

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ, ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
И ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 551.5

**СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ
РЕЖИМА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В ДЕЛЬТЕ Р. ВОЛГИ**

Валов М.В., Колотухин А.Ю., Бармин А.Н., Жаднов Е.Е.

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет»,

г. Астрахань, Российская Федерация

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

В работе проведена оценка режима атмосферных осадков на территории интразонального ландшафта дельты р. Волги за временной интервал с 1922 по 2019 гг. В качестве инструментов анализа использовались методы математической статистики, вычисление средних значений, стандартного отклонения, линейного тренда и построение графиков. Выявлено, что динамика количества осадков на территории дельты р. Волги характеризуется большой вариативностью за разные годы, общая динамика среднегодового количества осадков указывает на возможность существования циклических периодов относительной стабилизации разброса количества осадков в промежутке от 15 до 25 лет; увеличение количества осадков в дождливые годы происходит в основном за счет роста числа дождей в период поздней весны и раннего лета, в то время как более засушливые периоды года являются более стабильными. Результаты проведенного статистического анализа расширяют представление о режиме осадков в пределах уникальной природной территории дельты р. Волги, уточняя специфические особенности их разновременной вариативности.

Ключевые слова: климатические изменения, атмосферные осадки, режим увлажнения, дельта р. Волги

Введение

На сегодняшний день одной из актуальных и перспективных задач, стоящих перед научным сообществом, является изучение быстро происходящих глобальных и региональных изменений климата, как одного из ведущих факторов, определяющих динамику и функционирование ландшафтов и экосистем, влияющих на направления хозяйственной деятельности человека, в том числе – на виды и типы природопользования (Быков, Шихов, 2018; Валов и др., 2018; Кузьмина и др., 2018).

На территории Российской Федерации темпы продолжающегося потепления превышают глобальные средние показатели: средняя скорость роста среднегодовой температуры воздуха на территории России в 1976–2019 гг. составила 0,47°C / 10 лет, что более чем в два с половиной раза выше скорости роста глобальной температуры за тот же период: 0,18°C / 10 лет, и более чем в полтора раза больше средней скорости потепления приземного воздуха над сушей Земного шара: 0,28°C / 10 лет (оценки по данным Центра Хэдли и Университета Восточной Англии) (Доклад об особенностях климата..., 2019).

Изменение температуры воздуха влечет за собой перестройку процессов переноса тепла и влаги в атмосфере, что непосредственно влияет на процесс осадкообразования (Золотокрылин, 2019; Калинин, 2019; Christoph, 2016).

На территории России в целом преобладает тенденция к увеличению годовых сумм осадков. Тренд превышает 5 % / 10 лет лишь в ряде областей Сибири и Дальнего Востока и в Северо-Кавказском Федеральном округе. Убывают осадки на севере

Чукотского автономного округа. Незначительное убывание наблюдается в центральных районах Европейской части России. Тренд годовых осадков по территории России в целом, составляет 2,2 % / 10 лет, вклад в дисперсию 35 % – тренд статистически значим на уровне 1% (Доклад об особенностях климата..., 2019).

Отрицательный, очень малый тренд, статистически незначимый на 5 %-уровне, наблюдается в ряде федеральных округов Европейской части России (в Центральном федеральном округе, в Поволжском федеральном округе и в Южном федеральном округе). Региональные тренды наблюдаются на фоне существенных колебаний с периодом в несколько десятилетий, так что нельзя с уверенностью утверждать наличие тренда, а лишь наличие определенной фазы таких колебаний. Наиболее значительный рост сезонных сумм осадков в целом по территории России наблюдается весной (5,7 % / 10 лет, вклад в дисперсию 36 %): увеличение осадков происходит практически всюду (Доклад об особенностях климата..., 2019; Зонн и др., 2017; Кузьмина и др., 2018).

Фиксируемые многолетние изменения температуры воздуха в сторону ее роста в аридных условиях Северо-Западного Прикаспия определяют увеличение испарения с дневной поверхности и понижение увлажнения территории, что непосредственно несет угрозу существованию экотонов водно-наземного типа. В связи с этим, наряду с исследованиями температурного режима крайне важным аспектом является уточнение режима атмосферных осадков, значение которых для территорий данного типа очень велико (Золотокрылин, 2019; Зонн и др., 2017; Кулик и др., 2013; Сапанов, 2018; Черенкова, 2017).

