

УДК 551.581.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В БАССЕЙНЕ НИЖНЕЙ ВОЛГИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМ¹

© 2014 г. Ж.В. Кузьмина*, С.Е. Трешкин**

**Институт водных проблем РАН*

Россия, 119333 Москва, ул. Губкина, 3. E-mail: jannaKV@yandex.ru

***Федеральное агентство научных организаций*

Россия, 117218 Москва, ГСП-7, ул. Кржижановского, д. 15, корп. 2. E-mail: biost@yandex.ru

=Поступила 19.10.2013

В бассейне Нижней Волги выявлены основные тенденции климатических изменений и их воздействия на динамику экосистем. Результаты получены на основании анализа многолетних метеорологических характеристик (средние, максимальные и минимальные температуры воздуха и суммы осадков по сезонам и годам) и установления предполагаемых изменений в наземных экосистемах и ландшафтах. Выявлены основные направления совокупного воздействия изменений влажностно-температурного режима в бассейне Нижней Волги и установлены общие направления динамики наземных экосистем в связи с этим.

Ключевые слова: температуры воздуха, сумма осадков, климатические изменения, пойменные экосистемы, динамика растительности.

С конца 70-х годов XX века проблема климатических изменений в мире стала общемировой, поскольку изменения климата сильно воздействуют на окружающую среду (Climate change 2013, Оценочный доклад ..., 2008). Основная часть серьезных ученых считает климатические изменения следствием естественных, не зависящих от человека, причин. Принимая во внимание увеличение поступления к земле космической радиации и наличие вековых и тысячелетних климатических флуктуаций, видимо следует согласиться с данным мнением. Однако, не нужно также полностью сбрасывать со счетов антропогенное влияние на климат, особенно, в больших городах. Сегодня известно, что факторы косвенного или регионального антропогенного воздействия (изменение гидрологического режима рек и обводненности прилегающих территорий) способствуют полной замене одних экосистем на другие, причем заменяющие естественные, т.н. новые возникающие экосистемы, как правило, менее хозяйственно значимые, менее разнообразные и обладают низкой продуктивностью (Kouzmina, 2004; Kouzmina et al., 2005; Кузьмина и др., 2004). Поэтому анализ климатических изменений в применении к оценке и прогнозу динамики наземных экосистем как пойменных, так и водосборных территорий, является сегодня чрезвычайно важной задачей, решение которой будет способствовать не только сохранению естественных экосистем на охраняемых территориях, но сможет способствовать также новой ориентации некоторых отраслей народного хозяйства (лесное, сельское, водное).

Материалы и методы

Изучение климатических изменений выполнялось с целью дальнейшей оценки их воздействия на природные экосистемы. В связи с этим, учитывая, что температурный и влажностный режим

¹ Работа выполнена в рамках темы 1.3 фундаментальных исследований ИВП РАН «Разработка научных основ теории формирования качества вод суши, методов исследования динамики водных и наземных экосистем, совершенствование комплексного мониторинга водных объектов» (2013 г.), а также федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» по научному обоснованию мероприятий, обеспечивающих рациональное использование водных ресурсов и устойчивое функционирование водохозяйственного комплекса Нижней Волги, сохранение уникальной системы Волго-Ахтубинской поймы.

определяют жизненные циклы биоты, анализу подвергались именно эти показатели. Различные организмы обладают разной толерантностью к изменению условий среды обитания, а некоторые имеют значительную пластичность в приспособляемости к экстремальным гидрологическим и климатическим явлениям, которые были выработаны у них в процессе эволюции в связи со значительными климатическими и гидрологическими флуктуациями. Все это указывает нам, что для живых организмов основными показателями являются средние величины метеорологических и гидрологических характеристик, а их экстремальные значения определяют лишь предельно допустимые максимальные и минимальные показатели основных лимитирующих факторов среды, которые определяют диапазон выживания тех или иных организмов. Учитывая это, исследовались лишь средние и абсолютные минимальные и максимальные величины основных метеорологических характеристик в многолетнем аспекте для 8-ми метеостанций (Армавир, Элиста, Яшкуль, Лагань, Астрахань, Верхний Баскунчак, Волгоград, Эльтон) бассейна Нижней Волги (рис. 1), входящих в систему Всемирной метеорологической организации (ВМО). В данной работе анализировались суточные данные метеостанций Росгидромета (рис. 1) за период с момента их открытия по 2012 г. включительно. Данные метеостанции имеют непрерывные суточные, длительные, выверенные и корректные ряды значений метеорологических показателей (осадков и температуры).

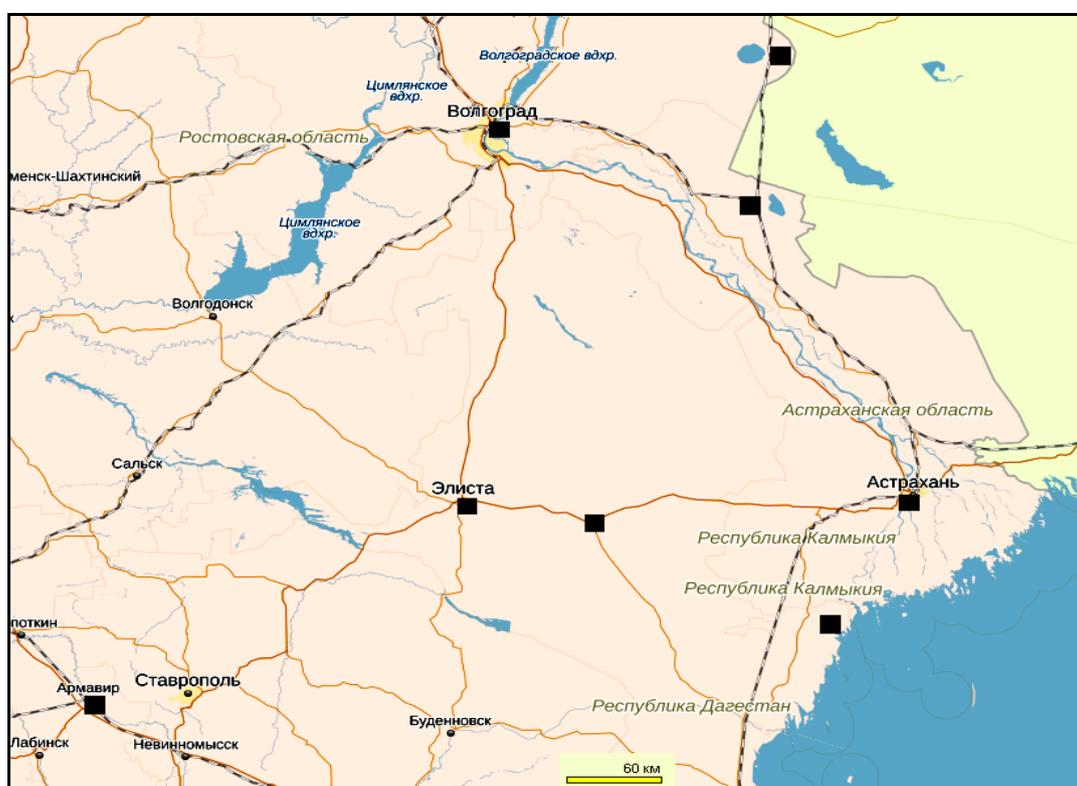


Рис. 1. Расположение метеостанций в бассейне Нижней Волги, для которых был проведен анализ трендов основных метеорологических характеристик за многолетний (с момента открытия станции) период наблюдений суточного разрешения. Условные обозначения: черные квадраты – месторасположение метеостанций, входящих в состав ВМО: Армавир, Элиста, Яшкуль, Лагань, Астрахань, Верхний Баскунчак, Волгоград, Эльтон. **Fig. 1.** Location of the meteorological stations in the basin of the Lower Volga, for which the trends of long-term meteorological characteristics of diurnal course (since the opening of the station) were analyzed. Legend: black squares - the location of weather stations, members of the WMO: Armavir, Elista, Yashkul, Lagan, Astrakhan, Upper Baskunchak, Volgograd, Elton.

Климатические изменения определялись на основе выявления достоверных трендов основных метеорологических характеристик (средних, максимальных и минимальных температур воздуха и суммарных атмосферных осадков) за многолетний (от 54 до 174 лет) период (рис. 2, табл. 1.) по стандартной методике, рассмотренной подробно в более ранних работах (Кузьмина, 2007; Кузьмина, Трешкин, 2009; Кузьмина и др., 2011).

