

РАЗДЕЛ 3.

ГИДРОЛОГИЯ, ОКЕАНОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

УДК551.583.1

ОЦЕНКА РЕЖИМОВ ПРИРОДНОЙ ТЕПЛО- И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВОЛГИ

Валов М. В.¹, Колотухин А. Ю.², Бармин А. Н.³, Зимовец П. А.⁴, Занозин В. В.⁵

^{1,2,3,5}Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет», г. Астрахань, Российская Федерация

⁴Общество с ограниченной ответственностью «ТОРА», г. Волжский, Российская Федерация
E-mail: m.v.valov@mail.ru

В работе проанализированы статистические количественные показатели режимов тепло- и влагообеспеченности и специфические особенности их разновременной вариативности на территории дельты р. Волги за период с 1922 по 2019 г. В качестве инструментов анализа использовались методы математической статистики. Выявлено, что основным фактором, влияющим на динамику увлажнения территории в паре осадки — температура является количество осадков, что обусловлено их многолетней вариативностью, вдвое превышающей вариативность температуры воздуха. В климате дельты р. Волги наблюдаются периоды сокращения многолетней вариативности увлажнения территории, для которых характерно сокращение вариативности температуры воздуха и количества осадков с июня по сентябрь, в то же время, в такие периоды вариативность показателей других месяцев не изменяется. Основным прогнозом развития климата дельты р. Волги можно считать общее повышение средней температуры и влажности воздуха с увеличением количества аномально влажных и уменьшением количества аномально сухих лет.

Ключевые слова: дельта р. Волги, климатические изменения, степень аридизации, атмосферные осадки, температурные тренды, режим увлажнения.

ВВЕДЕНИЕ

Разномасштабные изменения климатических условий, наблюдаемые на сегодняшний день практически во всех регионах нашей планеты, оказывают непосредственное влияние на динамику ландшафтов, состояние растительного и животного мира, могут привести к утрате потенциала и разнообразия экосистем и стать ощутимой угрозой благополучия людей и устойчивого развития территорий. Оценка масштабов и последствий климатических изменений разных территориальных охватов должна проводиться с позиций междисциплинарного подхода и комплексности исследований, что позволит создать важнейший информационный базис для принятия стратегических решений по обеспечению экологической безопасности территорий.

Актуальность и важность изменений климата отражены в ряде документов и научных публикаций [1–14].

В европейской части России только полупустынные и пустынные территории в пределах Прикаспийской низменности характеризуются типичным аридным и континентальным климатом [15]. Изменение режимов тепло- и влагообеспеченности, осложняемые хозяйственной деятельностью человека, играют ключевую роль в функционировании и динамике экосистем Северо-западного

Прикаспия в целом и интразонального ландшафта дельты р. Волги в частности [10, 16–18].

Целью настоящей работы является определение статистических количественных показателей режимов тепло- и влагообеспеченности и специфических особенностей их разновременной вариативности на территории дельты р. Волги за период с 1922 по 2019 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалами для анализа послужили данные по количеству осадков и среднемесячным температурам на территории Астраханской области в период с 1922 по 2019 год, полученные в Астраханском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды — филиале Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

При анализе динамики показателей использовались методы математической статистики и анализа выборок, такие как дисперсия, среднеквадратичное отклонение, коэффициент вариации, линейный тренд, а также построение графиков для увеличения наглядности отображения данных. Дисперсия, среднеквадратичное отклонение и коэффициент вариации использовались как показатели вариативности климатических показателей как в многолетней перспективе, так и в течение одного года. Линейный тренд использовался для определения средних многолетних тенденций изменения показателей, достоверность которых определялась по показателю достоверности тренда. Для определения взаимосвязи значений в выборках использовался коэффициент корреляции [19].

Для определения общих погодных характеристик были применены такие показатели, как индекс аридности Де Мартона (1) [20] и коэффициент увлажнения Высоцкого-Иванова (2) [21], которые позволили выявить динамику увлажненности территории области как в многолетней перспективе, так и за вегетационный период.

$$K = R / (t + 10) \quad (1),$$

где R — сумма осадков за период времени (см.), t — средняя температура за аналогичный период времени ($^{\circ}\text{C}$).

$$K = R / E_p \quad (2),$$

где R — сумма осадков за месяц (мм.), E_p — месячная испаряемость (мм).

Кроме того, была проанализирована динамика стандартизированного индекса осадков (SPI), который рассчитывается в специальном SPI-калькуляторе и гидротермический коэффициент по Г. Т. Селянинову, показывающий степень засушливости территории через соотношение суммы осадков (r , в мм) за период со среднесуточными температурами воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$ к сумме температур ($\sum t$) за это же время, уменьшенной в 10 раз [10, 17] (3).

$$\text{ГТК} = r/(\sum t/10) \quad (3).$$

Общий тренд увлажнения территории был определён с помощью расчета многолетней динамики стандартизированного индекса осадков [22], что позволило выявить динамику количества аномально засушливых и влажных лет. Значения индекса для отдельных лет расставлялись в таблицу и ячейкам таблицы присваивались цвета по градации от красного (сильная засуха), до синего (сильное увлажнение). Кроме того, полученные значения были распределены от самого низкого к самому высокому с сохранением привязки лет, после чего была построена точечная диаграмма, где на оси абсцисс отмечались значения индекса от 0 до 100% (в качестве нуля использовалось самое низкое значение, а в качестве 100 — самое высокое). Построение точечной диаграммы позволило определить преобладание засушливых и увлажненных лет в определенные промежутки времени.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На территории дельты р. Волги среднегодовая температура воздуха составляет порядка 10° С, средняя температура января -5...- 9° С, июля +24...+25° С. Сумма активных температур в среднем составляет 3 500°–3 600°. Суммарная радиация достигает 118 ккал/см², продолжительность солнечного сияния составляет до 2 400 ч/год, продолжительность теплого периода более 250 дней. Количество осадков порядка 180–200 мм в год, выпадает, главным образом в теплый период. При общей годовой испаряемости 1 177 мм образуется значительный дефицит увлажненности [10, 23, 24].

