

УДК 551.583

ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ЮГЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

¹Залиханов М.Ч., ¹Федченко Л.М., ^{1,2}Ашабоков Б.А., ¹Кешева Л.А., ¹Теунова Н.В.

¹ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Нальчик, e-mail: kesheva.lara@yandex.ru;

²Институт информатики и проблем регионального управления Кабардино-Балкарского
научного центра Российской Академии наук, Нальчик

Проведен анализ изменения климата на основе временных рядов температур в приземном слое воздуха и атмосферных осадков на 11 метеостанциях, расположенных в равнинной и предгорной зонах юга европейской территории России (ЕТР) за 1961–2018 гг. Рассчитан угловой коэффициент линейного тренда a , коэффициент детерминации (R^2), критерий Фишера (Sig. F-теста на 5%-ном уровне). Получен гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (K) в различных климатических зонах юга ЕТР, который зависит от температуры приземного воздуха и количества атмосферных осадков. Данный коэффициент используется для анализа влагообеспеченности территорий с целью определения целесообразности производства тех или иных сельскохозяйственных культур. Сравнительный анализ средних температур на временных отрезках 1961–1990 гг. и 1991–2018 гг. показал, что из всех сезонов наибольшей стабильностью выделяются температуры зимнего сезона в предгорной зоне и температуры в Махачкале (прикаспийская зона). Во всех климатических зонах имело место как увеличение (60%), так и уменьшение (40%) сезонных и годовых сумм осадков, в основном эти тенденции статистически незначимые. Для различных климатических зон региона были рассчитаны 4 состояния засухи. Исследования показали, что в равнинной зоне метеостанция Изобильный находится в зоне обеспеченного увлажнения ($K \geq 1$), метеостанции Моздок и Прохладный находятся в засушливой зоне ($K = 0,7-1,0$), Дербент, Изберг, Кизляр, Махачкала находятся в зоне ирригации ($K < 0,5$). Проведенные исследования динамики коэффициента влагообеспеченности Селянинова показали, что в вегетационный период наблюдается снижение величины ГТК в равнинной и предгорной зонах, что характеризует усиление состояния засух. Последствия такого изменения влагообеспеченности почвы будут крайне негативными для производства сельскохозяйственной продукции в равнинной и предгорной климатических зонах юга ЕТР.

Ключевые слова: климатические зоны, температура, осадки, регрессионный анализ, гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова

POTENTIAL CONSEQUENCES OF CLIMATE CHANGE IN THE SOUTH OF THE EUROPEAN TERRITORY OF RUSSIA

¹Zalikhonov M.Ch., ¹Fedchenko L.M., ^{1,2}Ashabokov B.A., ¹Kesheva L.A., ¹Teunova N.V.

¹Federal State Budgetary Institution «High Mountain Geophysical Institute»,
Nalchik, e-mail: kesheva.lara@yandex.ru;

²Institute of Informatics and Regional Management Problems of the Kabardino-Balkarian Scientific
Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik

The analysis of climate change is carried out on the basis of time series of temperatures in the surface layer of air and atmospheric precipitation at 11 m/stations located in the plain and foothill zones of the south of the European territory of Russia (ETR) for the period 1961-2018. The angular coefficient of the linear trend a , the coefficient of determination (R^2), the Fisher criterion (Sig. F-test at a 5% level) were calculated. The hydrothermal coefficient of moisture of Selyaninov (K) was obtained in different climatic zones of the southern ETR, which depends on the surface air temperature and the amount of precipitation. This coefficient is used to analyze the moisture supply of territories in order to determine the feasibility of producing certain crops. Comparative analysis of average temperatures on time intervals 1961-1990 and 1991-2018 showed that of all seasons, the temperatures of the winter season in the foothill zone and temperatures in Makhachkala (Caspian zone) are the most stable. In all climatic zones, there was both an increase (60%) and a decrease (40%) in seasonal and annual precipitation amounts, mainly these trends are statistically insignificant. For different climatic zones of the region, 4 drought conditions were calculated. Studies have shown that in the flat zone the Izobilny m/station is in the zone of provided moisture ($K \geq 1$), the Muzdok and Prokhladnaya m/stations are in the arid zone ($K = 0.7-1.0$), Dербent, Izberg, Kizlyar, Makhachkala is located in the irrigation zone ($K < 0.5$). The studies of the dynamics of the Selyaninov moisture supply coefficient showed that during the growing season, there is a decrease in the value of the HTC in the plain and foothill zones, which characterizes the intensification of the state of droughts. The consequences of such a change in the moisture supply of the soil will be extremely negative for the production of agricultural products in the lowland and foothill climatic zones of the southern ETR.