Целью настоящей работы является уточнение статистических количественных показателей режима атмосферных осадков и специфических особенностей их разновременной вариативности на территории дельты р. Волги за период с 1922 по 2019 гг.

Материалы и методы

Информационной базой оценки изменчивости метеорологических (по данным наблюдений) и расчетных параметров атмосферных осадков, характеризующих современные климатические условия на территории дельты р. Волги, послужили данные Астраханского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

Оценка режима атмосферных осадков проводилась за временной интервал за период 1922-2019 гг. В качестве инструментов анализа использовались методы математической статистики, вычисление средних значений, стандартного отклонения, линейного тренда и построение графиков (Быков, Шихов, 2018; Валов и др., 2018; Valov and all., 2019).

Графики средних значений использовались при определении общей динамики количества осадков, как первичный показатель, позволяющий определить существование ярко выраженных трендов, которые определялись при помощи линии тренда с указанием его достоверности.

Для анализа вариативности показателей использовалось стандартное отклонение, которое позволяет оценить разброс показателей выборки относительно среднего значения, что даёт возможность сделать вывод о её вариативности, а тренды стандартного отклонения дают возможность определить тенденции вариативности.

Построение графиков использовалось для визуализации динамики показателей, при построении графиков для большого количества лет использовался одноцветный градиент, в котором место года на шкале обозначалось насыщенностью цвета, что

позволило скомбинировать метод построения графиков с методом качественного фона и определять тенденции в зависимости от положения ряда на шкале (Climate change. The Physical..., 2013).

Для определения тренда распределения засушливых и дождливых лет все годы были отсортированы по сумме осадков от самого засушливого к самому дождливому, что дало возможность построить точечный график их распределения и определить какие периоды времени доминируют по количеству сухих и влажных лет.

Результаты и обсуждение

Дельта р. Волги является интразональной территорией, расположенной в пределах пустынной зоны. Климатические особенности региона заключаются в резкой континентальности, высокой степени засушливости, значительной изменчивости температуры и количества осадков как по отдельным сезонам, так и в целом по годам (Атлас дельты реки Волги..., 2015; Валов и др., 2018). Динамика и стационарирование воздушных масс, а также многообразие синоптических процессов обуславливают крупные погодные аномалии, размах которых может достигать нескольких десятилетий, что определяется процессами циркуляции атмосферы (Кузьмина и др., 2018; Valov and all., 2019). Для региона характерен перенос воздушных масс со стороны Атлантического океана, однако нередким процессом является проникновение арктических воздушных масс с Северного Ледовитого океана и иногда со стороны Чёрного и Средиземного морей. С влиянием Атлантики связан приход циклонов, выпадение осадков, понижение температуры летом и повышение в зимний период; повышение давления, снижение количества осадков и снижение облачности определяются влиянием Сибирского антициклона. При воздействии Азорского антициклона наблюдается проникновение в пределы региона гребней субтропического воздуха высокого давления, что проявляется в наступлении очень жаркой и сухой погоды в летний период. Среднесуточная температура воздуха при данных процессах может превышать 30°C, относительная влажность воздуха снижается до 10–12 %, дефицит упругости водяного пара может достигать 58–60 гПа (Атлас дельты реки Волги..., 2015; Валов и др., 2018).

Количество осадков порядка 180–200 мм в год, но в тоже время среднеквадратичное отклонение суммы осадков за различные годы составляет примерно 60 мм, или 33 %, что говорит о достаточно большой вариативности количества осадков в разные годы. При общей годовой испаряемости 1177 мм образуется значительный дефицит увлажненности (Атлас дельты реки Волги..., 2015; Кузьмина и др., 2018).

В динамике суммарной годовой суммы осадков за период с 1922 по 2019 гг. присутствует слабо выраженный тренд на увеличение общего количества осадков, но он не является достаточно выраженным и достоверным для того, чтобы делать на его основе однозначные выводы о существующей тенденции на увеличение количества осадков (рис. 1).

Данные динамики стандартного отклонения за тот же период в целом повторяют общую динамику годовых сумм осадков и имеют схожий, но ещё менее выраженный тренд (рис. 2). Существующие тренды могут служить лишь косвенным свидетельством увеличения количества осадков в регионе.