Вариативность суммы осадков в различные годы достигает примерно 30%, в то время как температурный режим характеризуется большей годовой стабильностью и его вариативность примерно равна 10%. Наибольшая вариативность среднемесячных осадков и температур наблюдается в тёплые месяцы года, соответствующие периоду вегетации.

Микроклимат дельты заметно смягчает климатические контрасты окружающей пустыни: температура в ночные часы несколько выше в течение всего года, в летнее время температура воздуха здесь на 1–2° С ниже, чем на окружающих пустынных пространствах, воздух на 10–14% более влажный, безморозный период на 15–30 дней длиннее [16; 17; 23; 25].

Индекс корреляции между динамикой среднегодовых температур и годовых сумм осадков за исследуемый период имеет низкое значение на уровне 12%, в то же время наблюдаются равнонаправленные тренды на увеличение показателей, более достоверный у температуры, что отчасти обусловлено её меньшей вариативностью. Эти данные свидетельствуют о существующем тренде на медленное изменение текущего соотношения температуры и осадков за счет более стабильно увеличивающейся температуры воздуха (рис. 1).

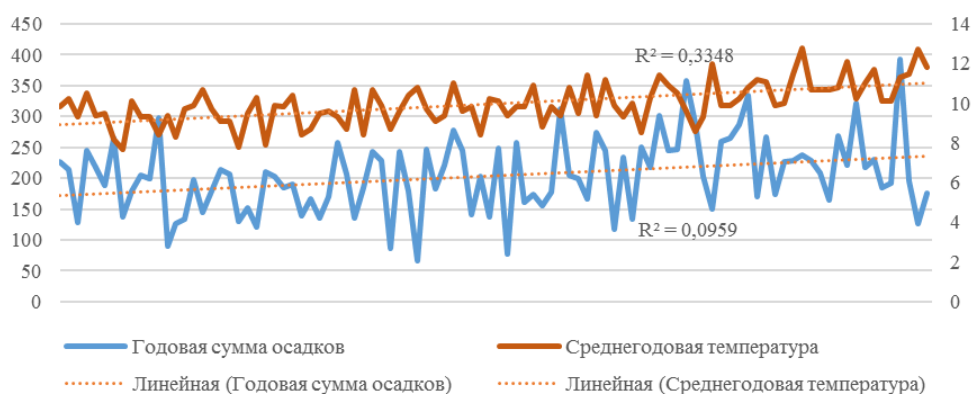


Рис. 1. Динамика суммы осадков и температуры воздуха в 1922–2019 гг.
Источник: составлено авторами.

При значительном влиянии температурных трендов основную роль в формировании динамики многолетнего увлажнения территории играет годовая сумма осадков, что обуславливается её более сильной вариативностью.

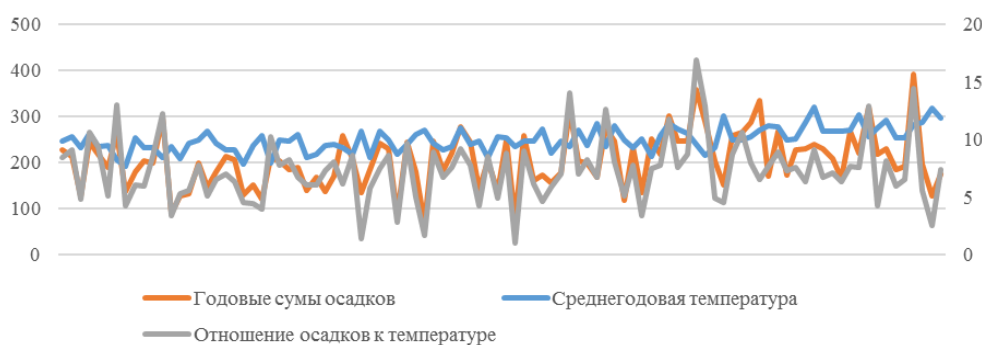


Рис. 2. Отношение годовых сумм осадков к среднегодовой температуре в 1922–2019 гг.
Источник: составлено авторами.

Между отношением годовых сумм осадков к средней температуре и годовыми суммами осадков наблюдается корреляция со значением 84%, в то время как между отношением этих показателей к среднегодовой температуре, корреляция отсутствует (рис. 2). Этот факт обусловлен более стабильной многолетней среднегодовой температурой, соответственно в каждый последующий год можно ожидать примерно одинаковую температуру с потенциально сильно изменившейся суммой осадков. Данное правило справедливо для всех периодов года, поскольку в более вариативные теплые месяцы (период вегетации) так же увеличивается и вариативность осадков.