Keywords: climatic zones, temperature, precipitation, regression analysis, Selyaninov's hydrothermal moisture coefficient

Проблемы современного изменения климата, особенно быстрого в последние десятилетия, все больше беспокоят мировое сообщество. В настоящее время су-

ществует обширный перечень работ, посвященных анализу и прогнозу изменения глобального климата и климата различных регионов мира на различные периоды вре-

мени и до конца XXI в., анализу возможных его последствий, имеются карты основных метеорологических параметров, в том числе и для территории России [1].

Признаков замедления изменения климата пока не наблюдается, существует реальная вероятность, что повышение глобальной температуры к середине XXI в. может составить 2–5 °С. Последствия такого сценария изменения климата трудно предсказать, в истории своего развития общество не имело дела с проблемами такого масштаба, к таким последствиям не готово ни общество, ни глобальная экологическая система, они могут оказаться катастрофическими. Проблема изучения глобального и регионального изменения климата является одной из приоритетных, стоящих перед экологическими и экономическими аспектами устойчивого развития общества [2]. Исследование климатических изменений важно для многих отраслей экономики, таких как сельское хозяйство, добывающая промышленность, здравоохранение, туризм и т.д. [3–5].

Экстремально высокие температуры на фоне климатических изменений, приводящих к росту частоты и интенсивности опасных природных явлений, могут стать причиной повсеместного снижения урожайности зерновых культур: повышение температуры окружающей среды всего на 2 °С вызовет снижение урожайности пшеницы на 15 %.

Изучение климата в таком разнообразном климатическом регионе, как юг европейской территории России (ЕТР), необходимо для оценки влияния местных факторов на формирование его определенных климатических особенностей в различных климатических зонах региона.

Целью исследования является анализ изменения климата равнинной и предгорной зон юга европейской территории России, расчёт гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова для анализа влагообеспеченности территорий.

Материалы и методы исследования

Исследованию изменения климата на ЕТР посвящено много работ российских ученых. В работах [6, 7] рассматриваются изменения температурного режима и режима осадков на европейской территории России. Было показано, что в период с 1880 по 2005 г. отмечается положительный тренд в температуре воздуха и осадках. При этом отмечается, что начиная с 1991 г.

наметилась тенденция к уменьшению количества осадков, а рост температуры воздуха в период с 1976 по 2005 г. составил 0,4–0,48 °С/10 лет.

Данная работа посвящена исследованию изменения климата юга ЕТР. Для анализа были использованы данные временных рядов температур в приземном слое атмосферы и атмосферных осадков за период с 1961 по 2018 г. Исходные данные метеопараметров – это результат первичных измерений на метеостанциях сети Росгидромета, предоставленный Северо-Кавказским УГМС, а также данные с использованием электронного ресурса [8].

Анализ изменений температурного режима проводился по данным 11 метеостанций, расположенных в равнинной и предгорной зонах региона. Проведен t-тест для определения статистически значимой разницы осредненных температур для базового периода (1961–1990 гг.), который рекомендован Всемирной метеорологической организацией (ВМО) и определяется как норма, и современного периода (1991–2018 гг.), а также регрессионный анализ сумм осадков за 1961–2018 гг. Определены угловой коэффициент линейного тренда a , коэффициент детерминации (R^2), критерий Фишера (Sig. F-теста на 5%-ном уровне) сезонных и годовых сумм осадков. Статистическая значимость тренда оценивалась вкладом тренда в объясненную дисперсию, величиной D (%).

$$D = (R^2) 100\%. \quad (1)$$

Для проверки гипотезы о значимости коэффициента детерминации (тренда) используется критерий Фишера (F-тест):

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - k - 1}{k}, \quad (2)$$

где R^2 – коэффициент детерминации, n – число наблюдений (58 лет), k – число независимых параметров линейной регрессии.

Рассчитан гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова для анализа влагообеспеченности территорий, который зависит от температуры приземного воздуха и количества атмосферных осадков и записывается в виде

$$K = \frac{R}{0.1 \times \sum t}, \quad (3)$$

где R – сумма осадков за период с температурами выше +10 °С (мм); $\sum t$ – сумма температур за этот же отрезок времени (°С).