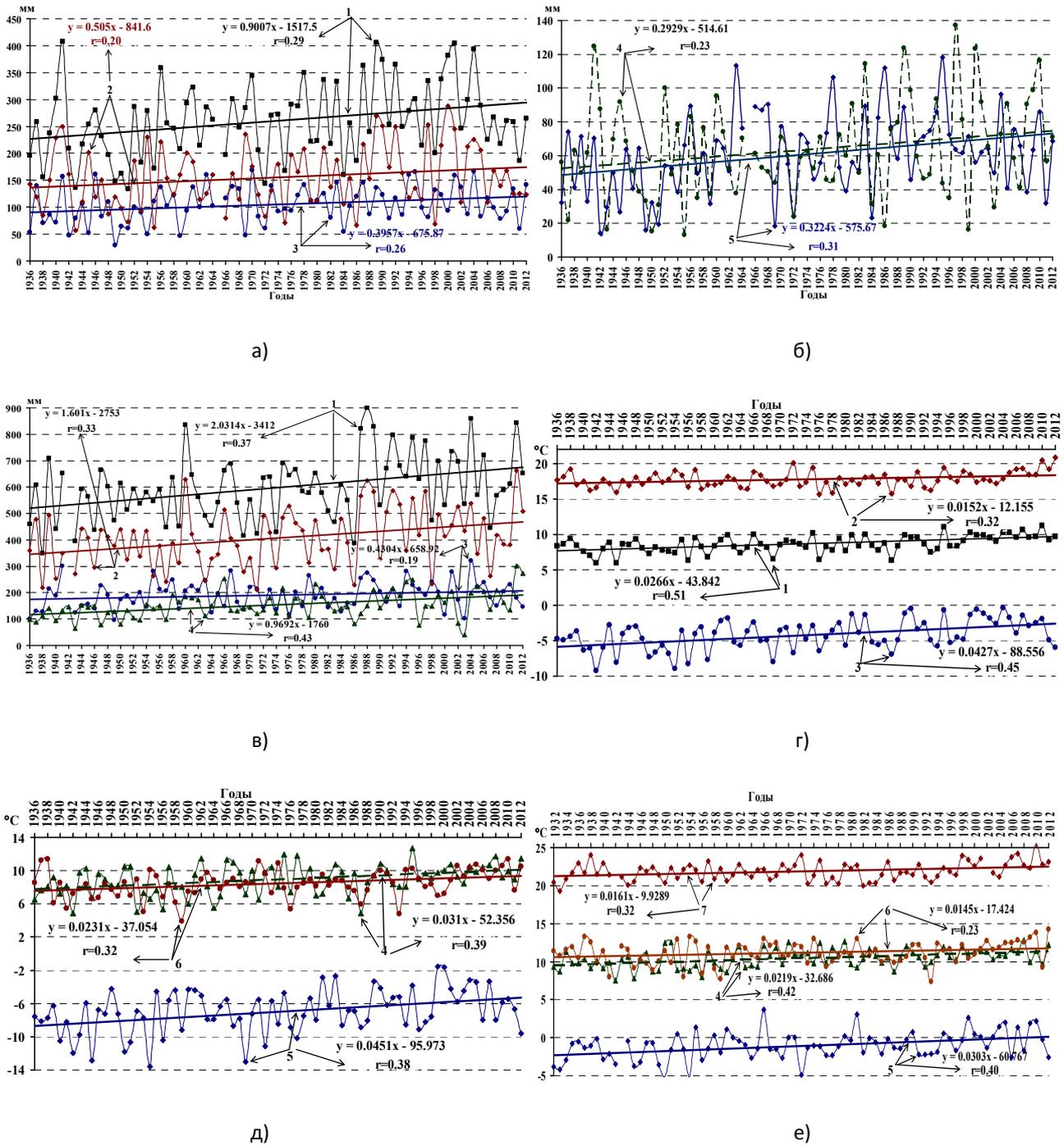


Рис. 2. Динамика изменения суммарного количества выпадающих атмосферных осадков (а-в) и средней температуры воздуха (г-е) за многолетний период по метеостанциям Верхний Баскунчак (а, б, г, д) и Армавир (в, е). Условные обозначения: фактические данные с их линейными трендами, формулами и коэффициентами корреляции: 1 – для полного годового периода (1-12 месяцев), 2 – для теплого полугодия (4-10 месяцев), 3 – для холодного полугодия (1-3, 11-12 месяцев), 4 – для весны (3-5 месяцев), 5 – для зимы (1-2, 12 месяцев), 6 – для осени (9-11 месяцев), 7 – для лета (6-8 месяцев). **Fig. 2.** Change in the total amount of atmospheric precipitation (a-c) and average air temperature (г-e) for the long-term period based on data from meteorological stations Upper Baskunchak (a, b, г, d) and Armavir (b, e). Legend: evidence from their linear trends, formulas and coefficients of correlation: 1 - for the full year period (1-12 months), 2 - for the warm half of the year (4-10 months), 3 - cold half (1-3, 11-12 months), 4 - for spring (3-5 months), 5 - for the winter (1-2, 12 months), 6 - for autumn (9-11 months), 7 - for the summer (6-8 months).

Таблица 1. Анализ трендов многолетних изменений годовых значений атмосферных осадков и температуры воздуха в регионе Нижней Волги (фрагмент таблицы). Table 1. Trend analysis of long-term changes of annual values of precipitation and air temperature in the region of the Lower Volga (detail table).

Метеостанция	Значение (год полугодия, сезон)	Осадки, мм										Средняя t°С воздуха						Индекс Педа		Минимальная t°С воздуха						Максимальная t°С воздуха					
		Период	Кол-во лет	Тренд	r ²	α ²	Среднее	Δ ¹	% от ср. ⁵	% от ампл. ¹	Кол-во лет	Тренд	r	α	Среднее	Δ	% от ампл.	Индекс ⁷	Индекс ⁸	Кол-во лет	Тренд	r	α	Абс.мин. ²	Δ	% от ампл.	Кол-во лет	Тренд	r	α	Абс.макс. ³
ВОЛГОГРАД, № 41 ст., 44 21-я ул., 134 м ВС, № ВМО 34561	Годовое (1-12)	67	+	0.40	0.001	370.6	145.5	39.328.9	128	+	0.43	0.001	8.0	1.6	30.4	1.3	0.1	71	+	0.30	0.05	-25.8	4.4	19.9	67	+	0.19	н	34.6	-	
	Тепл.п. (4-9)	68	+	0.21	0.10	184.5	57.1	31.416.7	128	+	0.18	0.05	18.4	0.7	11.6	3.8	0.4	67	+	0.42	0.001	-0.1	3.2	29.6	67	+	0.19	н	34.6	-	
	Холод.п. (1-3; 10-12)	68	+	0.41	0.001	186.5	93.2	50.033.3	128	+	0.43	0.001	-2.5	2.5	34.8	2.8	3.5	71	+	0.30	0.05	-25.8	4.4	19.9	67	+	0.22	0.10	21.6	1.4	15.1
	Весна (3-5)	70	+	0.19	0.15	89.4	26.3	29.415.5	128	+	0.32	0.001	8.0	2.0	22.8	-0.2	0.0	69	+	0.38	0.01	-12.0	4.4	30.8	66	+	0.21	0.10	24.4	1.4	15.2
	Лето (6-8)	67	+(0)	0.07	н	94.3	-	-	128+(0)	+	0.04	н	22.8	-	-	0.0	0.0	68	+	0.38	0.01	12.9	1.8	24.8	67	+	0.19	н	34.6	-	
	Осень (9-11)	68	+	0.29	0.05	88.4	34.7	39.325.3	130	+	0.16	0.10	8.2	0.8	9.2	2.1	2.6	69	+(0)	0.06	н	-9.6	-	-	67	+(0)	0.09	н	29.8	-	
	Зима (1-2; 12)	68	+	0.44	0.001	97.0	69.3	71.534.2	129	+	0.40	0.001	-7.3	3.4	28.5	2.7	3.5	70	+	0.30	0.05	-25.8	4.4	19.9	67	+	0.27	0.05	7.9	1.8	16.6
	Тепл.п. (5-10)	68	+	0.22	0.10	185.8	53.0	28.514.7	128+(0)	+	0.09	н	18.2	-	-	-0.8	-1.6	67	+	0.59	0.001	-1.1	4.2	46.8	67	+	0.19	н	34.6	-	
	Холод.п. (1-4; 11-12)	68	+	0.44	0.001	182.9	97.8	53.440.8	129	+	0.45	0.001	-2.4	2.9	32.6	2.3	3.4	71	+	0.30	0.05	-25.8	4.4	19.9	68	+	0.36	0.01	14.2	2.4	26.3
	Тепл.п. (4-10)	68	+	0.24	0.05	240.1	65.0	30.918.1	128	+	0.19	0.05	16.9	0.7	12.2	4.3	1.2	69	+	0.61	0.001	-1.1	4.0	45.4	67	+	0.19	н	34.6	-	
	Холод.п. (1-3; 11-12)	69	+	0.45	0.001	156.2	93.7	60.037.7	129	+	0.42	0.001	-4.5	2.9	32.6	2.2	3.4	71	+	0.30	0.05	-25.8	4.4	19.9	64	+	0.31	0.01	11.9	2.1	26.8

Примечания к таблице 1. 1) r^1 – коэффициент корреляции линейного тренда с кривыми фактических многолетних значений осадков и температур воздуха; 2) α^2 – значимость коэффициентов корреляции; 3) **среднее, абс. мин., абс. макс.**³ – средние, абсолютные минимальные и абсолютные максимальные температуры воздуха, а также среднее количество суммарных атмосферных осадков за многолетний период по фактическим данным; 4) Δ^4 – модуль изменения величины фактического значения за рассматриваемый период, высчитанный на основании тренда; 5) **% от ср.**⁵ – показатель доли изменения фактических средних значений осадков, рассчитанный как отношение модуля изменения к модулю среднего значения параметра в %; 6) **% от ампл.**⁶ – показатель доли изменения фактических средних значений осадков, рассчитанный как отношение модуля изменения параметра к модулю амплитуды колебания фактических значений этого параметра в многолетнем аспекте, выраженное в %; 7) **И_{Педея 1}**⁷ – индекс засушливости Д.А. Педея (1); 8) **И_{Педея 2}**⁸ – модифицированный индекс засушливости Д.А. Педея (2); 9) в скобках даны значения начальных годов периодов, используемых при анализе выборок данных для: средней температуры воздуха – (**1881**⁹), если эти периоды различны для совокупности анализируемых метеорологических характеристик; 10) жирным шрифтом выделены значения показателей для трендов с достоверными (значимыми) коэффициентами корреляции. **Notes to table 1.** 1) r^1 – correlation coefficient of the linear trend with the curves of the actual precipitation values and air temperature; 2) α^2 – the significance of the correlation coefficients; 3) **среднее, абс. мин., абс. макс.**³ – average, the absolute minimum and maximum air temperatures, average amount of total precipitation over many years based on actual data; 4) Δ^4 – unit change of the actual value for the period, calculated on the basis of the trend; 5) **% от ср.**⁵ – an indicator of changes in the proportion of the actual average values of precipitation, calculated as the ratio of the module to the module changes of the average value of the parameter in %; 6) **% от ампл.**⁶ – an indicator of changes in the proportion of the actual average values of precipitation, calculated as the ratio of the modulus of the parameter module of the amplitude fluctuations of the actual values of this parameter in the long-term aspect, expressed in%; 7) **И_{Педея 1}**⁷ – index of aridity D.A. Pedyu (1); 8) **И_{Педея 2}**⁸ – a modified index of aridity DA Pedyu (2); 9) data given in brackets is the values of the initial years of periods used in the analysis of data samples for: average air temperature – (**1881**⁹), if these periods are different for the set of analyzed meteorological characteristics; 10) in bold values for trends with significant correlation coefficients.

Для выявления возможных изменений в динамике распределения теплых и холодных полугодий в годовом цикле анализировались их различные по длительности периоды таким образом, что помимо стандартных полугодий оценивались также теплые и холодные полугодия другой длительности (табл. 1), т.е. дополнительно еще для теплого полугодия с 5-го по 10-й месяц и с 4-го по 10-й месяц отдельно, а также аналогично для двух холодных полугодий (1-4, 11-12 месяцы и 1-3, 11-12 месяцы).

Анализ динамических изменений основных климатических характеристик (осадков и температуры) и сравнительная оценка величины многолетней динамики температуры воздуха (а также осадков) проводились с использованием относительного коэффициента изменений – ОКИ (Кузьмина, 2007) выраженного в % (% ампл., табл. 1), который отражает отношение модуля изменения температуры (или осадков) за многолетний период к амплитуде колебания этой температуры (или осадков), выраженное в %. ОКИ представляет собой отношение модуля изменения трендовых значений температуры (или осадков) за многолетний период к модулю амплитуды колебания фактических (измеренных) значений этого параметра в многолетнем аспекте:

$$K_{изм} = \frac{|F(t_n) - F(t_1)|}{|t_{max} - t_{min}|} 100\%,$$

где $F(t_1)$ и $F(t_n)$ начальные и конечные значения линейного тренда оцениваемой метеорологической характеристики (температуры или осадков), а t_{max} и t_{min} – максимальные и минимальные фактические (измеренные) значения этого параметра (температуры средней, максимальной, минимальной или осадков) за многолетний период (Кузьмина, 2007; Кузьмина, Трешкин, 2009; Кузьмина и др., 2011).