Помимо этого, в динамике осадков за указанные годы можно выделить период с 1934 до 1956 гг., в который график динамики осадков и стандартного отклонения выравнивается и количество осадков в различные годы стабилизируется, относительно общей динамики. Данный период характеризуется резким снижением разницы количества осадков между соседними годами (рис. 3) и позволяет сделать

предположение о существовании циклов увлажненности на территории Астраханской области.

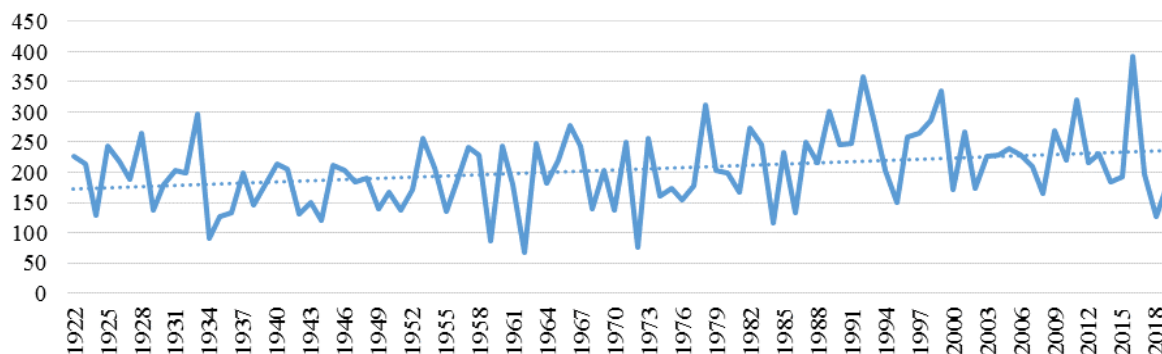


Рис. 1. Динамика годовых сумм осадков 1922–2019 гг.

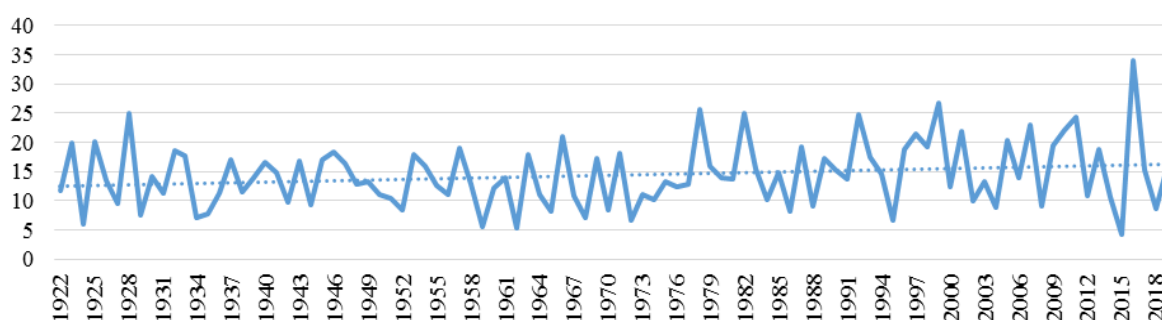


Рис. 2. Динамика стандартного отклонения количества осадков в течение года за период 1922–2019 гг.