**Результаты исследования
и их обсуждение**

Сравнительный анализ многолетних статистик в базовый и современный периоды можно рассматривать как дополнительную информацию об изменении климата в условиях глобального потепления. Результаты статистически значимой разницы (Sig. < 0,05) или равенства (Sig. > 0,05) осредненных температур за два периода представлены в табл. 1. Значения, статистически значимо равные на 5%-ном уровне, выделены жирным шрифтом.

Из табл. 1 видно, что при сравнении осредненных значений среднегодовой и се-

зонной температур в современный период с климатической нормой имело место превышение нормы на всех исследуемых метеостанциях, в основном наблюдалась статистически значимая разница на 5%-ном уровне ($D \geq 6,5\%$).

Сравнительный анализ средних температур на временных отрезках 1961–1990 гг. и 1991–2018 гг. показал, что из всех сезонов наибольшей стабильностью выделяются температуры зимнего сезона в предгорной зоне и температуры в Махачкале (прикаспийская зона). Статистически значимая разница также наблюдается в осенний сезон на станции Изобильный и в зимний сезон на станции Кисловодск и Ставрополь.

Таблица 1

Средние температуры в базовый и современный периоды с оценкой *t*-критерия на 5%-ном уровне

Климатические зоны, метеостанции	$t_N(1961-1990 \text{ гг.})/t_{cp}(1991-2018 \text{ гг.})^\circ\text{C}$					Знач. <i>t</i> -критерия на 5%-м уровне, Sig.				
	зима	весна	лето	осень	год	зима	весна	лето	осень	год
I. Равнинная зона										
1.1 Степная										
Изобильный	-0,7/ 0,01	10,6/ 11,0	21,7 /22,8	11,1/ 11,5	10,7/ 11,3	0,03	0,04	0,00	0,21	0,00
Моздок	-2,2/ -1,2	10,3/ 10,9	22,5/ 23,8	10,9/ 11,5	10,4/ 11,3	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Прохладный	-2,2/ -1,2	10,1/ 10,8	21,9/ 23,2	10,5/ 11,2	10,1/ 11,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
1.2 Прикаспийская										
Дербент	2,9/ 3,6	10,3/ 11,2	23,4 /24,7	14,3/ 15,2	12,7/ 13,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Изберг	2,0/ 2,5	9,5/ 10,4	22,9/ 23,9	14,0/ 14,4	12,1/ 12,8	0,03	0,00	0,00	0,04	0,00
Кизляр	0,2/ 0,8	10,7/ 11,2	23,4/ 24,2	12,4/ 13,1	11,7/ 12,3	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00
Махачкала	1,4/ 1,6	10,3/ 10,6	23,5/ 23,8	13,6/ 13,9	12,2/ 12,5	0,47	0,13	0,12	0,30	0,09
II. Предгорная зона										
Владикавказ	-2,4/ -1,0	8,5/ 9,4	18,8/ 20,05	9,1/ 10,03	8,5/ 9,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Кисловодск	-1,8/ -1,5	7,5/ 8,2	17,3/ 18,8	8,5/ 9,2	7,8/ 8,7	0,3	0,03	0,00	0,02	0,00
Нальчик	-2,3/ -1,2	9,1/ 10,1	20,4/ 21,9	9,98/ 10,8	9,3/ 10,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ставрополь	-2,2/ -1,6	8,8/ 9,3	20,5/ 21,7	9,7/ 10,2	9,2/ 9,9	0,07	0,01	0,00	0,04	0,00
Черкесск	-2,2/ -1,3	8,9/ 9,4	19,6/ 20,7	9,6/ 10,2	8,98/ 9,7	0,01	0,03	0,00	0,02	0,00
Буйнакск	-0,9/ 0,04	9,3/ 10,2	20,8/ 22,3	10,5/ 11,5	9,9/ 11,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

* Жирным шрифтом выделены статистически значимо **равные** на 5%-ном уровне осредненные значения двух периодов.

Для исследования изменения режима осадков были использованы временные ряды сумм осадков по данным вышеприведенных метеостанций. Характеристики изменения режима осадков за этот период времени, полученные в результате регрессионного анализа, представлены в табл. 2. Коэффициенты линейного тренда характеризуют среднюю скорость локальных изменений атмосферных осадков на исследуемых метеостанциях юга России в течение 1961–2018 гг.