Совокупное действие трендов и одновременного воздействия изменений климатических характеристик (температуры и осадков) оценивалось на основе *индекса засушливости Д.А. Педея* (Переведенцев и др., 2008), поскольку в него входят значения температуры и осадков в нормированном виде, позволяющие объективно сравнивать тенденции различных станций и сезонов. Первоначально рассчитывался *индекс Д.А. Педея (1)* по отношению к базовому периоду 1961-1990 гг.:

$$I_{Педея1} = \frac{\Delta t_i}{\sigma_t} - \frac{\Delta p_i}{\sigma_p},$$

где Δt и Δp – аномалии средней температуры воздуха и осадков тренда (аномалии – отклонения от средних фактических величин базового периода 1961-1990 гг.), а σ_t и σ_p – среднеквадратические отклонения средней температуры воздуха и осадков. Затем, оценивались также значения этого индекса по отношению к среднему уровню за полный период инструментальных наблюдений для каждой из станций, для чего был рассчитан *модифицированный индекс засушливости Д.А. Педея (2)*:

$$I_{\text{Педея}2} = \frac{\Delta T_i}{\sigma_t} - \frac{\Delta P_i}{\sigma_p},$$

где ΔT и ΔP – отклонение от среднего уровня средней температуры воздуха и суммы осадков за весь многолетний период наблюдений (Кузьмина, 2007; Кузьмина, Трешкин, 2009; Кузьмина и др., 2011). С помощью этих индексов (1 и 2) характеризовались условия как влагообеспеченности, так и теплообеспеченности, поскольку итогом являлись знакопеременные величины. В целом, положительным значениям индексов соответствовали засушливые периоды с повышением термического режима, а отрицательным – влажные – с усилением холодов. Атмосферная засуха формируется при значениях индекса $I_{\text{Педея}} \geq 2$, а если $I_{\text{Педея}} \leq -2$, то отмечаются условия с избыточным увлажнением (Переведенцев и др., 2008). При $-2 < I_{\text{Педея}} < 2$ погодные условия считались нормальными или со слабой аномальностью. Однако, для зимних периодов индекс Педея рассчитывался по той же формуле с заменой при этом знака “-” на знак “+” (Переведенцев и др., 2008). Теплой и многоснежной зима считалась при $I_{\text{Педея}} > 2$, а холодной и малоснежной – при $I_{\text{Педея}} < -2$.

Результаты и обсуждение

Многолетняя динамика атмосферных осадков и температуры воздуха в бассейне Нижней Волги. Для суммарных атмосферных осадков величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от +0.19 (весна в Волгограде) до +0.45 (холодное полугодие (1-3, 11-12 месяцы) в Волгограде, табл. 1), а значения фактических изменений колеблются в пределах от 12.5 мм (для зимы в Лагани) до 154.4 мм для (в целом за год для Армавира; здесь и далее учитываются изменения величин параметров только при значимых коэффициентах корреляции; табл. 2), притом, что в среднем: за год осадки (для всех станций кроме Эльтона и Астрахани) увеличились на 99.3 мм и для весны (для всех станций кроме Эльтона) – на 39.3 мм. При этом летом значимое увеличение выпадения осадков на всех станциях не отмечалось вовсе, а осенью небольшое увеличение отмечалось только для двух станций (Элиста и Волгоград) – в среднем на 33.2 мм. В тоже время зимой значимое повышение осадков отмечалось только для половины метеостанций (Лагань, Эльтон, Верхний Баскунчак, Волгоград) – в среднем на 35.4 мм.

Кроме того, для шести из восьми метеостанций (исключая Эльтон и Астрахань) для двух анализируемых теплых полугодий (4-9 и 4-10 месяцы) также наблюдается увеличение выпадения атмосферных осадков, в среднем на 61.7 и 56.9 мм соответственно, что связано с их повышением в весенний сезон. При этом увеличение выпадения осадков наблюдается и в различные анализируемые холодные полугодия (табл. 3), в среднем на 51.8 мм, в основном за счет повышения их выпадения зимой.

Таким образом, значимые достоверные тренды за различные периоды в многолетнем распределении выпадения суммарных атмосферных осадков (годовых, за различные полугодия и сезонных) выявлены для всех восьми анализируемых станций бассейна Нижней Волги и все они положительные (отрицательные тренды отсутствуют). Положительные тренды годовых сумм осадков установлены для 6 метеостанций. Для двух метеостанций (Астрахань и Эльтон), несмотря на отсутствие многолетних годовых трендов осадков, выявлены их достоверные тренды для одного из сезонов года – весны ($r=+0.20$) и зимы ($r=+0.19$) соответственно. Из 88 анализируемых кривых многолетних изменений выпадения атмосферных осадков для различных временных периодов восьми метеостанций бассейна Нижней Волги, более половины (49) имели значимые достоверные тренды их повышения.

При этом, для всех метеостанций основной тенденцией в сезонном перераспределении осадков является их безусловное повышение весной (3-5) и по большей части зимой (1-2, 12).

Таблица 2. Значения коэффициентов корреляции для многолетних изменений суммарных атмосферных осадков и средней температуры воздуха по восьми метеостанциям бассейна Нижней Волги. **Table 2.** The values of correlation coefficients for the long-term changes of total precipitation and mean air temperature for the eight meteorological stations in the Lower Volga basin.

Период времени в месяцах	r осадков								r средней t°С воздуха							
	1. Армавир	2. Элиста	3. Яшкуль	4. Лагань	5. Астрахань	6. Верхний Баскунчак	7. Волгоград	8. Эльтон	1. Армавир	2. Элиста	3. Яшкуль	4. Лагань	5. Астрахань	6. Верхний Баскунчак	7. Волгоград	8. Эльтон
Годовое (1-12)	0.37	0.31	0.28	0.41	0.13	0.29	0.40	0.09	0.45	0.50	0.54	0.52	0.37	0.51	0.43	0.43
Тепл. п. (4-9)	0.34	0.20	0.20	0.33	0.11	0.25	0.21	0.00	0.35	0.32	0.45	0.48	0.26	0.23	0.18	0.18
Холод. п. (1-3, 10-12)	0.17	0.31	0.17	0.28	0.12	0.15	0.41	0.13	0.42	0.43	0.43	0.40	0.33	0.50	0.43	0.39
Тепл. п. (4-10)	0.33	0.24	0.22	0.36	0.14	0.20	0.24	0.00	0.38	0.35	0.49	0.58	0.24	0.32	0.19	0.22
Холод. п. (1-3, 11-12)	0.19	0.27	0.17	0.24	0.09	0.26	0.45	0.13	0.40	0.40	0.37	0.32	0.34	0.45	0.42	0.39
Тепл. п.(5-10)	0.30	0.23	0.13	0.31	0.11	0.18	0.22	0.04	0.35	0.29	0.47	0.60	0.11	0.27	0.09	0.16
Холод. п. (1-4, 11-12)	0.24	0.28	0.33	0.34	0.12	0.30	0.44	0.07	0.44	0.43	0.40	0.33	0.40	0.48	0.45	0.42
Весна (3-5)	0.43	0.28	0.36	0.36	0.20	0.23	0.19	0.14	0.42	0.37	0.41	0.35	0.37	0.39	0.32	0.29
Лето (6-8)	0.15	0.00	0.01	0.21	0.06	0.14	0.07	0.14	0.32	0.25	0.40	0.45	0.13	0.12	0.04	0.09
Осень(9-11)	0.15	0.27	0.05	0.04	0.02	0.14	0.29	0.05	0.23	0.24	0.28	0.44	0.00	0.32	0.16	0.22
Зима(1-2, 12)	0.08	0.12	0.03	0.22	0.01	0.31	0.44	0.19	0.40	0.38	0.31	0.22	0.32	0.38	0.40	0.34

Примечания: жирным крупным шрифтом выделены достоверные значимые коэффициенты корреляции; различными тонами выделены графы ячеек для теплых и холодных периодов и годового цикла. **Notes:** bold large print allocated reliable significant correlation coefficients; different tones highlighted columns of cells for warm and cold periods and the annual cycle.

Таблица 3. Модуль изменения суммарных атмосферных осадков (в мм) и средней температуры воздуха (в °С) по трендам за многолетний период для восьми метеостанций бассейна Нижней Волги. **Table 3.** Module change of total precipitation (mm) and mean air temperature (in C) on trends over many years for the eight meteorological stations in the Lower Volga basin.

Период времени в месяцах	Модуль изменения осадков, мм								Модуль изменения средней температуры воздуха, °С							
	1. Армавир	2. Элиста	3. Яшкуль	4. Лагань	5. Астрахань	6. Верхний Баскунчак	7. Волгоград	8. Эльтон	1. Армавир	2. Элиста	3. Яшкуль	4. Лагань	Астрахань	6. Верхний Баскунчак	7. Волгоград	8. Эльтон
Годовое (1-12)	154	81	57	90	-*	68	145	-	1.5	1.8	2.0	1.6	1.2	2.0	1.6	1.6
Тепл. п. (4-9)	118	45	37	69	-	44	57	-	1.2	1.1	1.6	1.3	0.8	0.9	0.7	0.7
Холод. п. (1-3, 10-12)	-	48	-	30	-	19	93	-	2.0	2.5	2.4	1.9	1.7	3.2	2.5	2.7
Тепл. п. (4-10)	122	56	42	76	-	38	65	-	1.2	1.2	1.7	1.6	0.7	1.2	0.7	0.8
Холод. п. (1-3, 11-12)	33	36	-	23	-	30	94	-	2.0	2.6	2.3	1.7	2.0	3.2	2.9	2.9
Тепл. п.(5-10)	108	47	-	58	-	31	53	-	1.2	1.0	1.7	1.7	-	1.0	-	-
Холод. п. (1-4, 11-12)	47	44	33	39	-	38	98	-	2.0	2.5	2.2	1.6	2.2	3.0	2.9	2.7
Весна (3-5)	74	42	47	49	22	22	26	-	1.8	1.9	2.2	1.6	2.0	2.4	2.0	2.0
Лето (6-8)	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	1.1	1.7	1.5	0.4	-	-	-
Осень(9-11)	-	32	-	-	-	-	35	-	1.2	1.2	1.5	2.1	-	1.8	0.8	1.2
Зима(1-2, 12)	-	-	-	13	-	25	69	23	2.4	3.0	2.5	1.4	2.5	3.4	3.4	3.1

Примечание: * - изменения отсутствуют, поскольку коэффициенты трендов незначимы. **Notes:** * - no changes as the trends are not significant.

Таким образом, выявлена тенденция заметного значимого увеличения выпадения атмосферных осадков за год для бассейна Нижней Волги, причем нигде не отмечена тенденция к их снижению. Это значимое увеличение годовой суммы осадков происходит как за счет теплого, так и за счет холодного полугодий, что связано с их сезонным повышением весной и зимой.

Анализ *относительных коэффициентов изменений (ОКИ)* многолетнего распределения суммарных атмосферных осадков (совокупно /годовых, полугодических и сезонных) в бассейне Нижней Волги показал, что значимые достоверные изменения произошли в 57% случаев (от общего кол-ва анализируемых кривых). При этом основная доля (82% от всех установленных достоверных трендов) этих изменений (этого ОКИ) лежат в пределах 15-30%. Минимальные и максимальные значения ОКИ составляют 10% и 8% соответственно от всех установленных трендов изменения осадков. Таким образом, можно сказать, что тенденция увеличения выпадения атмосферных осадков более-менее характерна для региона Нижней Волги. При этом наблюдающееся повышение в выпадении атмосферных осадков в общем происходит на одну треть (табл. 4).

Для *средних температур воздуха* (среднегодовых, средних для различных холодных/теплых полугодий, а также весеннего, летнего, осеннего и зимнего сезонов года) величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от +0.13 (лето в Астрахани) до +0.60 (теплое полугодие (5-10 месяцы) в Лагани), т.е. все они положительные. При этом значимое повышение средних значений температур воздуха зафиксировано от 0.4°C (лето в Астрахани) до 3.4°C (зима в Верхнем Баскунчаке и в Волгограде), а в среднем для всех анализируемых временных периодов – на 1.8°C.

В многолетнем распределении средней температуры воздуха (среднегодовой, средней по полугодиям, а также по отдельным сезонам года) установлены только положительные достоверные тренды. Отрицательные значения отсутствуют даже для незначимых коэффициентов корреляции трендов многолетних изменений средних температур воздуха. Лишь для семи из 88 анализируемых кривых изменений средних температур воздуха не выявлены достоверные положительные тренды.