Среднее значение индекса аридности Де Мартона для дельты р. Волги равно 1,02, что позволяет отнести её территорию к регионам высокой засушливости и

ОЦЕНКА РЕЖИМОВ ПРИРОДНОЙ ТЕПЛО- И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВОЛГИ

недостаточного увлажнения, что так же подтверждается коэффициентом увлажнения Высоцкого-Иванова, равным 0,12, который свидетельствует о сильном недостатке осадков при высоком уровне испаряемости на территории.

Динамика индексов увлажнения коррелирует на 90%, но, в то же время, наблюдаются периодические расхождения в показателях, поскольку коэффициент увлажнения Высоцкого-Иванова не отражает аномалии в температуре, а учитывает только показатель испаряемости на территории (рис. 3). Оба показателя характеризуются существованием тренда на увеличение с очень низкой степенью достоверности. Вариативность индекса Де Мартона составляет 30%, а коэффициента увлажнения Высоцкого-Иванова 40%, что говорит о большом разбросе увлажнения территории в различные годы.

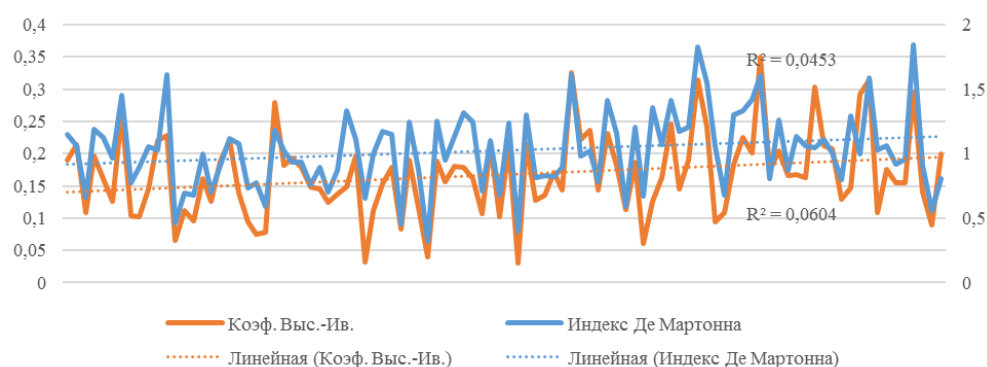


Рис. 3. Динамика увлажнения территории в 1922–2019 гг.

Источник: составлено авторами.

На графике динамики индексов можно выделить периоды уменьшения их вариативности (1930–1950 гг., 1980–2010 гг.), которые характеризуются не только уменьшением разброса средних значений индексов увлажнения, но также и увеличением различия в их показаниях (рис. 3).

Таблица 1.
Гидрометеорологические показатели по данным гидрометеорологической станции
г. Астрахани по периодам

Годы	Средне- довая температура воздуха, °С	Средняя сумма температур за период с температурой > 10° С	Средне- довая сумма осадков, мм	Сумма осадков за период с темпера- турой > 10° С	Гидротерми- ческий коэффициен- т по Г.Т. Се- лянинову
1	2	3	4	5	6
1922–1931	9,4	3 417	200	122	0,36
1932–1941	9,4	3 624	178	108	0,30

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6
1942–1951	9,2	3 446	163	85	0,25
1952–1961	9,6	3 622	193	101	0,28
1962–1971	9,8	3 472	196	103	0,30
1972–1981	10	3 601	189	118	0,33
1982–1991	10,2	3 714	222	128	0,34
1992–2001	10,3	3 612	259	168	0,46
2002–2011	10,8	3 886	232	114	0,29
2012–2019	10,8	3 862	242	153	0,28

Данные периоды совпадают с периодами снижения вариативности количества осадков и в большей степени отражаются на значении индекса Де Мартона, что свидетельствует об увеличении корреляции количества осадков и средней температуры в периоды снижения вариативности динамики осадков.

В целом за период наблюдений с 1922 по 2019 г. значения гидротермического коэффициента по Г. Т. Селянинову, показывающего степень засушливости территории, флуктуировали при средней величине 0,33 (табл. 1). Наиболее засушливым являлось десятилетие 1942–1951 гг. (значение ГТК по Г. Т. Селянинову составило 0,25), а наиболее увлажненный период наблюдался в 1992–2001 гг. (значение ГТК по Г. Т. Селянинову составило 0,46).

Анализ динамики индексов увлажнения различных месяцев за вегетационный период показывает, что наибольшая вариативность достигается в весенние и осенние месяцы, в то время как летние месяцы характеризуются большей стабильностью и меньшим количеством аномалий, что обуславливается большим влиянием аномальных уровней осадков и температуры в эти месяцы. Наиболее вариативными месяцами являются апрель, май и октябрь, а наименее вариативными — летние месяцы (рис. 4; 5). Для отдельных месяцев не прослеживаются отчетливые тренды, что подтверждает незначительность направленности на увеличение среднегодового увлажнения. При рассмотрении динамики только летних месяцев и сентября обнаруживаются периоды пониженной вариативности, совпадающие с аналогичными периодами на среднегодовых графиках. Данные показатели свидетельствуют о наибольшем влиянии на существование отмеченных периодов пониженной вариативности именно показателей увлажнения в эти месяцы, в то время как показатели в апреле, мае и октябре сохраняют свою вариативность, а периоды с большим или меньшим количеством аномальных лет не оказывают достаточного влияния на динамику среднегодовых показателей.

