суровая зима / увлажненное лето) (год)						Максимальные (мягкая зима / засушливое лето) (год)					
	I	-1,91 1969	-2,66 1972	-2,09 1974	-2,46 1987	-2,25 2010	2,55 1971	2,54 2001	2,33 2002	2,16 2004		
II	-2,15 1967	-2,22 1969	-2,01 1976	-2,00 1994	-2,00 2012	3,35 1966	2,01 1983	2,31 1995	2,61 2002	2,11 2008		
III	-2,30 1969	-3,10 1976	-2,21 1985	-2,81 1987	-2,66 1996	2,95 1990	2,88 1997	3,10 2002	2,45 2008	1,98 2014		
IV	-1,96 1979	-1,98 1981	-2,61 1987	-2,58 1998	-2,09 2007	2,25 1967	2,58 1975	2,43 1991	3,06 1995	2,03 2001	2,69 2012	
V	-3,26 1969	-2,08 1997	-2,07 1999	-3,08 2000	-2,61 2002	2,42 1979	2,18 1987	2,47 1991	2,35 2010	2,37 2014		
VI	-2,06 1969	-2,69 1979	-2,47 2002	-2,54 2003		2,08 1975	2,48 1987	2,09 1989	2,40 1998	2,01 2009	3,11 2010	2,07 2015
VII	-2,28 1969	-2,88 1973	-3,12 1976	-2,22 1985	-3,24 1994	1,97 1989	2,86 2010	1,74 2011	2,45 2014			
VIII	-2,69 1980	-2,83 1984	-1,98 1994			2,31 1972	2,11 1981	2,37 2003	2,81 2007	2,88 2010		
IX	-4,01 1973	-4,00 1987	-3,55 1993	-1,84 2008		3,16 1971	2,76 1975	2,09 2003	2,31 2015			
X	-2,34 1969	-3,40 1976	-1,84 2014			2,09 1967	2,33 1974	2,14 1981	2,75 1991			
XI	-1,88 1976	-2,11 1987	-4,47 1993	-1,84 2000		2,09 1990	1,98 2002	2,30 2008	2,97 2010			
XII	-3,28 1966	-2,35 1970	-2,23 1976	-3,32 1984	-2,86 2002	3,12 2000						
Год	-3,49 1969	-1,89 1986	-2,24 1993			3,03 1975	1,94 1991	2,47 1995	2,31 2010	2,03 2012		

Примечание: жирным выделены годы с наибольшими и наименьшими значениями индекса Д. А. Педея.

засуха была средней (2,02-2,95). Как исключение, обособился северо-восток республики, где значения индекса были меньше 2. В сентябре 1975 года наступила вторая волна засухи. Значения индекса колебались от 2,04 до 3,24.

В продолжительную засуху 2010 года с мая по сентябрь повсеместно значения индекса *S* были больше 2. В июне индекс достиг максимальных значений. По 24 станциям он был больше 3, что позволило отнести засуху в разряд сильной. В августе в южной части Южного Урала индекс понизился до 1,36-1,83, а в Предуралье он увеличился (по МС Бирск и Дуван индекс был больше 4,0).

Анализируя сводные данные, представленные в таблице 8, можно отметить, что наибольшее количество засух приходится на июнь (7 случаев), апрель, май и август (по 6 случаев).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно проведенному анализу современного состояния агроклиматических ресурсов на тер-

ритории Республики Башкортостан, можно сделать следующие выводы.

1. Агроклиматические условия для РБ изменяются. Это проявляется в увеличении сумм положительных и активных температур воздуха, индекса биологической эффективности климата.

2. Коэффициент увлажнения Иванова-Высоцкого и гидротермический коэффициент Селянинова имеют практически синхронный многолетний ход и, следовательно, аналогичную динамику. Временной анализ указанных гидротермических показателей существенных изменений не выявил.

3. Существенные изменения выявлены в динамике индекса засушливости Д. А. Педея. Во все месяцы (кроме апреля) этот индекс имеет положительные тренды, что свидетельствует о повышении засушливости территории.

4. Анализ пространственно-временной изменчивости агроклиматических характеристик позволяет установить, что на территории республики

происходит нарастание более засушливых условий, особенно в теплый период. В большей степени данная тенденция проявляется в южных частях республики, где засухи более интенсивные, чем в других районах РБ.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проекты 18-05-00721 и 18-45-160006.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абалаков А. Д. Устойчивость ландшафтов и ее картографирование / А. Д. Абалаков, Д. А. Лопаткин // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. – 2014. – Т. 8. – С. 2-14.
2. Всероссийский Научно-исследовательский институт Гидрометеорологической Информации - Мировой центр Данных (ВНИИГМИ-МЦД). – URL: <http://meteo.ru/>.
3. Зойдзе Е. К. Опыт агроклиматического и оперативного мониторинга засушливых явлений в России по наземным данным / Е. К. Зойдзе, О. И. Задорнова, Т. В. Хомякова // Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. – 2012. – № 565. – С. 152-164.
4. Изменения климатических условий и ресурсов Среднего Поволжья : учебное пособие по региональной климатологии / Ю. П. Переведенцев [и др.]. – Казань : Центр инновационных технологий, 2011. – 296 с.
5. Исаченко А. Г. Теория и методология географической науки / А. Г. Исаченко. – Москва : Академия, 2004. – 400 с.
6. Лаврова И. В. Классификация полей индекса атмосферной засушливости в связи с проблемой современных изменений климата / И. В. Лаврова, А. И. Угрюмов // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 12. – С. 25-32.
7. Летняя засуха (май - август 1949-1999 гг.) на территории бывшего СССР / В. П. Садоков [и др.] // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. – 2001. – Вып. 336. – С. 3-33.
8. Оганесян В. В. Климатические изменения периодов засух и избыточного увлажнения на территории России / В. В. Оганесян // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. – 2011. – Т. XXIV. – С. 307-316.
9. Педь Д. А. О показателях засухи и избыточного увлажнения / Д. А. Педь // Труды Гидрометцентра СССР. – 1975. – Вып. 156. – С. 19-39.
10. Переведенцев Ю. П. Агроклиматические ресурсы Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур / Ю. П. Переведенцев, Р. Б. Шарипова, Н. А. Важнова // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2012. – Вып. 2. – С. 120-126.
11. Рулев А. С. Компьютерное картографирование пространственного распределения градиентов показателей регионального климата юго-востока Европейской

части России / А. С. Рулев // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11. Естественные науки. – 2012. – № 1 (3). – С. 72-77.

12. Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами / под ред. Н. В. Кобышевой. – Санкт-Петербург : Росгидромет, 2008. – 336 с.

13. Синицина Н. И. Агроклиматология / Н. И. Синицина, И. А. Гольцберг, Э. А. Струнников. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1973. – 344 с.

REFERENCES

1. Abalakov A. D. Ustoychivost' landshaftov i ee kartografirovanie / A. D. Abalakov, D. A. Lopatkin // Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Nauki o Zemle. – 2014. – Т. 8. – С. 2-14.
2. Vserossiyskiy Nauchno-issledovatel'skiy institut Gidrometeorologicheskoy Informatsii – Mirovoy tsentr Danykh (VNIIGMI-MTsD). – URL: <http://meteo.ru/>.
3. Zoidze E. K. Opyt agroklimaticheskogo i operativnogo monitoringa zasushlivykh yavleniy v Rossii po nazemnym dannym / E. K. Zoidze, O. I. Zadornova, T. V. Khomyakova // Trudy Glavnoy geofizicheskoy observatorii im. A. I. Voeykova. – 2012. – № 565. – S. 152-164.
4. Izmeneniya klimaticheskikh usloviy i resursov Srednego Povolzh'ya : uchebnoe posobie po regional'noy klimatologii / Yu. P. Perevedentsev [i dr.]. – Kazan' : Tsentri innovatsionnykh tekhnologiy, 2011. – 296 s.
5. Isachenko A. G. Teoriya i metodologiya geograficheskoy nauki / A. G. Isachenko. – Moskva : Akademiya, 2004. – 400 s.
6. Lavrova I. V. Klassifikatsiya poley indeksa atmosferno y zasushlivosti v svyazi s problemoy sovremennykh izmeneniy klimata / I. V. Lavrova, A. I. Ugryumov // Meteorologiya i gidrologiya. – 2008. – № 12. – S. 25-32.
7. Letnyaya zasukha (may – avgust 1949-1999 gg.) na territorii byvshogo SSSR / V. P. Sadokov [i dr.] // Trudy Gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo tsentra Rossiyskoy Federatsii. – 2001. – Vyp. 336. – S. 3-33.
8. Oganesyanyan V. V. Klimaticheskie izmeneniya periodov zasukh i izbytochnogo uvlazhneniya na territorii Rossii / V. V. Oganesyanyan // Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniye ekosistem. – 2011. – T. XXIV. – S. 307-316.
9. Ped' D. A. O pokazatelyakh zasukhi i izbytochnogo uvlazhneniya / D. A. Ped' // Trudy Gidromettsentra SSSR. – 1975. – Vyp. 156. – S. 19-39.
10. Perevedentsev Yu. P. Agroklimaticheskie resursy Ul'yansko y oblasti i ikh vliyaniye na urozhaynost' zernovykh kul'tur / Yu. P. Perevedentsev, R. B. Sharipova, N. A. Vazhnova // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle. – 2012. – Vyp. 2. – S. 120-126.
11. Rulev A. S. Komp'yuternoye kartografirovaniye prostanstvennogo raspredeleniya gradientov pokazateley regional'nogo klimata yugo-vostoka Evropeyskoy chasti Rossii / A. S. Rulev // Vestnik Volgogradskogo gosudarst-

vennogo universiteta. – Seriya 11: Estestvennyye nauki. – 2012. – № 1 (3). – S. 72-77.

12. Rukovodstvo po spetsializirovannomu obsluzhivaniyu ekonomiki klimaticheskoy informatsiyey, produktsiyey

i uslugami / pod red. N. V. Kobyshevoy. – Sankt-Peterburg : Rosgidromet, 2008. – 336 s.

13. Sinitsina N. I. Agroklimatologiya / N. I. Sinitsina, I. A. Gol'tsberg, E. A. Strunnikov. – Leningrad : Gidrometeoizdat, 1973. – 344 s.

Галимова Рита Галимьяновна

старший преподаватель кафедры гидрометеорологии и геоэкологии Башкирского государственного университета, г. Уфа, E-mail: galim-rita@yandex.ru

Переведенцев Юрий Петрович

доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Института экологии и природопользования Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Казань, E-mail: ypereved@pkfu.ru

Яманаев Григорий Абрекович

магистрант кафедры гидрометеорологии и геоэкологии Башкирского государственного университета, г. Уфа, E-mail: yamanaevg@bk.ru

Galimova Rita Galimyanovna

Senior Lecturer, Department of Hydrometeorology and Geoecology, Bashkir State University, Ufa, E-mail: galim-rita@yandex.ru

Perevedentsev Yuriy Petrovitch

Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of the Department of meteorology, climatology and atmosphere ecology, Institute of the Institute of Environmental Sciences, Kazan (Volga) Federal University, Kazan, E-mail: ypereved@pkfu.ru

Yamanaev Grigory Abrekovich

Master student of the Hydrometeorology and Geoecology Department of the Bashkir State University, Ufa, E-mail: yamanaevg@bk.ru