Таким образом, преобладающей тенденцией в многолетнем распределении средних температур воздуха в бассейне Нижней Волги является стабильное повышение среднегодовых значений температуры воздуха (в среднем по всем станциям $r=+0.38$) от +0.37 (в Астрахани) до +0.54 (в Яшкулье; табл. 2), которое происходит за счет потепления воздуха как в холодные (в среднем по всем станциям для всех холодных полугодий $r=+0.38+0.42$), так и в теплые полугодия (в среднем по всем станциям для всех теплых полугодий $r=+0.28+0.34$; табл. 2). При этом фактическое повышение средней температуры воздуха в среднем по всем 8-и анализируемым метеостанциям составило: в целом за год – на 1.7°C (от 1.2°C до 2.0°C), за основные теплое (4-9) и холодное полугодие (1-3, 10-12) – на 1.0°C (от 0.7°C до 1.6°C) и на 2.1°C (от 1.7°C до 3.2°C) соответственно, за одно из альтернативных теплых (4-10) и холодных (1-3, 11-12) полугодий – на 1.1°C (от 0.7°C до 1.7°C) и на 2.5°C (от 1.7°C до 3.3°C) соответственно, за другие альтернативные теплое (5-10) и холодное (1-4, 11-12) полугодие – на 1.3°C (от 1.0°C до 1.7°C) и на 2.3°C (от 1.6°C до 3.1°C) соответственно, за весну (3-5) – на 1.8°C (от 1.6°C до 2.4°C), за лето (6-8) – на 1.2°C (от 0.4°C до 1.7°C), за осень (9-11) – на 1.2°C (от 0.8°C до 2.1°C), за зиму (1-2, 12) – на 2.7°C (от 1.4°C до 3.4°C; табл. 3).

В сезонном изменении средних температур за многолетний период значимое повышение средней температуры воздуха не выявлено летом для трех метеостанций, находящихся в северной части бассейна Нижней Волги (Эльтон, Верхний Баскунчак и Волгоград) и осенью – для одной метеостанции (Астрахань), в связи с чем, в один из альтернативных теплых полугодий (5-10) коэффициенты корреляций установленных трендов для Астрахани, Эльтона и Волгограда оказались незначимыми (табл. 2).

Таким образом, установлена основная тенденция повышения среднегодовой температуры воздуха в бассейне Нижней Волги, которая происходит как за счет холодного полугодия, так и за счет теплого полугодия. При этом повышения температур в холодное полугодие по абсолютным значениям в два раза больше, чем в теплое полугодие. Повышение средних температур воздуха происходит также во все сезоны года, однако, основная доля его приходится на зимний (на 2.7°C) и весенний (на 1.8°C) сезоны, поскольку летом и осенью повышение средних температур в два раза ниже (только на 1.2°C).

Анализ *относительных коэффициентов изменений (ОКИ)* средних температур воздуха (совокупно /годовых, полугодических и сезонных) в бассейне Нижней Волги показал, что значимые

достоверные изменения произошли в 91% случаев (от общего кол-ва анализируемых кривых). При этом более половины (51% от всех установленных достоверных трендов) этих изменений (этого ОКИ) лежат в пределах 15-30%. Минимальных значений ОКИ значительно меньше (9%), чем максимальных (35%). Таким образом, можно сказать, что повышение средних температур воздуха здесь безусловно и повсеместно как для общего годового цикла, так и для отдельных периодов и сезонов года, а сами эти изменения достигают в общем от одной трети до половины от возможных (табл. 4).

Таблица 4. Относительный коэффициент изменений (ОКИ, %) динамики суммарных атмосферных осадков и средней температуры воздуха за многолетний период по восьми метеостанциям бассейна Нижней Волги. **Table 4.** Relative rate of change (RRC, %) of the dynamics of the total precipitation and mean air temperature for a long period of eight meteorological stations in the Lower Volga basin.

Период времени в месяцах	ОКИ осадков								ОКИ средней температуры воздуха							
	1. Армавир	2. Элиста	3. Яшкуль	4. Лагань	5. Астрахань	6. Верхний Баскунчак	7. Волгоград	8. Эльтон	1. Армавир	2. Элиста	3. Яшкуль	4. Лагань	5. Астрахань	6. Верхний Баскунчак	7. Волгоград	8. Эльтон
Годовое (1-12)	28	28	22	29	-	25	29	-	31	37	41	42	20	38	30	33
Тепл. п. (4-9)	26	15	16	23	-	21	17	-	24	25	28	36	14	17	12	13
Холод. п. (1-3, 10-12)	-	24	-	16	-	11	33	-	30	35	35	33	26	42	35	35
Тепл. п. (4-10)	27	18	19	26	-	17	18	-	28	24	28	41	13	22	12	16
Холод. п. (1-3, 11-12)	15	18	-	12	-	22	38	-	28	32	27	24	25	37	33	31
Тепл. п.(5-10)	26	17	-	21	-	15	15	-	25	21	28	47	-	17	-	-
Холод. п. (1-4, 11-12)	20	21	24	23	-	26	41	-	29	33	29	29	29	36	33	31
Весна (3-5)	28	21	31	23	15	18	15	-	34	30	25	30	27	30	23	22
Лето (6-8)	-	-	-	-	-	-	-	-	21	17	24	29	8	-	-	-
Осень(9-11)	-	20	-	-	-	-	25	-	17	17	21	33	-	24	9	16
Зима(1-2, 12)	-	-	-	17	-	24	34	10	28	28	22	16	23	28	29	24

Примечание: * - изменения отсутствуют, поскольку коэффициенты трендов незначимы. **Notes:** * - no changes as the trends are not significant.

ОКИ:  - 0.1-14%,  - 15-30%,  - 31-50%.

На изменения климата Юго-Востока России в сторону потепления и большего увлажнения за счет холодного периода указывает также Т.Б. Титкова (2006).

Для абсолютных минимальных температур воздуха (холодных/теплых полугодий, весны, лета, осени и зимы) величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от -0.17 (лето в Астрахани) до +0.68 (лето в Яшкуле), а минимальным по модулю значимым коэффициентом корреляции здесь является +0.16 (весна в Астрахани, табл. 5). При этом единственное понижение (на 1.2°C) среди всех анализируемых периодов для абсолютных минимальных температур воздуха отмечено только для летнего сезона в Астрахани. Остальные значимые и незначимые изменения в многолетнем аспекте абсолютных минимальных температур воздуха касаются только их повышения. Все остальные значимые повышения абсолютных минимальных температур воздуха за все анализируемые периоды достигают в среднем для всех анализируемых метеостанций значения в 3.6°C, т.е. лежат в пределах изменений от 1.2°C до 7.9°C.

Для всей территории бассейна Нижней Волги установлено значимое повышение абсолютных минимальных температур воздуха как в теплое полугодие, так и в целом за год (т.е. за холодное полугодие), при этом практически повсеместно (исключая лето в Астрахани) отсутствует тенденция к их понижению. Основные тенденции повышения абсолютных минимальных температур воздуха в

бассейне Нижней Волги очень схожи с тенденциями изменений средних температур воздуха. Изменения происходят как во все холодные (для всех 8-и метеостанций: $r_{av}=+0.27$, $r_{max}=+0.38$, $r_{min}=+0.18$), так и во все теплые (для всех 8-и метеостанций: $r_{av}=+0.36$, $r_{max}=+0.61$, $r_{min}=+0.18$) полугодия, однако в холодные полугодия они больше по своим значениям (табл. 5). В сезонном изменении абсолютных минимальных температур воздуха преобладает безусловное повышение весной (для всех 8-и метеостанций: $r_{av}=+0.33$, $r_{max}=+0.40$, $r_{min}=+0.16$), зимой (для 7-и метеостанций: $r_{av}=+0.27$, $r_{max}=+0.38$, $r_{min}=+0.18$), летом (для 5-и метеостанций: $r_{av}=+0.41$, $r_{max}=+0.68$, $r_{min}=+0.25$) и отчасти осенью (для половины метеостанций: $r_{av}=+0.24$, $r_{max}=+0.30$, $r_{min}=+0.19$).

Таблица 5. Значения коэффициентов корреляции для многолетних изменений абсолютных минимальных и максимальных температур воздуха по восьми метеостанциям бассейна Нижней Волги. **Table 5.** The values of correlation coefficients for the long-term changes of the absolute minimum and maximum air temperatures at eight meteorological stations in the Lower Volga basin.

Период времени в месяцах	r абсолютной минимальной t°C воздуха								r абсолютной максимальной t°C воздуха							
	Армавир	Элиста	Яшкуль	Лагань	Астрахань	Верхний аскунчак	Волгоград	Эльтон	Армавир	Элиста	Яшкуль	Лагань	Астрахань	Верхний аскунчак	Волгоград	Эльтон
Тепл. п. (4-9)	0.17	0.26	0.45	0.11	0.21	0.19	0.42	0.26	0.13	0.03	0.16	0.34	0.49	0.08	0.19	0.12
Холод. п. (1-3, 10-12)	0.19	0.38	0.27	0.13	0.23	0.33	0.30	0.18	0.30	0.14	0.32	0.39	0.24	0.34	0.22	0.16
Тепл. п. (4-10)	0.19	0.31	0.57	0.39	0.18	0.43	0.61	0.19	0.13	0.03	0.16	0.34	0.49	0.08	0.19	0.12
Холод. п. (1-3, 11-12)	0.19	0.38	0.27	0.13	0.23	0.33	0.30	0.18	0.15	0.16	0.1	0.21	0.21	0.25	0.31	0.32
Тепл. п. (5-10)	0.20	0.27	0.54	0.50	0.09	0.41	0.59	0.05	0.13	0.03	0.16	0.34	0.49	0.08	0.19	0.12
Холод. п. (1-4, 11-12)	0.19	0.38	0.27	0.13	0.23	0.33	0.30	0.18	0.02	0.09	0.04	0.16	0.23	0.01	0.36	0.28
Весна (3-5)	0.34	0.40	0.36	0.27	0.16	0.35	0.38	0.34	0.02	0.03	0.09	0.06	0.22	0.09	0.21	0.07
Лето (6-8)	0.14	0.31	0.68	0.42	0.17	0.25	0.38	0.14	0.11	0.03	0.15	0.34	0.49	0.07	0.19	0.12
Осень (9-11)	0.18	0.30	0.27	0.09	0.11	0.19	0.06	0.21	0.21	0.11	0.11	0.32	0.32	0.1	0.09	0.12
Зима (1-2, 12)	0.19	0.38	0.27	0.13	0.23	0.33	0.30	0.18	0.31	0.35	0.07	0.29	0.39	0.31	0.27	0.44

Примечания: жирным крупным шрифтом выделены достоверные значимые коэффициенты корреляции; различными тонами выделены графы ячеек для теплых и холодных периодов и годового цикла. **Notes:** in bold large print - reliable significant correlation coefficients; gray colour highlights data for warm and cold periods and the annual cycle.