ОЦЕНКА РЕЖИМОВ ПРИРОДНОЙ ТЕПЛО- И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВОЛГИ

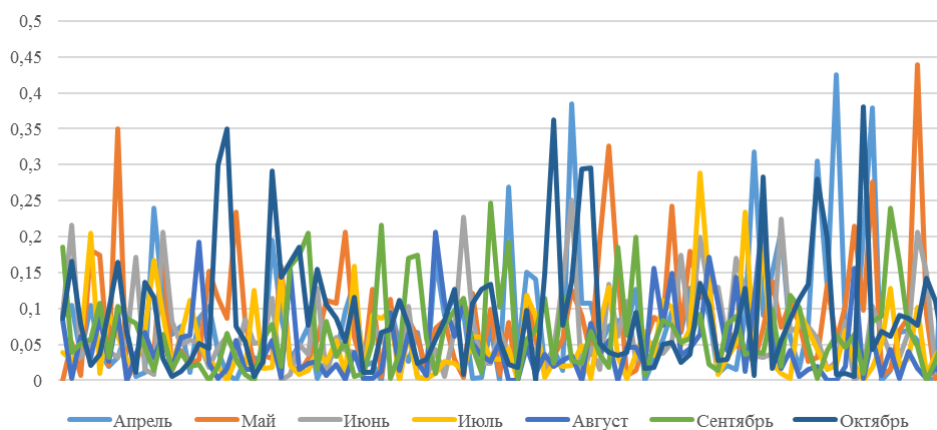


Рис. 4. Динамика индекса аридности Де Мартона за месяцы периода вегетации (IV–X).

Источник: составлено авторами.

Динамика средних показателей увлажнения территории отражает сильное увеличение засушливости в летние месяцы, наряду с увеличением увлажнения в весенние и осенние.

Динамика индекса аридности характеризуется меньшей абсолютной вариативностью, но в тоже время оба показателя примерно равны по относительной вариативности.

Анализ значения стандартизованного индекса осадков (SPI) позволяет сделать вывод, что на территории дельты р. Волги достаточно небольшой процент лет относится к периодам относительной засухи (отрицательные значения индекса), в то же время наибольшее количество лет наблюдаются относительно влажные годы (положительные значения индекса) (табл. 2).

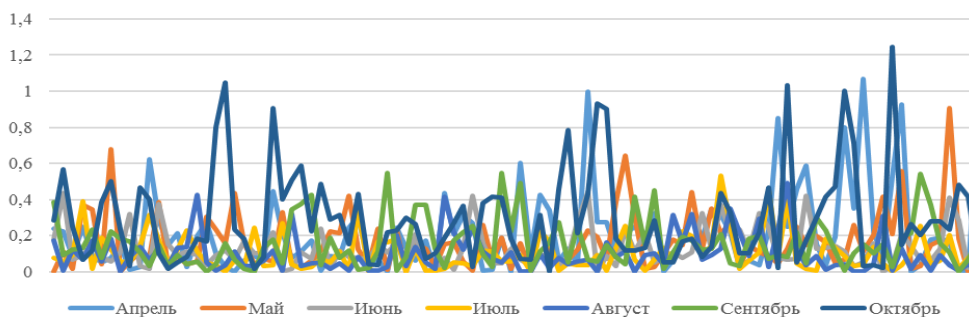


Рис. 5. Динамика коэффициента увлажнения Высоцкого-Иванова за месяцы периода вегетации (IV–X).

Источник: составлено авторами.

Эти значения указывают на тяготение вариативности осадков в сторону их большего количества относительно среднего, а поскольку количество осадков оказывает ключевое значение на общее увлажнение, то можно говорить о большем количестве относительно влажных лет.

Таблица 2.

Значение индекса SPI для территории дельты р. Волги

Год	Значение	Год	Значение	Год	Значение	Год	Значение	Год	Значение
1922	0,90	1942	-0,33	1962	-1,34	1982	1,15	2002	0,20
1923	0,62	1943	-0,06	1963	0,92	1983	0,90	2003	0,73
1924	-0,35	1944	-0,46	1964	0,29	1984	-0,51	2004	0,76
1925	0,89	1945	0,58	1965	0,68	1985	0,79	2005	0,84
1926	0,65	1946	0,51	1966	1,18	1986	-0,27	2006	0,76
1927	0,36	1947	0,31	1967	0,89	1987	0,96	2007	0,56
1928	1,07	1948	0,38	1968	-0,19	1988	0,64	2008	0,11
1929	-0,24	1949	-0,21	1969	0,51	1989	1,38	2009	1,11
1930	0,27	1950	0,12	1970	-0,24	1990	0,90	2010	0,68
1931	0,52	1951	-0,24	1971	0,94	1991	0,92	2011	1,52
1932	0,47	1952	0,17	1972	-1,15	1992	1,79	2012	0,64
1933	1,34	1953	1,01	1973	1,01	1993	1,27	2013	0,77
1934	-0,92	1954	0,55	1974	0,06	1994	0,51	2014	0,32
1935	-0,37	1955	-0,26	1975	0,19	1995	-0,07	2015	0,39
1936	-0,29	1956	0,31	1976	-0,01	1996	1,02	2016	2,02
1937	0,46	1957	0,88	1977	0,24	1997	1,08	2017	0,44
1938	-0,14	1958	0,76	1978	1,45	1998	1,25	2018	-0,37
1939	0,27	1959	-0,99	1979	0,52	1999	1,62	2019	0,21
1940	0,61	1960	0,89	1980	0,47	2000	0,17		
1941	0,54	1961	0,27	1981	0,12	2001	1,09		

Источник: составлено авторами.