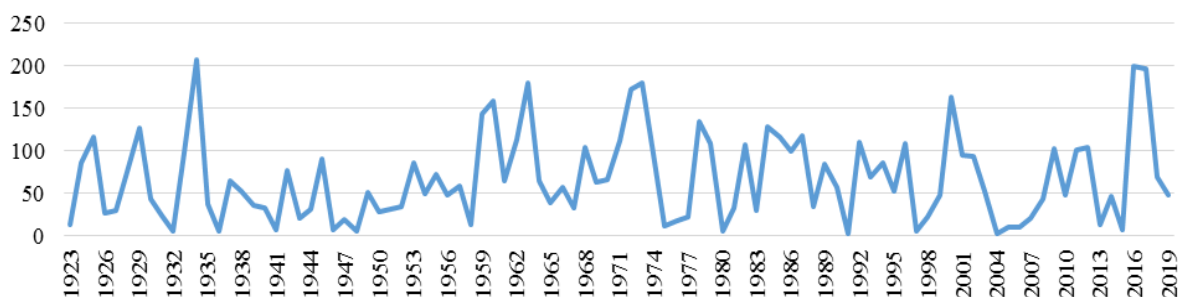


Рис. 3. Разница в количестве осадков с предыдущим годом

В годовой динамике осадков к наиболее дождливыми периодам можно отнести позднюю весну и раннее лето, а к наиболее засушливым позднюю зиму и раннюю весну (рис. 4). Вместе с тем количество месячных осадков в различные годы сильно варьируется и для наиболее дождливых месяцев может достигать 140% от среднего количества осадков, что является косвенным свидетельством основной роли дождливых периодов общей вариативности количества осадков (рис. 5).

Наибольшее стандартное отклонение в течение года наблюдается в дождливые годы, в то время как засушливые годы характеризуются меньшим разбросом количества осадков в течении года как в абсолютном, так и в относительном выражении. На приведённых ниже графиках показана динамика среднемесячных осадков в течение года для дождливых и засушливых лет, при этом более насыщенным синим цветом выделены более засушливые годы за каждый из периодов (рис 6, 7).