При этом фактическое повышение абсолютной минимальной температуры воздуха в среднем по всем 8-и анализируемым метеостанциям составило: в целом за год (1-12) и за зиму (1-2, 12) – на 4.1°C (от 2.4°C до 6.1°C), за основные теплое (4-9) и холодное полугодия (1-3, 10-12) – на 2.1°C (от 1.3°C до 3.2°C) и на 3.6°C (от 2.4°C до 6.1°C) соответственно, за одно из альтернативных теплых (4-10) и холодных (1-3, 11-12) полугодия – на 2.5°C (от 1.4°C до 4.0°C) и на 4.1°C (от 2.4°C до 6.1°C) соответственно, за другие альтернативные теплое (5-10) и холодное (1-4, 11-12) полугодия – на 3.3°C (от 2.2°C до 4.2°C) и на 4.1°C (от 2.4°C до 6.1°C) соответственно, за весну (3-5) – на 4.2°C (от 2.3°C до 7.9°C), за лето (6-8) – на 1.6°C (от 1.2°C до 3.6°C), за осень (9-11) – на 2.8°C (от 1.8°C до 5.6°C).

Таким образом, установлено, что, в холодные полугодия изменения произошли в два раза больше по абсолютным значениям, чем в теплые. В среднем, для бассейна Нижней Волги заморозки в теплое полугодие снизились на 2.7°C (в интервале от 1.3°C до 4.2°C для разных метеостанций), в то время как самые сильные морозы ослабли на 4.1°C (в интервале от 2.4°C до 6.1°C для разных метеостанций).

Таким образом, лишь для 15 из 80 анализируемых кривых многолетних изменений абсолютных

минимальных температур воздуха не установлено достоверных трендов их изменений. Практически для всех метеостанций и анализируемых периодов времени (исключение только летом в Астрахани) в бассейне Нижней Волги установлены значимые достоверные повышения абсолютных минимальных температур воздуха. Основной тенденцией в многолетней динамике абсолютных минимальных температур воздуха является их повышение для двух полугодий сразу (холодного и теплого), а также значимое безусловное их повышение весной и зимой, а также отчасти летом и осенью (в два раза меньше по сравнению с весной и зимой).

Анализ *относительных коэффициентов изменений (ОКИ)* абсолютных минимальных температур воздуха (совокупно /годовых, полугодических и сезонных) в бассейне Нижней Волги показал, что значимые достоверные изменения, также как и для средних температур, произошли в 91% случаев (от общего кол-ва анализируемых кривых). При этом более половины (63% от всех установленных достоверных трендов) этих изменений (этого ОКИ) лежат в пределах 15-30%. Минимальных и максимальных значений ОКИ приблизительно поровну – 16 и 20%. Таким образом, можно сказать, что повышение абсолютных минимальных температур воздуха в данном регионе также безусловно и повсеместно как для годового цикла, так и для отдельных периодов и сезонов года, а сами эти изменения также составляют от одной трети до половины от возможных.

Для *абсолютных максимальных температур воздуха* (холодных/теплых полугодий, весны, лета, осени и зимы) величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от +0.21 (осень в Армавире, весна в Волгограде, холодное полугодие (1-3, 11-12) в Астрахани) до +0.49 (лето в Астрахани; табл. 5). При этом фактические повышения абсолютных максимальных температур воздуха в бассейне Нижней Волги лежат в пределах 1.5°C до 4.1°C, при среднем значении повышения для всех станций и периодов в 2.5°C.

В многолетней динамике абсолютных максимальных температур воздуха по полугодиям и сезонам года на территории бассейна Нижней Волги установлена самая меньшая доля изменений для всех анализируемых метеорологических характеристик: из 80 анализируемых кривых менее половины (35) имели достоверный значимый тренд повышения своих значений.

При этом, выделяется лишь одна общая тенденция в изменении абсолютных максимальных температур воздуха (табл. 5) – это безусловное их повышение зимой (для 7-и метеостанций, кроме Яшкулья) и в холодные полугодия: в основное холодное (1-3, 10-12) полугодие – для 6-и метеостанций (Астрахань, Лагань, Яшкуль, Верхний Баскунчак, Волгоград, Армавир) и в альтернативное холодное (1-3, 11-12) полугодие – для половины метеостанций (Астрахань, Эльтон, Верхний Баскунчак, Волгоград).

Фактическое повышение абсолютной максимальной температуры воздуха для установленных трендов составляет: зимой (1-2, 12) – на 3.2°C (от 1.6°C до 4.1°C), в основное холодное полугодие (1-3, 10-12) – на 2.4°C (от 1.4°C до 3.9°C) и в альтернативное холодное (1-3, 11-12) полугодие – на 2.4°C (от 2.1°C до 2.6°C).

Анализ *относительных коэффициентов изменений (ОКИ)* абсолютных максимальных температур воздуха (совокупно /годовых, полугодических и сезонных) в бассейне Нижней Волги показал, что значимые достоверные изменения произошли только в 44% случаев (от общего кол-ва анализируемых кривых). При этом более половины (77% от всех установленных достоверных трендов) этих изменений (этого ОКИ) лежат в пределах 15-30%. Минимальных и максимальных значений ОКИ приблизительно поровну – 9 и 14%. Таким образом, можно сказать, что повышение абсолютных минимальных температур воздуха в данном регионе не стало основной тенденцией в годовом цикле, хотя произошедшие изменения для отдельных периодов (зима) также очень значительны, достигая от одной трети до половины возможных.

Изменение индексов засушливости Педя. Анализируя кривые (рис. 3а, б), построенные на основании полученных в процессе анализа индексов засушливости Педя ($I_{\text{Педя 1}}$ и $I_{\text{Педя 2}}$), легко заметить, что изменения влажностно-температурного режима годового цикла (за период с 1 по 12 месяцы) почти полностью соответствуют таковым изменениям за весенний сезон (3-5 месяцы) и, в тоже время, они очень хорошо коррелируют (рис. 4а, б) с распределением индексов засушливости Педя (1 и 2) для теплых полугодий (для 4-9 и для 4-10 месяцев).

В тоже время распределения кривых индексов засушливости Педя ($I_{\text{Педя 1}}$ и $I_{\text{Педя 2}}$) для годового периода и весеннего сезона находятся в противофазе (рис. 5а, б) с распределением кривых этих

индексов для холодных полугодий (1-3, 10-12; 1-3, 11-12 и 1-4, 11-12 месяцы) и зимнего сезона (1-2, 12 месяцы).

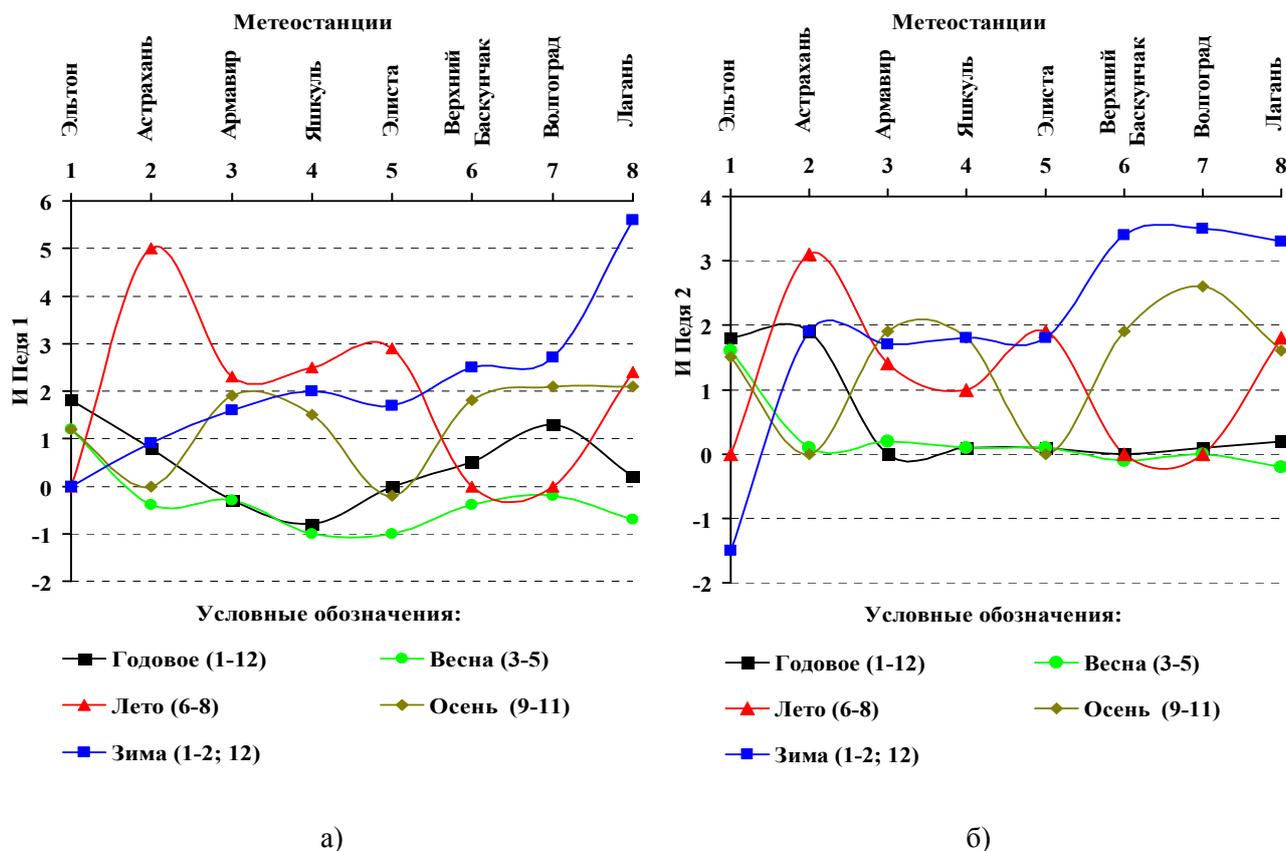


Рис. 3. Распределение индексов засушливости Педя 1 (а) и Педя 2 (б) за отдельные сезоны года (весна, лето, осень, зима) и общий годовой период по метеостанциям бассейна Нижней Волги. **Fig. 3.** Distribution of the index of aridity Pedy 1 (a) and Pedy 2 (b) for the different seasons (spring, summer, autumn, winter), and the total annual period at the meteorological stations in the Lower Volga basin.

Как видно из рисунка 3а, годовой индекс засушливости Педя ($I_{\text{Педя 1}}$), рассчитанный по отношению к базовому периоду (1961-1990 гг.), для половины метеостанций (Эльтон, Астрахань, Яшкуль, Волгоград) изменяется достаточно сильно ($I_{\text{Педя 1}}=1.8, 0.8, -0.8, 1.3$ – соответственно). В то время как для других четырех станций (Элиста, Лагань, Армавир, Верхний Баскунчак) эти изменения в годовой период незначительны ($I_{\text{Педя 1}}=0.0, 0.2, -0.3, 0.5$). Таким образом, в общем годовом цикле большей части метеостанций отмечается увеличение засушливости сопровождаемое повышением термического режима. И лишь для двух станций (Яшкуль и Армавир) отмечается некоторое повышение увлажнения с небольшим относительным похолоданием ($I_{\text{Педя 1}}=-0.8$ и -0.3).

Однако, если рассматривать изменения индекса засушливости Педя по сравнению со всем периодом инструментальных наблюдений ($I_{\text{Педя 2}}$), то окажется, что он имеет тенденцию к изменению лишь для двух станций (Астрахань – $I_{\text{Педя 2}}=1.9$ и Эльтон – $I_{\text{Педя 2}}=1.8$). Значения индекса засушливости Педя 2 ($I_{\text{Педя 2}}$) для этих двух станций характеризуют усиление засушливости при повышении температур почти до критического уровня засух, при которых индекс Педя 2 должен быть равен или больше 2. На остальных же метеостанциях совокупное изменение температурного режима и увлажнения территории в общем годовом цикле, практически, будут незаметны ($I_{\text{Педя 2}}$ от 0.0 до 0.2).