Из табл. 2 следует, что во всех климатических зонах имело место как увеличение (60%), так и уменьшение (40%) сезонных и годовых сумм осадков, в основном эти тенденции статистически незначимы.

Предполагая, что полученные тенденции изменения климата сохранятся и в будущем, остановимся на возможных его последствиях для сельскохозяйственной отрасли региона.

Юг ЕТР относится к важнейшим регионам – производителям продукции сельского хозяйства в РФ, этим обусловлен выбор данной отрасли для исследования.

Фактором, способным повлиять на производство сельскохозяйственных культур, на структуру сельского хозяйства, становится увеличение вегетационного периода [9]. Хотя последствия уменьшения количества осадков в летний сезон с учетом тенденций изменения режима температуры могут быть негативными.

Таблица 2

Статистические характеристики линейной регрессии сезонных рядов сумм осадков различных климатических зон юга ЕТР за 1961–2018 гг.

Климатические зоны, метеостанции	зима		весна		лето		осень		год	
	<i>a</i> , мм/ год (<i>R</i> ²)	<i>F</i> - тест/ Sig. *	<i>a</i> , мм/ год (<i>R</i> ²)	<i>F</i> - тест/ Sig. *	<i>a</i> , мм/ год/ (<i>R</i> ²)	<i>F</i> - тест/ Sig. *	<i>a</i> , мм/ год (<i>R</i> ²)	<i>F</i> - тест/ Sig. *	<i>a</i> , мм/ год (<i>R</i> ²)	<i>F</i> - тест/ Sig. *
I. Равнинная зона										
1.1. Степная										
Изобильный	-0,07 (0,00)	0,05/ 0,82	0,70 (0,06)	3,30/ 0,08	-0,11 (0,00)	0,03/ 0,88	0,67 (0,04)	2,36/ 0,13	1,12 (0,03)	1,50/ 0,23
Моздок	-0,04 (0,00)	0,04/ 0,84	-0,01 (0,00)	0,00/ 0,98	-0,99 (0,06)	3,62/ 0,06	0,42 (0,03)	1,77/ 0,19	-0,69 (0,01)	0,81/ 0,37
Проходный	0,19 (0,03)	1,63/ 0,21	0,20 (0,01)	0,30/ 0,59	-0,54 (0,03)	1,43/ 0,24	0,88 (0,12)	7,31/ 0,01	0,68 (0,02)	0,89/ 0,35
1.2. Прикаспийская										
Дербент	0,64 (0,05)	2,85/ 0,10	-0,22 (0,01)	0,65/ 0,43	0,20 (0,01)	0,76/ 0,39	0,59 (0,02)	1,38/ 0,25	1,17 (0,05)	3,17/ 0,08
Изберг	0,00 (0,01)	0,75/ 0,39	0,00 (0,00)	0,00/ 1,00	0,01 (0,02)	1,31/ 0,26	0,01 (0,02)	0,97/ 0,33	0,01 (0,02)	1,31/ 0,26
Кизляр	0,13 (0,01)	0,39/ 0,53	0,14 (0,01)	0,31/ 0,58	-0,53 (0,05)	2,68/ 0,11	0,28 (0,02)	1,02/ 0,32	-0,03 (0,00)	0,00/ 0,96
Махачкала	0,73 (0,10)	6,10/ 0,02	0,30 (0,03)	0,02/ 0,89	-0,04 (0,00)	0,02/ 0,89	0,46 (0,02)	0,83/ 0,37	1,48 (0,09)	5,37/ 0,02
II. Предгорная зона										
Владикавказ	0,13 (0,00)	0,23/ 0,63	0,60 (0,02)	1,09/ 0,30	-0,18 (0,00)	0,04/ 0,84	-0,00 (0,00)	0,16/ 0,70	0,31 (0,00)	0,05/ 0,83
Кисловодск	0,39 (0,09)	5,47/ 0,02	0,49 (0,03)	1,98/ 0,17	-1,33 (0,06)	3,39/ 0,07	0,63 (0,09)	5,25/ 0,03	0,13 (0,00)	0,02/ 0,89
Нальчик	-0,05 (0,00)	0,17/ 0,68	-0,25 (0,01)	0,32/ 0,57	0,35 (0,01)	0,42/ 0,52	0,34 (0,01)	0,68/ 0,41	0,27 (0,00)	0,10/ 0,75
Ставрополь	-0,10 (0,00)	0,17/ 0,68	0,46 (0,03)	1,46/ 0,23	-0,79 (0,03)	1,83/ 0,18	0,30 (0,01)	0,65/ 0,42	-0,19 (0,00)	0,07/ 0,80
Черкесск	0,00 (0,01)	0,66/ 0,42	0,00 (0,00)	0,03/ 0,86	-0,01 (0,01)	0,62/ 0,43	-0,01 (0,01)	0,43/ 0,52	-0,01 (0,01)	0,34/ 0,56
Буйнакск	0,13 (0,01)	0,42/ 0,52	0,33 (0,01)	0,75/ 0,39	-0,45 (0,01)	0,47/ 0,50	0,75 (0,10)	6,00/ 0,02	0,69 (0,01)	0,59/ 0,45