Вместе с тем в период после 1970-х годов наблюдается отчетливый тренд на увеличение относительно влажных лет, что показывает существующий тренд на общее увеличение увлажнения территории за счет количества осадков (рис. 6). Наибольшее количество аномально засушливых лет наблюдается в период с 1922 по 1972 г., в то время как почти все аномально влажные годы находятся на временном отрезке с 1973 по 2019 г. Эти данные свидетельствуют о том, что несмотря на недостоверность линейного тренда на увеличение общего количества осадков, существует тенденция на увеличение количества аномально влажных лет. Наряду с существующим трендом на увеличение средней температуры воздуха можно сделать вывод о существующей тенденции перехода климата к более тёплому и влажному.

ОЦЕНКА РЕЖИМОВ ПРИРОДНОЙ ТЕПЛО- И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВОЛГИ

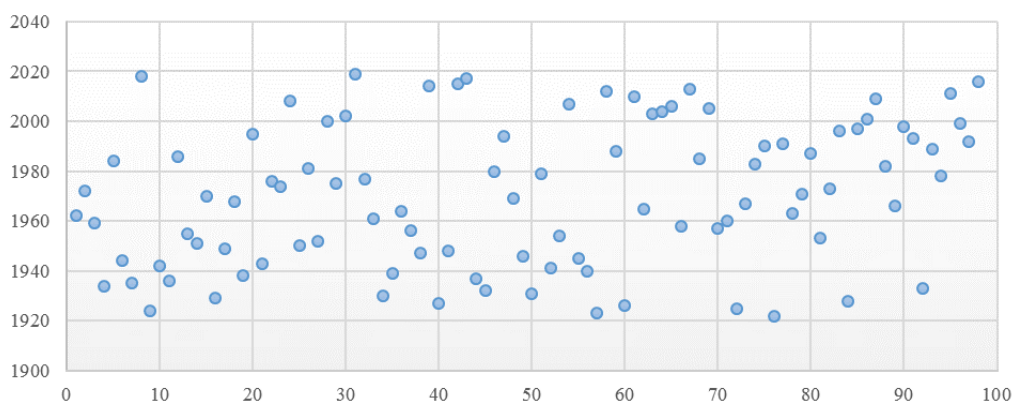


Рис. 6. Распределение засушливых и увлажненных лет по индексу SPI.

Источник: составлено авторами.

ВЫВОДЫ

Исходя из результатов анализа статистических материалов, можно сделать следующие выводы:

1) на территории дельты р. Волги существует отчетливый тренд на увеличение среднегодовой температуры воздуха, который усиливается в последние десятилетия.

2) основным фактором, влияющим на динамику увлажнения территории в паре осадки — температура является количество осадков, что обусловлено их многолетней вариативностью, втрое превышающей вариативность температуры воздуха.

3) при прогнозировании возможных пределов изменений показателей осадков и температуры следует ожидать возможность изменения среднегодовой температуры на 10% и возможность изменения годового количества осадков на 30%

4) дельта р. Волги относится к территориям с недостаточным увлажнением территории и большой амплитудой колебаний многолетней динамики степени увлажненности, зависящей в первую очередь от сильных колебаний годовых сумм осадков.

5) в климате дельты р. Волги наблюдаются периоды сокращения многолетней вариативности увлажнения территории, для которых характерно сокращение вариативности температуры воздуха и количества осадков с июня по сентябрь, в то же время, в такие периоды вариативность показателей других месяцев не изменяется.

6) наибольшая степень засушливости территории наблюдается в летние месяцы, во время которых величина испаряемости может до десяти раз превышать количество осадков.

7) в относительных показателях для дельты р. Волги наблюдается меньшее количество относительно засушливых лет и большее количество лет с увлажнением выше средней для региона.

8) со второй половины XX в. существует тенденция на увеличение количества лет с аномально высоким количеством осадков, что в совокупности с существующим трендом на повышение температуры позволяет прогнозировать дальнейшее увеличение количества более теплых и влажных лет.

9) основным прогнозом развития климата дельты р. Волги можно считать общее повышение средней температуры и влажности воздуха с увеличением количества аномально влажных и уменьшением количества аномально сухих лет.