Как видно из таблицы 6, несмотря на незначительные изменения индекса засушливости Педя ($I_{\text{Педя 1}}$ и $I_{\text{Педя 2}}$) для всего годового цикла, существуют значительные внутригодовые изменения в перераспределении совокупного воздействия влагообеспеченности и термического режима в результате климатических флуктуаций для бассейна нижней Волги. Во все холодные полугодия (1-3, 10-12; 1-3, 11-12 и 1-4, 11-12 месяцы) и зимний сезон (1-2, 12 месяцы) для всех метеостанций характерны (табл. 6) максимально высокие значения индексов засушливости Педя ($I_{\text{Педя 1}}$ и $I_{\text{Педя 2}}$).

При этом для индекса засушливости Педя 2 ($I_{\text{Педя 2}}$), который отражает совокупную динамику изменений влажностно-температурного режима за весь многолетний период наблюдений, значения индекса несколько больше, чем для индекса Педя 1 ($I_{\text{Педя 1}}$), который отражает такие изменения по сравнению с базовым периодом (1961-1990 гг.). Для стандартного холодного полугодия (1-3, 10-12) значения индекса Педя 1 лежат в пределах от 0.7 до 4.9, в то время как для индекса Педя 2 они достигают 1.6-3.5. Для двух альтернативных холодных полугодий (1-3, 11-12 и 1-4, 11-12) индексы Педя достигают значений: $I_{\text{Педя 1}} - 0.5-5.2$ и $0.4-4.8$ и $I_{\text{Педя 2}} - 1.6-3.5$ и $1.7-3.4$ соответственно.

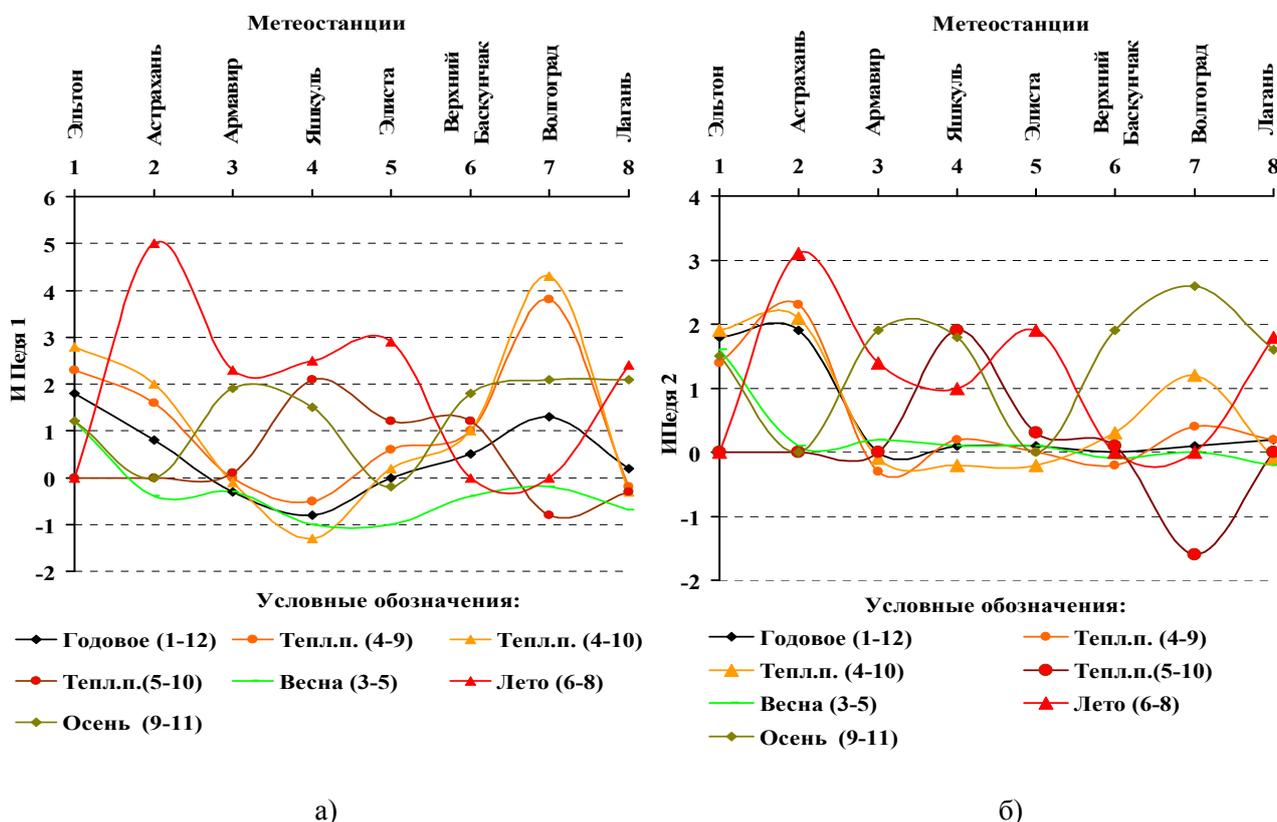


Рис. 4. Распределение индексов засушливости Педя 1 (а) и Педя 2 (б) за теплые полугодия, весну и общий годовой период по метеостанциям бассейна Нижней Волги. **Fig. 4.** Distribution of the index of aridity Pedy 1 (a) and Pedy 2 (b) for the warm half of the year, spring, and the total annual period at the meteorological stations in the Lower Volga basin.

Таким образом, мы видим, что тенденция климатических изменений в бассейне Нижней Волги стремится к значительно более теплому и влажному – многоснежному холодному периоду. Уже сейчас для половины станций (Яшкуль, Верхний Баскунчак, Волгоград и Лагань) индекс Педя 1 ($I_{\text{Педя 1}}$) лежит в пределах от 2 до 5.6, что означает чрезвычайно теплую и многоснежную зиму. При этом в дальнейшем следует ожидать еще больших изменений для всех станций (за исключением Эльтона) в сторону потепления и увеличения выпадения атмосферных осадков в зимний период ($I_{\text{Педя 2}}$ от 1.7 до 3.5).

Таким образом, для бассейна Нижней Волги выявлена основная тенденция климатических изменений, заключающаяся в увеличении увлажнения территории при повышении температурного режима в холодное полугодие и зимний сезон.

Кроме того, почти для всех метеостанций (исключая Эльтон) отмечается формирование очень сильных засух (при $I_{\text{Педя 1}} \geq 2$) в летний сезон (Армавир, Элиста, Яшкуль, Лагань, Астрахань) и чуть более слабых атмосферных засух в осенний сезон (Армавир, Лагань, Верхний Баскунчак, Волгоград; табл. 6).

Таким образом, второй особенностью климатических изменений для региона Нижней Волги является очень сильное увеличение аридизации в основной период вегетации – летом и осенью.

В тоже время весной практически для всех анализируемых метеостанций (кроме Эльтона)

отмечается тенденция повышения увлажнения, сопровождающаяся слабым относительным похолоданием (табл. 6).

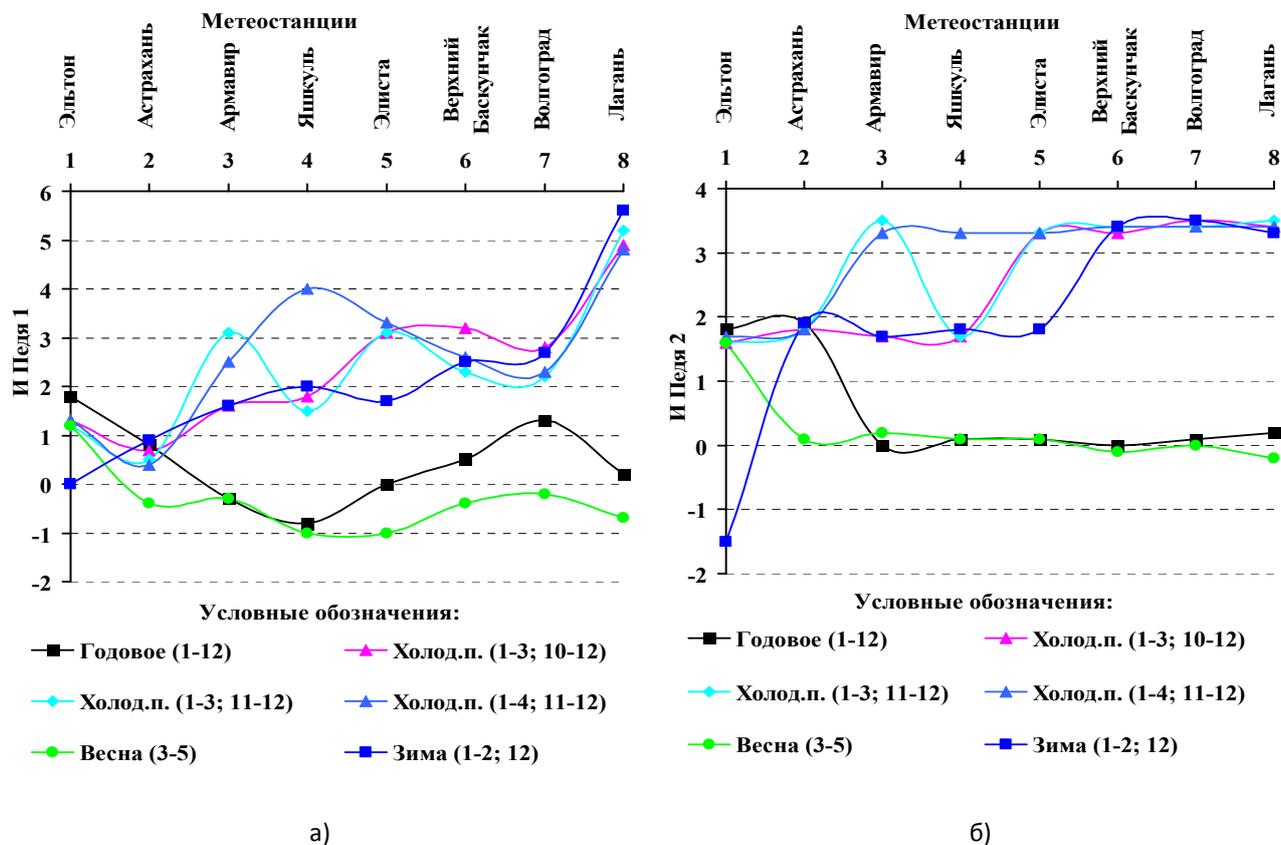


Рис. 5. Распределение индексов засушливости Педя 1 (а) и Педя 2 (б) за холодные полугодия, весну и общий годовой период по метеостанциям бассейна Нижней Волги. **Fig. 5.** Distribution of aridity indices Pedy 1 (a) and Pedy 2 (b) for the cold half of the year, spring, and the total annual period at the meteorological stations in the Lower Volga basin.

При этом, как видно из рисунков 5а и 5б происходит некоторый сдвиг в распределении холодного и теплого времени года в сторону увеличения холодного периода вплоть до апреля месяца и увеличения теплого периода в сторону захвата десятого месяца – октября, таким образом, что основным теплым периодом можно будет считать с 5-го по 10-ый месяцы года, а основными холодными месяцами – с 1-го по 4-ый и с 11-го по 12-ый месяцы года. Такое временное перераспределение холодных и теплых периодов в годовом цикле происходит за счет относительно небольшого ($I_{\text{Педя 1}}$ – от -0.2 до -1.0) похолодания весной (исключая Эльтон), а также за счет очень существенного потепления ($I_{\text{Педя 1}}$ – от 1.5 до 2.1) осенью (исключая Элисту и Астрахань).