* тренды, значимые на 95%-ном уровне (Sig. < 0,05), выделены жирным;

** отрицательные тренды выделены серой заливкой.

Были проведены исследования изменений гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова (ГТК) в различных климатических зонах юга ЕТР. Данный коэффициент используется для анализа влагообеспеченности территорий с целью определения целесообразности производства тех или иных сельскохозяйственных культур.

Были рассчитаны четыре состояния засухи для различных климатических зон региона:

- 1) отсутствие засухи (зона избыточного (зона дренажа) и обеспеченного увлажнения, $K > 1,0$);
- 2) слабая засуха (засушливая зона) ($0,7 < K < 1,0$);
- 3) средняя засуха (сухое земледелие) ($0,5 < K < 0,7$);
- 4) сильная засуха (ирригация) ($K < 0,5$).

На рис. 1–2 приведены значения коэффициента влагообеспеченности на отрезке времени 1961–2018 гг. и соответствующие линейные тренды начиная с 1976 г. (начало потепления климата). Значение коэффициента K , соответствующее началу линейного тренда (1976 г.), находится в зоне обеспеченного увлажнения ($K \geq 1$) только у метеостанции Изобильный, в засушливой зоне ($K = 0,7–1,0$) находятся две метеостанции: Моздок и Прохладный. Остальные метеостанции – Дербент, Изберг, Кизляр, Махачкала – находятся в зоне ирригации ($K < 0,5$).

На рис. 1 видно, что линейные тренды временных рядов коэффициента влагообеспеченности K , за исключением метеостанции Махачкала, имеют тенденцию к уменьшению. Линейный тренд на метеостанции Махачкала, хотя и небольшими темпами, но имеет тенденцию к увеличению. Наи-

большими темпами коэффициент K уменьшается для метеостанции Прохладный, за ней следуют метеостанции Моздок и Дербент. Наименьшая скорость изменения K соответствует метеостанции Изберг. В 2018 г. значения K у метеостанций Дербент и Изберг уменьшились примерно до 0,35, но они остались в той же зоне влагообеспеченности. Уменьшение значений коэффициента происходит более быстрыми темпами у метеостанции Дербент. Уменьшение значения коэффициента K у метеостанции Кизляр происходило медленнее: с 0,48 до 0,44. На рис. 1, б, видно, что уменьшение данного коэффициента у метеостанции Изобильный происходило еще меньшими темпами.

Что касается изменений коэффициентов влагообеспеченности, соответствующих данным метеостанций Моздок и Прохладный (рис. 1, б), то они также пока остались в засушливой зоне. Но значение данного коэффициента для метеостанции Моздок уже находится на нижней границе данной зоны. Более быстрыми темпами происходит уменьшение данного коэффициента для метеостанции Прохладный.

Остановимся на результатах расчетов коэффициента влагообеспеченности в предгорной климатической зоне региона. В 1976 г. (начало потепления) самая высокая влагообеспеченность наблюдалась на метеостанции Владикавказ, за ней следует метеостанция Кисловодск (рис. 2). Обе эти метеостанции в 1976 г. были расположены в зоне избыточного увлажнения. Самая низкая влагообеспеченность в 2018 г. наблюдалась на метеостанции Ставрополь, которая находится в зоне обеспеченного увлажнения. Остальные метеостанции по влагообеспеченности расположены между ними.