Список литературы

1. Конвенция Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание. 1994. UN General Assembly. A/AC.241/27. 12 September 1994. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.unccd.int/convention/text/pdf/conv-rus.pdf>. 66 с (дата обращения: 02 декабря 2020 г.).
2. Концепция гидрометеорологической безопасности государств — участников Содружества Независимых Государств: утверждена Решением Совета глав правительств СНГ 16.04.2004. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902212911> (дата обращения: 05 декабря 2020 г.).
3. Климатическая доктрина Российской Федерации: утверждена Распоряжением Президента РФ от 17.12.2009 № 861-рп. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/climatedoctrine> (дата обращения: 03 декабря 2020 г.).
4. Стратегия деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 года с учетом аспектов изменения климата: утверждена Распоряжением Правительства РФ от 03.09.2010 № 1458-р. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2016/sdg.pdf> (дата обращения: 03 декабря 2020 г.).
5. Специальный доклад межправительственной группы экспертов по изменению климата «Управление рисками экстремальных явлений и стихийных бедствий в целях содействия адаптации к изменениям климата». МГЭИК. 2012. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ipcc.ch/report/managing-the-risks-of-extreme-events-and-disasters-to-advance-climate-change-adaptation> (дата обращения: 04 декабря 2020 г.).
6. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. Под ред. В. М. Катцова. Санкт-Петербург: Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова, 2017. 106 с.
7. Зонн И. С., Куст Г. С., Андреева О. В. Парадигма Опустынивания: 40 лет развития и глобальных действий. Аридные экосистемы, 2017. Т. 7, 3: 131–141.
8. Катцов В. М., Профирьев Б. Н. Адаптация России к изменению климата: концепция национального плана. Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова, 2017. 586: 7–20.
9. Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года: утверждена Указом Президента РФ от 19.04.2017 № 176. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201704200016.pdf> (дата обращения: 03 декабря 2020 г.).
10. Валов М. В., Бармин А. Н., Иолин М. М. Дельта реки Волги: влияние ведущих факторов ландшафтной трансформации на почвенно-растительный покров. Издатель: Сорокин Роман Васильевич, Астрахань, 2018. 140 с.
11. Бедрицкий А. И., Куролап С. А., Вильфанд Р. М., Дмитриева В. А. Стратегические направления обеспечения экологической и гидрометеорологической безопасности России в условиях современных климатических изменений. Вестник воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. Издательство: Воронежский государственный университет (Воронеж), 2019. 4: 5–14.

ОЦЕНКА РЕЖИМОВ ПРИРОДНОЙ ТЕПЛО- И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВОЛГИ

12. Золотокрылин А. Н. Глобальное потепление, опустынивание/деградация и засухи в аридных регионах. Известия Российской академии наук. Серия географическая. Издательство: Российская академия наук (Москва), 2019. 1: 3–13.
13. План мероприятий по реализации Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года: утвержден Распоряжением Правительства РФ от 29.05.2019 № 1124-р. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://static.government.ru/mediafiles/8JZnJITgyjhYA9AyYoDVKBmD9jLi8yGK.pdf> (дата обращения: 03 декабря 2020 г.).
14. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. 2020. Москва, 97 с.
15. Болиховская Н. С. Эволюция климата и ландшафтов Нижнего Поволжья в голоцене. Вестник Московского университета. Серия 5: География. Издательство: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Издательский дом (типография) (Москва), 2011. 2: 13–27.
16. Валов М. В., Бармин А. Н., Колотухин А. Ю., Ерошкина О. С., Шуваев Н. С. Влияние контрастных смен условий влагообеспеченности на динамику характеристик почвенно-растительного покрова ландшафта дельты реки Волги // Геология, география и глобальная энергия. 2019. № 2 Вып. 73. С. 125–136.
17. Валов М. В., Колотухин А. Ю., Бармин А. Н., Татаринцев С. А., Колчин Е. А. Изменения климатических температурных условий в дельте реки Волги // Геология, география и глобальная энергия. Астрахань: ИД «Астраханский университет», 2020. № 4 (79). С. 194–206.
18. Valov M. V., Barmin A. N., Eroshkina O. S., Probst E. N. The modern state of the ecosystem in the Volga River delta ecotone and dynamics of the changes in water availability conditions, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. November. vol. 381. pp. 012092 DOI 10.1088/1755-1315/381/1/012092
19. Svoboda M., Fuchs B. World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP). Handbook of Drought Indicators and Indices. Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2, Geneva. 2016.
20. Baltas E. Spatial distribution of climatic indices in northern Greece. Meteorological Applications, 2007. 14: 69–78.
21. Зубашенко Е. М., Шмыков В. И., Немыкин А. Я., Полякова Н. В. Региональная физическая география. Климаты Земли: учебно-методическое пособие. Часть 1. Воронеж: ВГПУ, 2007. 183 с.
22. Hayes M., Svoboda M., Wall N. and Widhalm M. The Lincoln Declaration on Drought Indices: universal meteorological drought index recommended. Bulletin of the American Meteorological Society, 2011. 92 (4): 485–488.
23. Атлас дельты реки Волги: геоморфология, русловая и береговая морфодинамика. Географический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, институт Океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва, 2015. 128 с.
24. Кузьмина Ж. В., Трешкин С. Е., Шинкаренко С. С. Влияние зарегулирования речного стока и изменений климата на динамику наземных экосистем Нижней Волги. Аридные экосистемы, 2018. Т. 24, 4: 3–18.
25. Kondrashin R. V., Valov M. V., Barmin A. N., Eroshkina O. S., Probst E. N. The natural resources factor influence on the industry forming process in Astrakhan region, Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology. 2019. Vol. 5 (71), no. 1. pp. 97–109.