Отличия климатических тенденций в бассейне Нижней Волги по сравнению с основным регионом формирования ее стока – бассейном Верхней и Средней Волги. В настоящее время основными тенденциями климатических изменений на территории большей части Европейской России являются: сокращение амплитуды колебания температуры приземного воздуха (повышение зимой и понижение летом) и повышение среднегодовой температуры на фоне увеличения годовой суммы атмосферных осадков и повышения расходов и уровней воды в реках (Кузьмина, 2005, 2007; Кузьмина, Трешкин, 2009; Оценочный доклад ..., 2008; Водные ресурсы России ..., 2008). Сценарий гумидного потепления в Европейской части России наиболее реален и в будущем (Оценочный доклад ..., 2008; Водные ресурсы России ..., 2008; ClimateChange ..., 2013). Потепление и увеличение осадков особенно сильно проявляется в холодное полугодие и способствует изменению сложившихся почвенно-грунтовых условий как в поймах, так и на водосборных территориях, инициируя там стабилизацию и подъем грунтовых вод, увеличение глееобразования в верхних и средних почвенных

горизонтах, что приводит к утрате естественной древесно-кустарниковой растительности (Кузьмина, 2007). Климатические изменения в России более существенны по сравнению с общемировыми.

Таблица 6. Значения индексов засушливости Педя (1 и 2) по различным внутригодовым периодам для восьми метеостанций бассейна Нижней Волги. **Table 6.** The values of the index of aridity Pedy (1 and 2) for various infra periods for eight weather stations in the Lower Volga basin.

Период времени в месяцах	Индекс засушливости Педя 1 (И _{Педя1})								Индекс засушливости Педя 2 (И _{Педя2})							
	1. Армавир	2. Элиста	3. Яшкуль	4. Лагань	5. Астрахань	6. Верхний Баскунчак	7. Волгоград	8. Эльтон	1. Армавир	2. Элиста	3. Яшкуль	4. Лагань	5. Астрахань	6. Верхний Баскунчак	7. Волгоград	8. Эльтон
Годовое (1-12)	-0.3	0	-0.8	0.2	0.8	0.5	1.3	1.8	0	0.1	0.1	0.2	1.9	0	0.1	1.8
Тепл. п. (4-9)	0	0.6	-0.5	-0.2	1.6	1.0	3.8	2.3	-0.3	0	0.2	0.2	2.3	-0.2	0.4	1.4
Холод. п. (1-3; 10-12)	1.6	3.1	1.8	4.9	0.7	3.2	2.8	1.3	1.7	3.3	1.7	3.4	1.8	3.3	3.5	1.6
Тепл. п. (4-10)	-0.1	0.2	-1.3	-0.3	2.0	1.0	4.3	2.8	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1	2.1	0.3	1.2	1.9
Холод. п. (1-3; 11-12)	3.1	3.1	1.5	5.2	0.5	2.3	2.2	1.2	3.5	3.3	1.7	3.5	1.8	3.4	3.4	1.6
Тепл. п. (5-10)	0.1	1.2	2.1	-0.3	0	1.2	-0.8	0	0	0.3	1.9	0	0	0.1	-1.6	0
Холод. п. (1-4; 11-12)	2.5	3.3	4.0	4.8	0.4	2.6	2.3	1.3	3.3	3.3	3.3	3.4	1.8	3.4	3.4	1.7
Весна (3-5)	-0.3	-1.0	-1.0	-0.7	-0.4	-0.4	-0.2	1.2	0.2	0.1	0.1	-0.2	0.1	-0.1	0	1.6
Лето (6-8)	2.3	2.9	2.5	2.4	5	0	0	0	1.4	1.9	1	1.8	3.1	0	0	0
Осень (9-11)	1.9	-0.2	1.5	2.1	0	1.8	2.1	1.2	1.9	0	1.8	1.6	0	1.9	2.6	1.5
Зима (1-2; 12)	1.6	1.7	2	5.6	0.9	2.5	2.7	0	1.7	1.8	1.8	3.3	1.9	3.4	3.5	-1.5

Нашими более ранними исследованиями было установлено, что для Верхней Волги основное потепление происходит в зимнее полугодие, а в сезонном распределении температур максимальные положительные изменения происходят зимой и весной (Кузьмина и др., 2011). Холодное полугодие также вносит основную долю в увеличение суммарных осадков, но в сезонном распределении – максимальное повышение увлажнения характерно для зимы и осени. В теплое полугодие, а также в летний сезон количество осадков остается неизменным (Кузьмина и др., 2011, 2013).

Как было установлено нашими ранними исследованиями, для более южных территорий России также характерна тенденция потепления, сопровождающаяся увеличением увлажнения территории за счет холодного полугодия (Кузьмина, 2007; Кузьмина, Трешкин, 2009). Потепление для большей части Центральной и Южной России отмечается в холодное полугодие, а также зимой и весной. При этом происходит значительное повышение абсолютных минимальных температур воздуха, т.е. сокращение заморозков. Подобное наблюдается и для Верхней Волги, где эти изменения также характерны, в основном, для зимы и весны (Кузьмина и др., 2011, 2013). Изменение абсолютных максимальных температур воздуха как для Верхней Волги, так и для всей Центральной России не столь велики, и отмечаются, в основном, для холодного полугодия и зимы. В то время как средние максимальные температуры воздуха в бассейне Верхней Волги изменяются более сильно, оставаясь неизменными только летом и осенью (Кузьмина, 2007; Кузьмина и др., 2011, 2013).

Таким образом, в ходе исследований было установлено, что в бассейне Верхней Волги климатические изменения носят характер гумидного потепления, которое способствует увеличению заболачиваемости долинных территорий и побережий равнинных водохранилищ и озер, повышению и стабилизации уровня безнапорных грунтовых вод, изменению почвенно-грунтового увлажнения в сторону его повышения и подъему глеевых почвенных горизонтов в более верхние уровни почвенных профилей как в долинах рек, так и на водораздельных территориях. В то время как для зоны широколиственных лесов и лесостепи аналогичное влияние выявленных климатических

изменений на растительность рек с естественным стоком будет сказываться в большей степени на пойменных территориях. И только для рек с зарегулированным стоком выявленное влияние будет распространяться на весь долинный комплекс экосистем, включая речные террасы и приводораздельные территории (Kouzmina, 2004; Kouzmina et al., 2005; Кузьмина, 2007; Кузьмина и др., 2011, 2013).

Проявление климатических изменений в экосистемах. Последствия климатических изменений повсеместно отмечаются на водораздельных пространствах Юга России, которые считаются пусковым механизмом, инициирующим очаговое переувлажнение земель в степной зоне (Зайдельман и др., 1998; Назаренко и др., 2000; Назаренко, 2006). В степной зоне расширение площадей очагового переувлажнения пахотных земель считается одним из наиболее негативных последствий динамики климата. На фоне сильной водохозяйственной (ирригационной) трансформированности территории происходящие климатические изменения свидетельствуют о реальной тенденции увеличения увлажненности степных районов на юге России.

На основании собственного анализа многолетних расходов и уровней воды в реках лесостепной, степной и полупустынной зон Юга России, а также фондовых данных удалось сделать некоторые выводы, многие из которых подтверждаются также другими исследователями (Водные ресурсы ..., 2008; Оценочный доклад ..., 2008; ClimateChange ..., 2013). В XX столетии в бассейнах рек лесостепной и степной зоны России отмечается тенденция к перераспределению атмосферных осадков в сторону их увеличения в зимний период. Это способствует изменению сложившихся почвенно-грунтовых условий в поймах и на водоразделах (Kouzmina, 2004; Кузьмина, 2005). Установлено снижение амплитуды колебания многолетних значений уровней и расходов воды к концу XX столетия, способствующее стабилизации УГВ в вегетационный период и увеличению глееобразования в верхних и средних почвенных горизонтах, приводящее к утрате естественной древесно-кустарниковой растительности пойм.

В связи с потеплением прогнозируется рост подтопления, переувлажнение и заболачивание земель в северных районах России, в то время как в южных – первоначально прогнозируется уменьшение питания подземных вод, а при последующем усилении потепления до 3-4°C – его увеличение (Ковалевский, Клиге, 2003). Существенное увеличение питания и подъем грунтовых вод в пределах Волго-Донского междуречья (Ростовская область) фиксируется уже в настоящее время, что вызвано целиком увеличением среднегодовых температур за счет потепления в зимний период и увеличением выпадения атмосферных осадков (Назаренко, 2006). На Джаныбекском стационаре с конца 80-х годов XX века также отмечается подъем уровня грунтовых вод со средней скоростью 11 см в год (Соколов и др., 2001). УГВ там фиксируется в настоящее время на глубине 4-5 м от поверхности, в то время как граница капиллярной каймы поднялась до глубины 2 м. Идут сложные процессы выравнивания параметров компонентов в солонцовом комплексе. При этом процессы “остепнения” преобладают в растительном покрове: происходит выравнивание видового состава на разных элементах микрорельефа за счет расширения позиций степных видов (типчака, ковылей, острца). Этот процесс нивелирования различий в почвенном покрове и грунтовых водах идет в направлении увеличения содержания солей и их токсичности в ранее незасоленных почвах микропонижений.

В Северном Прикаспии и в других регионах южной части России наблюдается подъем УГВ к поверхности и расширение площадей, занятых переувлажненными почвами. Для Ростовской области, Ставропольского края и Северного Прикаспия, куда относится бассейн Нижней Волги, повышение сумм атмосферных осадков в последние годы, наряду с обводнительно-оросительными мероприятиями, считаются главными причинами распространения подтопления территорий (Зайдельман и др., 1998; Соколова и др., 2001; Назаренко, 2006).

Начало восстановления растительности на опустыненных территориях Черноземельской низменности, а также остепнение растительности ранее полупустынных территорий Калмыкии также объясняют изменением (повышением) увлажнения в совокупности со снятием пастбищной нагрузки (Мяло, Левит, 1996; Неронов, 2002).

Поскольку климат – один из основных факторов, формирующих экосистемы, претерпевает сегодня быстрые динамические сдвиги, все исследования связанные с динамикой экосистем должны начинаться с анализа климатических изменений.

Таким образом, для наземных и водных экосистем бассейна Нижней Волги в настоящее время и в АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2014, том 20, № 3 (60)

будущем ожидается существенный недостаток увлажнения в вегетационный период, а также формирование засух летом и осенью, при очень значительном повышении во все сезоны и полугодия средних, а также абсолютных минимальных и максимальных температур воздуха. Более существенное повышение температур воздуха в холодные полугодия будет способствовать меньшему промерзанию почв и большей их влагоудерживающей способности в холодный период. Это приведет к активизации почвенных процессов также в зимний период, что ранее было слабо выражено. Таким образом, процесс засоления и испарения в почвах будет происходить не только в теплое полугодие, но также и в холодный период. Это, наряду с антропогенно зарегулированностью стока и снижением частоты заливания верхних и средних уровней поймы приведет к полному высыханию, опустыниванию и засолению ранее незасоленных или слабозасоленных пойменных и дельтовых территорий.