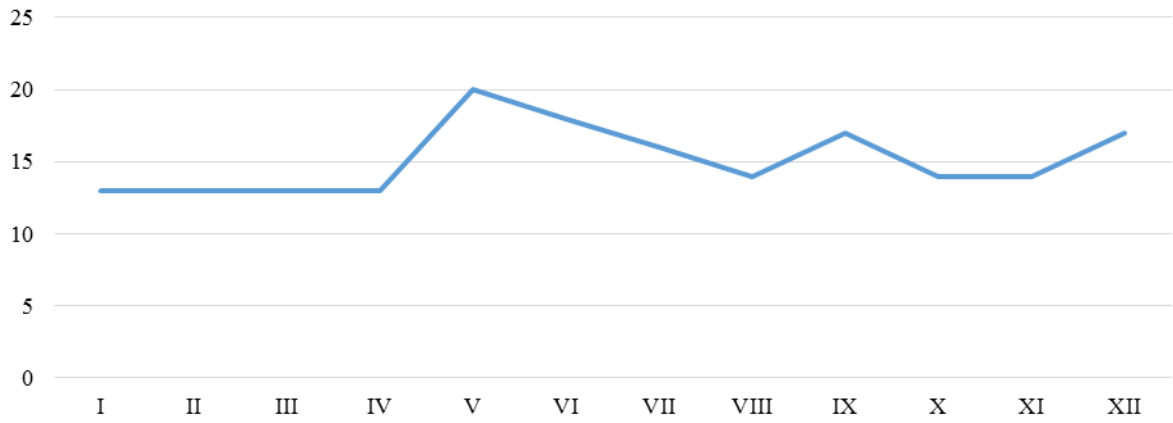


Рис. 4. Среднее количество осадков в месяц

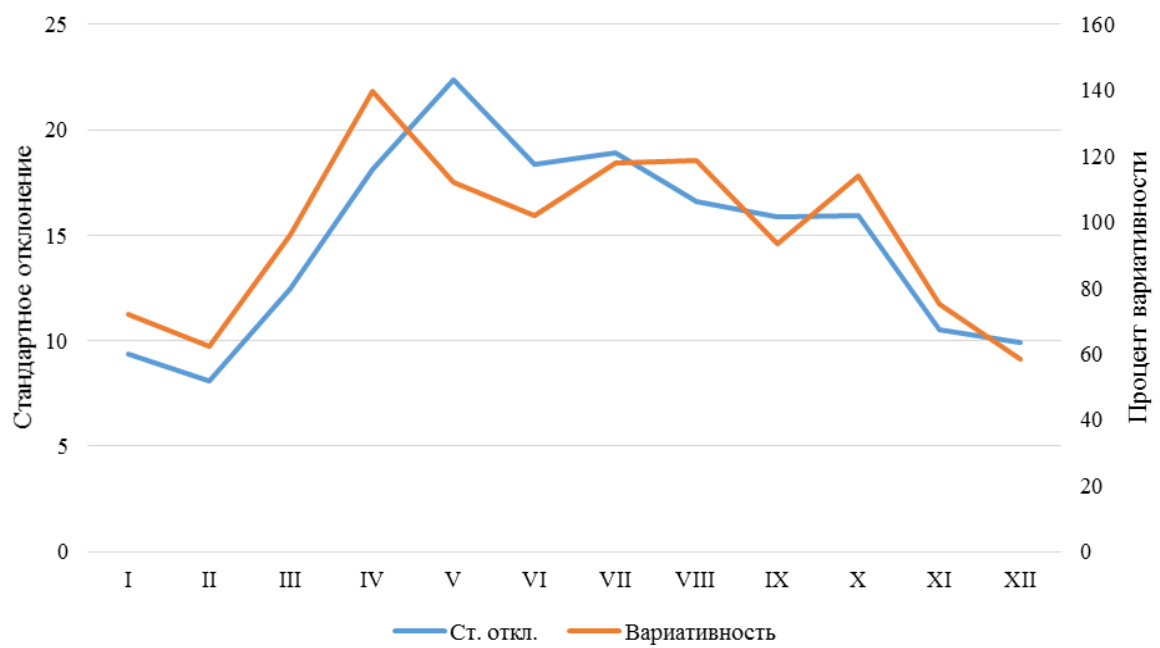


Рис. 5. Вариативность и стандартное отклонение осадков в различные месяцы

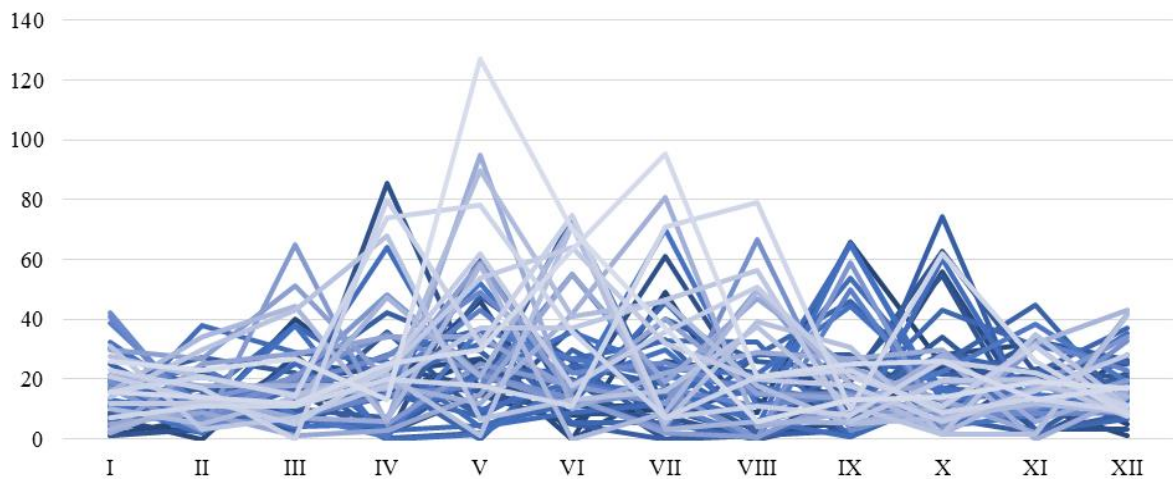


Рис. 6. Разброс количества осадков во влажные годы

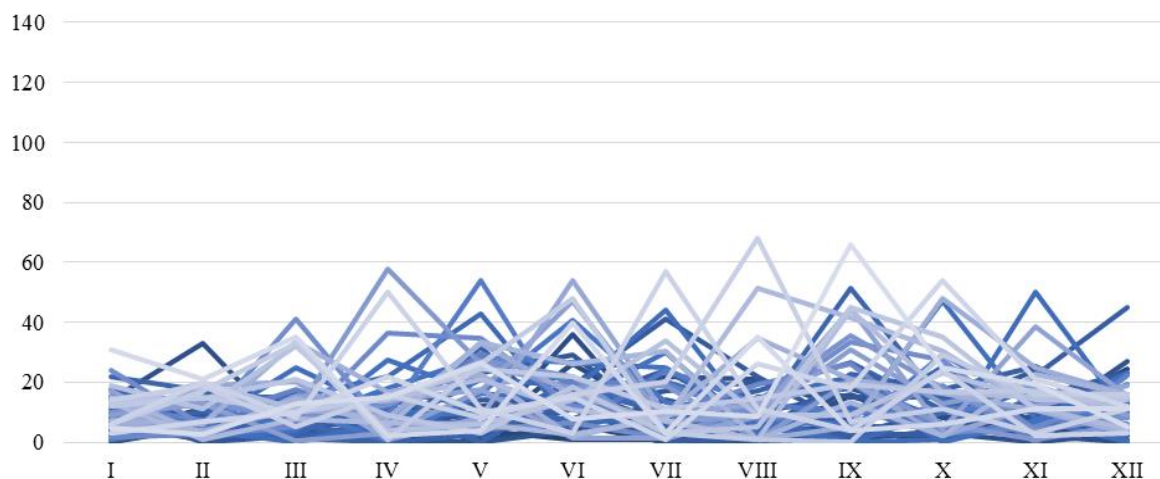


Рис. 7. Разброс количества осадков в засушливые годы

Анализ этих графиков позволяет сделать вывод, что в дождливые годы наибольшую долю осадков составляют осадки за наиболее дождливый период года (поздняя весна и раннее лето), в то время как в засушливые годы сильно увеличивается доля осадков в более засушливый осенний период и сухой период поздней зимы и ранней весны. Указанная закономерность позволяет сделать вывод, что увеличение среднегодового количества осадков в основном достигается благодаря увеличению количества осадков в наиболее дождливый период, в то время как более засушливые периоды года остаются достаточно стабильными.

Распределение годов указанного периода по шкале от наиболее засушливого к наиболее дождливому и дальнейшее точечное распределение их по графику позволяет сделать вывод о существовании тренда на увеличение количества осадков, поскольку на низких позициях в шкале наибольшее количество занимают годы в период с 1922 по 1950 гг., в то время как верхние позиции на шкале в большей мере занимают годы с 1970 по 2019 гг. (рис. 8).