NATURAL HEAT AND WATER AVAILABILITY REGIMES ASSESSMENT OF THE RIVER VOLGA DELTA

Valov M. V.¹, Kolotukhin A. Yu.², Barmin A. N.³, Zimovets P. A.⁴, Zanozin V. V.⁵

^{1,2,3,5}*Astrakhan State University, Astrakhan, Russian Federation*

⁴*Limited Liability Company «Tora», Volzhsky, Russian Federation*

E-mail: m.v.valov@mail.ru

Rapid global and regional climate changes investigation is one of the priority and long-term task facing scientific community today. The purpose of this work is to define heat and water availability regimes statistical quantitative values and specific features of their time transgressive variability on the river Volga delta territory for the period since 1922 till 2019. Mathematical statistics methods, average values evaluation, dispersion, average squared difference, correlation indices defining, calculation of De Martonne aridity indices, Vysotsky-Ivanov humidity factor, G. T. Selyaninov hydrothermal index, standard precipitation index SPI, linear trend, graphs and gradient tables plotting were used as a screening tool. It was revealed that precipitation amount is the main factor influencing on the territory humidity dynamics in the pair of precipitation-temperature, due to their long-time variability, which is three times higher than the air temperature variability. Long-time variability of the territory humidity reduction periods are noticed the river Volga delta climate, which are characterized by air temperature and precipitation amount variability reduction since June till September, at the same time, variability indices of other months doesn't change in such periods. The main forecast of the river Volga delta climate development is considered general average temperature and humidity increase with the number of abnormal humid years increase and abnormal dry years decrease.

On the territory of the Volga River delta, there is a clear trend towards an increase in the average annual air temperature, which has been increasing in recent decades.

The main factor affecting the dynamics of humidification of the territory in the precipitation — temperature pair is the amount of precipitation, which is due to their long-term variability, which is three times higher than the variability of air temperature. When predicting the possible limits of changes in precipitation and temperature indicators, we should expect the possibility of changing the average annual temperature by 10% and the possibility of changing the annual precipitation by 30%. The delta of the Volga River belongs to the territories with insufficient water content and a large amplitude of fluctuations in the long-term dynamics of the degree of moisture, which depends primarily on strong fluctuations in the annual precipitation amounts.

In the climate of the Volga River delta, there are periods of reduction in the long-term variability of humidification of the territory, which is characterized by a reduction in the variability of air temperature and precipitation from June to September, at the same time, in such periods, the variability of indicators of other months does not change. The greatest degree of aridity of the territory is observed in the summer months, during which the amount of evaporation can be up to ten times higher than the amount of precipitation.

In relative terms, there are fewer relatively dry years for the Volga River Delta and a greater number of years with humidity above the average for the region. Since the second half of the XX century, there has been a tendency to increase the number of years with abnormally high precipitation, which, together with the existing trend of increasing temperature, allows us to predict a further increase in the number of warmer and wetter years. The main forecast of the climate development of the Volga River Delta can be considered a general increase in the average temperature and humidity with an increase in the number of abnormally wet and a decrease in the number of abnormally dry years.

Keywords: the river Volga delta, climate changes, aridization degree, atmospheric precipitations, temperature trends, humidity regime.

References

1. Konvenciya Organizacii Ob"edinennyh Nacij po bor'be s opustynivaniem v tekh stranah, kotorye ispytyvayut ser'eznyu zasuhu i/ili opustynivanie. UNGeneralAssembly. A/AC.241/27. 12 September 1994. [Electronic resource]. URL: <http://www.unccd.int/convention/text/pdf/conv-rus.pdf>. 66 p. (reference date: 02.03.2020).
2. Koncepciya gidrometeorologicheskoy bezopasnosti gosudarstv — uchastnikov Sodruzhestva Nezavisimyh Gosudarstv: utverzhdena Resheniem Soveta glav pravitel'stv SNG 16.04.2004. [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902212911>(reference date: 05.12.2020).
3. Klimaticheskaya doktrina Rossijskoj Federacii: utverzhdena Rasporyazheniem Prezidenta RF ot 17.12.2009 no. 861-rp. [Electronic resource]. URL: <https://meteoinfo.ru/climatedoctrine> (reference date: 03.12.2020).
4. Strategiya deyatelnosti v oblasti gidrometeorologii i smezhnyh s nej oblastyah na period do 2030 goda s uchetom aspektov izmeneniya klimata: utverzhdena Rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 03.09.2010. no. 1458-r. [Electronic resource]. URL: <https://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2016/sdg.pdf> (reference date: 03.12.2020).
5. Special'nyj doklad mezhpripravitel'svennoj grupy ekspertov po izmeneniyu klimata «Upravlenie riskami ekstremal'nyh yavlenij i stihijnyh bedstvij v celyah sodejstviya adaptacii k izmeneniyam klimata». MGEIK. 2012. [Electronic resource]. URL: <https://www.ipcc.ch/report/managing-the-risks-of-extreme-events-and-disasters-toadvance-climate-change-adaptation> (reference date: 04.12.2020).
6. Doklad o klimaticheskikh riskah na territorii Rossijskoj Federacii. (ed.) V. M. Katcova. Sankt-Peterburg: Glavnaya geofizicheskaya observatoriya im. A. I. Voejkova, 2017. 106 p.
7. Zonn I. S., Kust G. S., Andreeva O. V. Paradigma Opustynivaniya: 40 let razvitiya i global'nyh deystvij (Desertification paradigm: 40 years of development and global efforts). Arid ecosystems, 2017. vol. 7, 3: 131–141. (in Russian)
8. Katcov V. M., Profir'ev B. N. Adaptacija Rossii k izmeneniyu klimata: koncepcij anacional'nogo plana (Adapting Russia to Climate Change: Concept of the National Plan). Trudy Glavnoj geofizicheskoy observatorii im. A. I. Voejkova, 2017. 586: 7–20.
9. Strategiya ekologicheskoy bezopasnosti Rossijskoj Federacii na period do 2025 goda: utverzhdena Ukazom Prezidenta RF ot 19.04.2017 no.176. [Electronic resource]. URL: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201704200016.pdf> (reference date: 03.12.2020).
10. Valov M. V., Barmin A. N., Iolin M. M. Del'ta reki Volgi: vliyanie vedushhih faktorov landshaftnoj transformacii na pochvenno-rastitel'nyj pokrov (Delta of the Volga River: Influence of the Leading Factors of Landscape Transformation on the Soil and Vegetable Cover). Izdatel': Sorokin Roman Vasil'evich, Astrahan', 2018. 140 p.
11. Bedrickij A. I., Kurolap S. A., Vil'fand R. M., Dmitrieva V. A. Strategicheskie napravleniya obespecheniya ekologicheskoy i gidrometeorologicheskoy bezopasnosti Rossii v usloviyah sovremennyh klimaticheskikh izmenenij (Strategic directions of provision of environmental and hydrometeorological safety of Russia under modern climate change conditions). Proceedings of Voronezh state university. Series: Geography. Geoecology, 2019.4: 5–14. (in Russian)
12. Zolotokrylin A. N. Global'noe poteplenie, opustynivanie/degradaciya i zasuhi v aridnyh regionah (Global warming, desertification/degradation, and droughts in arid regions). Regional Research of Russia, 2019. 1: 3–13. (in Russian)
13. Plan meropriyatij po realizacii Strategii ekologicheskoy bezopasnosti Rossijskoj Federacii na period do 2025 goda: utverzhden Rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 29.05.2019 no.1124-r. [Electronic resource]. URL: <http://static.government.ru/mediafiles/8JZnJlTgyjhYA9AyYoDVKBmD9jLi8yGK.pdf> (reference date: 03.12.2020).
14. Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2019 god. 2020. Moskva, 97 p.