Повышение температуры воды при ее недостатке в теплый период повысит возможности цветения воды и снизит поступление кислорода при значительном повышении ее испаряемости. Таким образом, чтобы компенсировать происходящие климатические изменения и нейтрализовать уже имеющиеся негативные антропогенные трансформации в наземных экосистемах бассейна Нижней Волги из-за понижения уровня грунтовых вод (УГВ) и засоления почв в результате сокращения частоты паводкового затопления, необходимо, как минимум в два раза по сравнению с современным уровнем увеличить поступление паводковых вод в самую северную часть бассейна Нижней Волги, в которой наблюдаются наибольшие негативные последствия антропогенного регулирования стока.

Выводы

Таким образом, в ходе проведенных исследований, для бассейна Нижней Волги были установлены некоторые основные тенденции климатических изменений, а также оценена величина этих изменений как для отдельных климатических характеристик (осадков, средней, минимальной, и максимальной температуры воздуха), так и их совокупного воздействия, включая их общую оценку на изменение функционирования и динамики экосистем.

1. Для бассейна Нижней Волги в многолетней динамике сумм атмосферных осадков, средних, абсолютных максимальных и минимальных температур воздуха установлены некоторые общие закономерности их изменений.

○ Основной тенденцией в многолетнем изменении сумм атмосферных осадков является их значимое повышение в годовом цикле как за счет теплого, так и за счет холодного полугодий, связанное с их сезонным повышением весной и зимой.

○ В изменении средних температур воздуха основной тенденцией является повышение среднегодовых температур воздуха за счет их повышения как в холодное, так и в теплое полугодия. При этом повышение средних температур в холодное полугодие в два раза выше, чем в теплое. В сезонном потеплении основная роль принадлежит зиме и весне, летом и осенью повышение средних температур воздуха в два раза ниже.

○ В многолетней динамике абсолютных минимальных температур воздуха основной тенденцией является их повышение для двух полугодий сразу (холодного и теплого), а также значимое безусловное их повышение весной и зимой, а также отчасти летом и осенью, при том, что в холодные периоды эти изменения произошли в два раза больше чем в теплые. Установленные тенденции в изменении абсолютных минимальных температур воздуха очень сходны с таковыми для средних температур воздуха, однако, для абсолютных минимальных температур они больше в 2-3 раза по сравнению с изменениями средних температур воздуха. Таким образом, установлено ослабление как весенних заморозков, так и зимних морозов, что, наряду с повышением среднегодовых температур воздуха, должно способствовать производству с/х продукции.

○ Наименьшие изменения произошли в многолетней динамике абсолютных максимальных температур воздуха. Установлена лишь одна единственная тенденция – повышение абсолютных максимальных температур воздуха зимой и в холодное полугодие, причем изменения максимальных температур в 1.3-1.5 раза ниже по своим значениям, чем изменения минимальных температур воздуха.

2. На основе анализа индексов засушливости Педя для бассейна Нижней Волги были

установлены определенные тенденции совокупного изменения влажностно-температурного режима. В целом они слабо проявляются для общего годового цикла, но значительны во внутригодовых изменениях. Основная тенденция совокупных климатических изменений в бассейне Нижней Волги в настоящем и будущем – это значительно более теплые, влажные и многоснежные зима и холодное полугодие. Второй особенностью совокупных климатических изменений для региона Нижней Волги является очень сильное увеличение аридизации в основной период вегетации – летом и осенью. Третья особенность бассейна Нижней Волги – тенденция повышения увлажнения, сопровождающаяся небольшим относительным похолоданием весной.

3. Из-за похолодания весной и сильного потепления осенью в бассейне Нижней Волги наблюдается перераспределение во времени теплого и холодного полугодий, сдвиг на один месяц холодного (включая апрель) и теплого (включая октябрь) полугодий.

4. Анализ *относительных коэффициентов изменений* (ОКИ) многолетних метеорологических характеристик (совокупно /годовых, полугодовых и сезонных/ отдельно для сумм осадков, средней, абсолютной максимальной и минимальной температур воздуха) в бассейне Нижней Волги показал, что для большей части установленных достоверных трендов (в 82% случаев для осадков, в 57% случаев для средней температуры, в 63% случаев для абсолютной минимальной и в 77% случаев для абсолютной максимальной температуры) изменения уже лежат в пределах от 15% до 30%, причем для характеристик температуры воздуха есть значения относительного коэффициента изменений, приближающиеся к 50% порогу: 46.6% для средней, 46.9% для минимальной и 43.9% для максимальной температуры.

5. В бассейне Нижней Волги повышение средней и абсолютной минимальной температуры воздуха наряду с увеличением выпадения общего количества атмосферных осадков в холодное полугодие и зимний сезон, а также их перераспределение (увеличение увлажненности зимой и уменьшения ее летом) способствует изменению сложившихся почвенно-грунтовых условий не только в поймах, но и на водосборных территориях. Экологическим следствием этих совокупных изменений становится подъем и стабилизация положения УГВ, переувлажнение местообитаний (особенно в зимний период, преимущественно на нижних и средних уровнях поймы и особенно в дельтовой части бассейна нижней Волги) увеличение глееобразования в почвенном профиле и, в конечном итоге, гибель естественной пойменной и дельтовой древесно-кустарниковой растительности.

6. Выявленные тренды климатических изменений наряду с антропогенными воздействиями негативно отразятся на естественной и культурной растительности бассейна Нижней Волги. Поддержание сельскохозяйственного производства в бассейне Нижней Волги потребует повсеместного мелиоративного обводнения, поскольку будут формироваться засухи в летний и осенний сезоны года. Изменения климата без дополнительных усилий по обводнению сельскохозяйственных, пойменных и дельтовых территорий приведет к нарушению естественной модели динамики растительности; будут формироваться лишь некоторые фитоценозы, в то время как другие подвергнутся полной редукции и опустыниванию.

7. Климатические изменения в бассейне Нижней Волги имеют как общие, так и отличительные черты с таковыми для бассейнов Верхней и Средней Волги где происходит основное формирование её стока. При этом, если в изменении средних, абсолютных максимальных и минимальных температур много общего, то в изменении увлажнения больше отличий (Кузьмина и др., 2013).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Водные ресурсы России и их использование. 2008. / Под ред. И.А. Шикломанова. СПб: Государственный гидрологический институт. 600 с.
- Зайдельман Ф.Р., Тюльпанов В.И., Ангелов Е.Н., Давыдов А.И. 1998. Почвы мочарных ландшафтов – формирование, агроэкология и мелиорация. М.: МГУ. 160 с.
- Ковалевский В.С., Клиге Р.К. 2003. Изменение гидрогеологических условий под влиянием глобального потепления // Вестник МГУ. Серия 5. География. № 3. С. 10-17.
- Кузьмина Ж.В. 2007. Анализ многолетних метеорологических трендов на Юге России и Украины (от лесостепи до пустынь) // Аридные экосистемы. Т. 13. № 32. С. 53-67.
- Кузьмина Ж.В. 2005. Оценка последствий изменения режима речного стока для пойменных экосистем при создании малых гидротехнических сооружений на равнинных реках // Метеорология и гидрология.

№ 8. С. 89-103.

- Кузьмина Ж.В., Каримова Т.Ю., Трешкин С.Е., Феодоритов В.М. 2011. Влияние климатических изменений и зарегулирования речного стока на динамику растительности долин рек // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 2 (116). С. 34-40.
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2009. Изменения основных метеорологических характеристик на юге Европейской части России // Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве / Ред. А.Л. Иванов, В.И. Кирюшин. М.: Россельхозакадемия. С. 402-416.
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е., Каримова Т.Ю. 2013. Воздействие основных тенденций совокупного влияния климатических и гидрологических изменений на сукцессионную динамику растительности в мелиоративно трансформируемых экосистемах зоны южной тайги // Материалы Международной практической конференции «Современные проблемы использования мелиорированных земель и повышения их плодородия», г. Тверь, 27-28 июня 2013 г. Тверь. С. 246-252.
- Мяло Е.Г., Левит О.В. 1996. Современное состояние и тенденции развития растительного покрова Черных земель // Аридные экосистемы. № 2-3. Т. 2. С. 145-152.
- Назаренко О.Г. 2006. К вопросу о влиянии климатических факторов на грунтовые воды Донно-Донецкого бассейна во второй половине XX столетия // Водные ресурсы. Т. 33. № 4. С. 504-510.
- Назаренко О.Г., Новикова Н.М., Хитров Н.Б. 2000. Очаговое переувлажнение почв в формировании флористического разнообразия степных водоразделов // Аридные экосистемы. № 13. Т. 6. С. 47-53.
- Неронов В.В. 2002. Динамика растительности и населения грызунов на Юге Калмыкии в изменяющихся условиях среды. Автореф. дис. канд. биол. наук. Москва. ИПЭЭ РАН. 24 с.
- Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2008. Техническое резюме. М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). 89 с.
- Переведенцев Ю.П., Исмагилов Н.В., Шерстюков Б.Г., Наумов Э.П., Шанталинский К.М., Гоголь Ф.В. 2008. Современные изменения климата республики Татарстан // Вестник ВГУ. Серия: География, Геоэкология. № 2. С. 13-23.
- Соколова Т.А., Сиземская М.Л., Толпецкая И.И., Сапанов М.К., Субботина И.В. 2001. Динамика солевого состояния целинных почв полупустыни северного Прикаспия в связи с многолетними колебаниями уровня грунтовых вод (на примере Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН) // Экологические процессы в аридных биогеоценозах. Чтения памяти академика В.Н. Сукачева. М.: Наука. С. 113-132.
- Титкова Т.Б. 2006. Изменение климата переходных природных зон русской равнины. Автореф. дисс... канд. геогр. наук. Москва. Институт географии РАН. 24 с.
- Climate Change 2013. The Physical Science Basis // Working Group I Contribution to the fifth Assessment report of the intergovernmental panel on climate change / Edited by Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, Alexander Nauels, Yu Xia, Vincent Bex, Pauline M. Midgley. Cambridge University Press, 32 Avenue of the Americas, New York, NY 10013-2473, USA. 1535 p. /http://www.climatechange2013.org.
- Kouzmina J.V. 2004. The impact of natural and human-induced changes in the river flow and the climate on flood plain ecosystems in the middle Elbe river basin // Ecological Engineering and Environment Protection. №2. pp. 5-15.
- Kouzmina J.V., Treshkin S.Y., Avetjan S.A., Henrichfreise A. 2005. Assessment of consequences change of river flow regime for floodplain ecosystems under building small and middle hydrotechnical constructions // Journal of Hydrology and Hydromechanics. Prague, Czech Republic. Vol.53. №1. pp. 3-16.

CLIMATE CHANGE IN THE LOWER VOLGA BASIN AND ITS INFLUENCE ON THE ECOSYSTEMS

© 2014. Zh.V. Kuz'mina*, S.Ye. Treshkin**

*Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences
Russia, 119333 Moscow, Gubkina str. 3. E-mail: jannaKV@yandex.ru

**Russian Academy of Agricultural Sciences
Russia, 117218 Moscow, Krzhizhanovskogo str., 15/2. E-mail: biost@yandex.ru

In the basin of the Lower Volga main trends of climate change and their impact on the dynamics of ecosystems were identified. The results obtained on the basis of the analysis of long-term meteorological characteristics (average, maximum and minimum air temperature and precipitation in different seasons and years) and the estimated changes in terrestrial ecosystems and landscapes. The main directions of the cumulative effects of changes humid-temperature regime in the basin of the Lower Volga were identified and the general direction of the dynamics of terrestrial ecosystems in this regard was set.

Key words: air temperature, precipitation, climate change, floodplain ecosystems, the dynamics of vegetation.