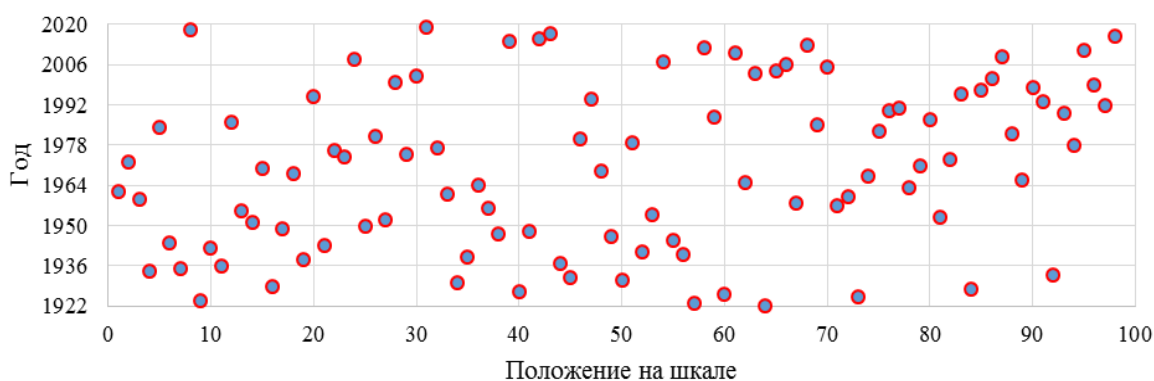


Рис. 8. Распределение засушливых и влажных лет

Динамика смены распределения лет не нарушается и на всём росте шкалы можно наблюдать уменьшение количества лет раннего периода и увеличение количества лет позднего.

Полученный вывод подтверждает косвенные свидетельства, полученные при анализе динамики годовых сумм осадков и годового стандартного отклонения и позволяет говорить о существующем тренде на увеличение количества осадков и

увеличение количества дождливых лет, которое, как следует из анализа годовых динамик происходит за счет увеличения количества осадков во влажный период года.

Выводы

Исходя из проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

1. Динамика количества осадков на территории интразонального ландшафта дельты р. Волги характеризуется большой вариативностью за разные годы, которая составляет примерно 33 % от среднего количества осадков в год для региона, а также очень большой вариативностью количества осадков за один и тот же месяц в различные годы, который может достигать 140 % в наиболее дождливые периоды года.