15. Bolihovskaya N. S. Evolyuciya klimata i landshaftov Nizhnego Povolzh'ya v golocene (The holocene evolution of climate and landscapes in the lower Volga river region). Moscow University Bulletin. Series 5, Geography, 2011. 2: 13–27. (in Russian)
16. Valov M. V., Barmin A. N., Kolotuhin A. Yu., Eroshkina O. S., Shuvaev N. S. Vliyanie kontrastnykh smen uslovij vlagoobespechennosti na dinamiku harakteristik pochvenno-rastitel'nogo pokrova landshafta del'ty reki Volgi (Influence of contrasting changes in moisture supply conditions on the dynamics of characteristics of the soil and vegetation cover of the Volga delta landscape), Geology, Geography and Global Energy. 2019. no. 2. vol. 73. pp. 125–136.
17. Valov M. V., Kolotuhin A. YU., Barmin A. N., Tatarincev S. A., Kolchin E. A. Izmeneniya klimaticheskikh temperaturnykh uslovij v del'te reki Volgi (Changes in climatic temperature conditions in the Volga delta), Geology, Geography and Global Energy. 2020. no. 4 (79). pp. 194–206.
18. Valov M. V., Barmin A. N., Eroshkina O. S., Probst E. N. The modern state of the ecosystem in the Volga River delta ecotone and dynamics of the changes in water availability conditions, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. November. vol. 381. pp. 012092 DOI 10.1088/1755-1315/381/1/012092
19. Svoboda M., Fuchs B. World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP). Handbook of Drought Indicators and Indices. Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2, Geneva. 2016.
20. Baltas E. Spatial distribution of climatic indices in northern Greece. Meteorological Applications, 2007. 14: 69–78.
21. Zubashchenko E. M., Shmykov V. I., Nemykin A. YA., Polyakova N. V. Regional'naya fizicheskaya geografiya. Klimaty Zemli: uchebno-metodicheskoe posobie. Chast' 1. Voronezh: VGPU, 2007. 183 p.
22. Hayes M., Svoboda M., Wall N. and Widhalm M. The Lincoln Declaration on Drought Indices: universal meteorological drought index recommended. Bulletin of the American Meteorological Society, 2011. 92 (4): 485–488.
23. Atlas del'ty reki Volgi: geomorfologiya, ruslovaya i beregovaya morfodinamika (Atlas of the Volga Delta: geomorphology, channel and coastal morphodynamics). 2015. Moscow, APR, 128 p. (in Russian)
24. Kuz'mina Zh. V., Treshkin S. E., Shinkarenko S. S. Vliyanie zaregulirovaniya rechnogo stoka i izmenenij klimata na dinamiku nazemnykh ekosistem Nizhnej Volgi (Effects of river control and climate changes on the dynamics of the terrestrial ecosystems of the lower Volga region). Arid ecosystems, 2018. vol. 24, 4: 3–18. (in Russian)
25. Kondrashin R. V., Valov M. V., Barmin A. N., Eroshkina O. S., Probst E. N. The natural resources factor influence on the industry forming process in Astrakhan region, Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology. 2019. Vol. 5(71), no. 1. pp. 97–109.

Поступила в редакцию 12.01.2021