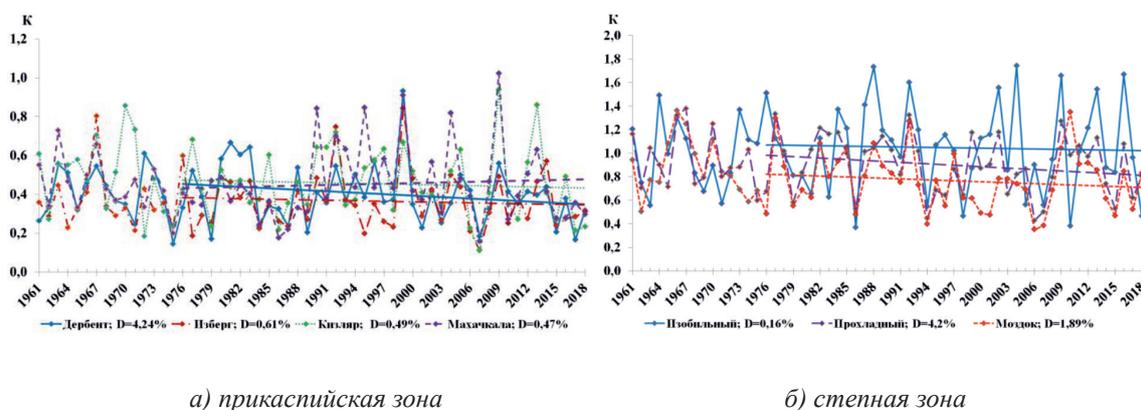


Рис. 1. Коэффициенты влагообеспеченности прикаспийской и степной зоны

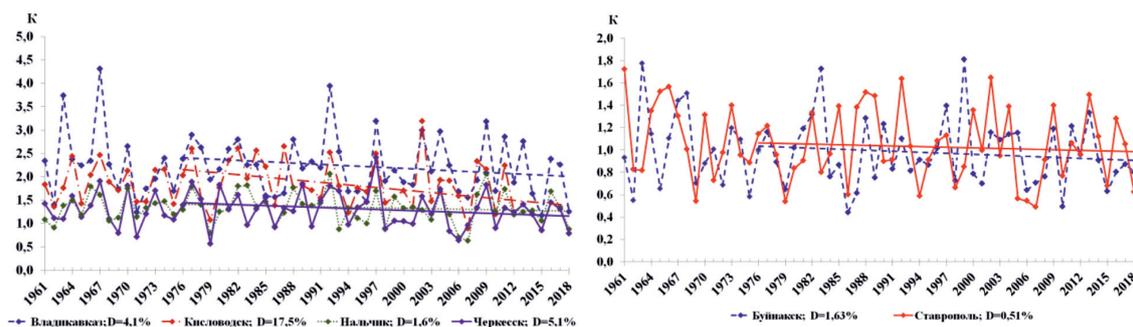


Рис. 2. Коэффициенты влагообеспеченности предгорной зоны ЕТР

Линейные тренды временных рядов K , соответствующие данным всех метеостанций, имеют тенденцию к уменьшению. По скорости уменьшения значений K (соответствующих линейному тренду) резко выделяется метеостанция Кисловодск, где имеется статистически значимый тренд уменьшения коэффициента влагообеспеченности ($D = 17,5\%$). За ней следует метеостанция Владикавказ, но скорость уменьшения K у нее ниже в два раза, чем у метеостанции Кисловодск. Наименьшая скорость изменения K соответствует метеостанции Ставрополь. Остальные метеостанции по данному показателю занимают промежуточное положение.

Значения K , соответствующие метеостанциям Владикавказ и Кисловодск, уменьшились с 2,4 до 2,0 и с 2,2 до 1,4 соответственно, пока эти метеостанции остались в той же зоне влагообеспеченности. Данный коэффициент изменился незначительно у метеостанции Ставрополь: с 1,06 до 0,99. Таким образом, по влагообеспеченности она оказалась в засушливой зоне. Оказалась в засушливой зоне и метеостанция Буйнакск, значения коэффициента K которой уменьшились с 1,02 до 0,83 г. на рассматриваемом отрезке времени. Что касается метеостанций Нальчик и Черкесск, то соответствующие им коэффициенты влагообеспеченности меняются примерно одинаково: с 1,42 до 1,27 у метеостанции Нальчик и с 1,45 до 1,15 у метеостанции Черкесск.