2. Общая динамика среднегодового количества осадков указывает на возможность существования циклических периодов относительной стабилизации разброса количества осадков в промежутке от 15 до 25 лет.

3. В пределах исследуемой области наблюдается тренд на увеличение количества осадков и увеличение количества относительно дождливых лет, период данного увеличения начался с середины XX века и продолжается по настоящее время.

4. Увеличение количества осадков в дождливые годы происходит в основном за счет роста числа дождей в период поздней весны и раннего лета, в то время как более засушливые периоды года являются более стабильными, в особенности наиболее засушливый период поздней зимы.

5. При сохранении существующих тенденций в дельте р. Волги в долгосрочном периоде можно ожидать дальнейшего увеличения количества осадков в период поздней весны и раннего лета, то есть в периоды вегетации растительности.

Список литературы

1. 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.
2. 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.
3. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. – Москва. – 2020. – 97 с.
4. Золотокрылин А.Н. Глобальное потепление, опустынивание/деградация и засухи в аридных регионах // Известия Российской академии наук. Серия географическая. Издательство: Российская академия наук (Москва). – № 1. – 2019. – С. 3–13.
5. Зонн И.С., Куст Г.С., Андреева О.В. Парадигма Опустынивания: 40 лет развития и глобальных действий // Аридные экосистемы. – 2017. – Т. 7. – №3. – С. 131–141.
6. 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 (77). – С. 3–18.
7. Кулик К.Н., Рулев А.С., Юферов В.Г. Геоинформационный анализ очагов опустынивания на территории Астраханской области // Аридные экосистемы. – 2013. – Т. 3. – № 3. – С. 184–190.
8. Сапанов М.К. Экологические последствия потепления климата в Северном Прикаспии // Аридные экосистемы. – 2018. – Т. 24. – № 1 (74). – С. 20–31.
9. Черенкова Е.А. Опасная атмосферная засуха на Европейской части России в условиях современного летнего потепления // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2017. – № 2. – С. 130–143.

10. 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. – P. 012092 DOI 10.1088/1755-1315/381/1/012092
11. Christoph S. Climate extremes heat waves to come // Nature Climate Change. - 2016. - Vol. 6. – P. 128–129.
12. Climate Change. The Physical Science Basis // Working Group in Contribution to the fifth Assessment report of the intergovernmental panel on climate change Cambridge University Press. – 1535 p. URL: <http://www.climatechange2013.org>

**STATISTICAL ANALYSIS OF ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS REGIME
CLIMATE CHANGES IN THE RIVER VOLGA DELTA**

Valov M.V., Kolotukhin A.Yu., Barmin A.N., Zhadnov E.E.

Astrakhan State University, Astrakhan, Russian Federation

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

Atmospheric precipitation regime assessment on the intrazonal landscape territory of the river Volga delta was carried out in this work for the period of 1922 till 2019. Mathematical statistics methods, average calculations, standard deviation, linear trend and construction of charts were used as an analysis tool. It was revealed that precipitation amount dynamics on the river Volga delta territory is characterized by the large variability for different years, total dynamics of annual average precipitation indicates on the cyclic period existence possibility of precipitation amount dispersion relative stabilization between 15 till 25 years; precipitation amount increase in rainy years occurs mainly as a result of the rain amount increase in the period of late spring and early summer, while more drought year periods are more stable. Conducted statistical analysis results expand vision about precipitation regime within unique natural territory of the river Volga delta, specifying specific features of their time transgressive variability.

Key words: climate changes, atmospheric precipitations, moisture regime, the river Volga delta.

Валов Михаил Викторович	Кандидат географических наук, доцент кафедры экологии, природопользования, землеустройства и БЖД, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», e-mail: m.v.valov@mail.ru
Колотухин Александр Юрьевич	Ассистент кафедры экологии, природопользования, землеустройства и БЖД, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», e-mail: m.v.valov@mail.ru
Бармин Александр Николаевич	Доктор географических наук, профессор, декан геолого-географического факультета, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», e-mail: abarmin60@mail.ru
Жаднов Евгений Евгеньевич	магистрант кафедры географии, картографии и геоинформатики, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», e-mail: m.v.valov@mail.ru

Поступила в редакцию 22.09.2020 г.