Закключение

В результате проведенного сравнительного анализа осредненных значений среднегодовой и сезонной температуры в современный период с климатической нормой выявлено превышение нормы среднегодовых и среднесезонных температур на всех исследуемых метеостанциях, в основном

наблюдалась статистически значимая разница на 5%-ном уровне. Наибольшей стабильностью отличаются температуры зимнего сезона в предгорной зоне и температуры в Махачкале (прикаспийская зона). Во всех климатических зонах имело место как увеличение (60%), так и уменьшение (40%) сезонных и годовых сумм осадков, в основном эти тенденции статистически незначимы.

На основе исследований динамики коэффициента влагообеспеченности Селянинова показано, что в вегетационный период наблюдается статистически незначимое снижение величины ГТК в равнинной и предгорной зонах ЕТР, что характеризует усиление состояния засух. Если наблюдаемая в настоящее время тенденция изменения климата сохранится, то можно предположить, что примерно к середине нынешнего века некоторые метеостанции предгорной зоны окажутся в засушливой зоне.

Очевидно, что последствия такого изменения влагообеспеченности почвы будут крайне негативными для производства сельскохозяйственной продукции в равнинной и предгорной климатических зонах юга ЕТР.

Список литературы / References

1. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации / Ред. В.М. Катцов. СПб.: Росгидромет, 2017. 106 с.
Report on Climate Risks in the Territory of the Russian Federation / Red. V.M. Kattsov. SPb.: Rosgidromet, 2017. 106 p. (in Russian).
2. Riahi K.A., Rao S., Krey V., Cho Ch. A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. *Climatic Change*. 2011. Vol. 109. No. 1–2. P. 33–57.
3. Аллахвердиев З.С. Исследование изменчивости многолетних гидрометеорологических характеристик акватории Нефтяных Камней Каспийского моря // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2018. № 3. С. 13–20.

- Allakhverdiev Z.S. Investigation of variability of long-term hydrometeorological characteristics of the water area of the Oil Rocks of the Caspian Sea // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. 2018. № 3. P. 13–20 (in Russian).
4. Рычко О.К. Перспективы изменения структуры и функций агрометеорологии и сельскохозяйственной метеорологии // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. 2018. № 4. С. 52–55.
- Rychko O.K. Prospects for changes in the structure and functions of agrometeorology and agricultural meteorology // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. 2018. № 4. P. 52–55 (in Russian).
5. Ашабоков Б.А., Калов Х.М., Федченко Л.М., Стасенко Д.В. Некоторые проблемы и методы адаптации аграрного сектора к изменению климата // Региональные эффекты глобальных изменений климата (причины, последствия, прогнозы): материалы международной научной конференции (г. Воронеж. 26–27 июня 2012 г.). Саратов: Изд-во «Научная книга», 2012. С. 360–365.
- Ashabokov B.A., Kalov Kh.M., Fedchenko L.M., Stasenko D.V. Some problems and methods of adaptation of the agricultural sector to climate change // *Regional'nyye efekty global'nykh izmeneniy klimata (prichiny, posledstviya, prognozy): materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (g. Voronezh. 26–27 iyunya 2012 g.)*. Saratov: Izd-vo «Nauchnaya kniga», 2012. P. 360–365 (in Russian).
6. Крышнякова О.С., Малинин В.Н. К оценке трендов в колебаниях осадков на европейской территории России // *Вестник Российского государственного университета им. И. Канта*. 2010. Вып. 1. С. 64–69.
- Kryshnyakova O.S., Malinin V.N. On the assessment of trends in precipitation fluctuations in the European territory of Russia // *Vestnik Rossiyskogo gosudarstvennogo universiteta im. I. Kanta*. 2010. Vyp. 1. P. 64–69 (in Russian).
7. Крышнякова О.С., Малинин В.Н. К анализу трендов в колебаниях температуры воздуха и осадков на Европейской территории России // *Известия РГО*. 2009. Т. 141. Вып. 2. С. 23–30.
- Kryshnyakova O.S., Malinin V.N. To the analysis of trends in fluctuations in air temperature and precipitation in the European territory of Russia // *Izvestiya RGO*. 2009. T. 141. Vyp. 2. P. 23–30 (in Russian).
8. Погода в 243 странах мира. [Электронный ресурс]. URL: <https://rp5.ru> (дата обращения: 13.11.2021).
- Weather in 243 countries of the world. [Electronic resource]. URL: <https://rp5.ru> (date of access: 13.11.2021) (in Russian).
9. Thomson A.M., Calvin K.V., Smith S.J., Kyle P. A pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. *Climatic Change*. 2011. Vol. 109. No. 1–2. P. 77–94.