

**РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В СУХИХ СТЕПЯХ  
И ИХ СВЯЗЬ С ЗАСУХАМИ**

© 2022 г. А.М. Пугачёва, А.И. Беляев, К.Ю. Трубакова, О.Д. Ромадина

*Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций  
и защитного лесоразведения РАН*

*Россия, 400062, г. Волгоград, Университетский просп., д. 97*

*E-mail: pugachevaa@vfanc.ru, nir-1@mail.ru*

Поступила в редакцию 27.01.2022. После доработки 30.06.2022. Принята к публикации 01.07.2022.

По многолетним временным рядам данных с метеостанций, зарегистрированных на территории сухих степей Волгоградской области с каштановыми почвами, выявлены региональные изменения климата в поступлении осадков в сезоны активной вегетации (весна, лето). Регрессионный анализ показал увеличение поступления в весенний период и уменьшение в летний. Также выявлено увеличение числа засух в летний период при уменьшении засушливости, что связано с усилением интенсивности явления, представленного показателем Д.А. Педя и достигающего 3-х единиц. Выявлена незначительная обратная корреляционная связь между количеством поступающих осадков и числом засух в летний период в Волгограде, Суровикинском, Иловлинском и Камышинском районах и засушливых явлений в Суровикинском районе, а также прямая умеренная зависимость по засушливостям в Камышинском районе в летний период. Определены районы с максимальным количеством засух, а, следовательно, имеющие максимальные риски сельскохозяйственного производства. Это Камышинский (весна – 21, лето – 115) и Суровикинский (весна – 4, лето – 70) районы. В соответствии с полученными результатами по всем изучаемым районам, в особенности по тем, которые наиболее подвержены влиянию засух, необходима корректировка существующих схем севооборотов, ассортимента возделываемых культур и смещение акцентов в сторону ведения на данных территориях мелиоративного земледелия для исключения рисков аграрного производства при эффективном использовании земельных ресурсов.

*Ключевые слова:* изменение климата, сезоны активной вегетации, влагообеспеченность в сезоны активной вегетации, засухи, засушливость, сухая степь, каштановые почвы.

**DOI: 10.24412/1993-3916-2022-4-13-21**

**EDN: ZNQHLLZ**

Региональные изменения климата засушливых территорий имеют не только характерные индивидуальные особенности, но также подчиняются закономерностям глобальных климатических изменений. По мнению И.А. Берестневой (2006), засушливые регионы, к которым относятся сухие степи, являющиеся объектом данных исследований, имеют экологическую специфику, что определяется многообразием климатов. Особенный интерес для научных исследований представляют регионы, которые имеют на своей территории несколько природно-климатических зон. Они являются объектами исследований способными на ограниченной территории иметь разнонаправленные тенденции изменений. Одна из таких территорий – Волгоградская область, протяженностью 400 км, представлена двумя природными зонами и широким спектром подзон (Рябинина, 2011). Для ее северной части характерна настоящая степь с черноземными почвами, для южной – северная часть пустыни со светло-каштановыми почвами. Область характеризуется как «крайне контрастное по режиму увлажнения географическое пространство», с вариациями по годам гидротермического коэффициента от 0.1 до 1.4, что свидетельствует о природной особенности региона (Национальный доклад ..., 2021, с. 159). Ряд авторов объясняет данные особенности участием в формировании климата Нижнего Поволжья восьми типов атмосферных процессов, которые во взаимодействии и определяют разнообразие сезонных погод (Сажин и др., 2017). В связи с указанными региональными особенностями исследования данной территории должны в обязательном порядке включать не только

изучение изменений по зонам, но и проводится в разрезе подзон для представления объективной картины происходящих процессов, как в части изменения климата, так и его влияния на окружающую среду. Осреднение значений в пределах субъекта несет сглаживание характеристик региональных изменений, что представляет неполный и недостаточно объективный характер происходящих процессов. В засушливых областях атмосферные осадки «являются основной лимитирующей приходной статьёй водного баланса, от степени их изменчивости зависит существование растительного и животного мира региона» (Берестнева, 2006, с. 12). Количество поступающих осадков является ограничивающим фактором для формирования различных климатических явлений, в том числе аномальных, таких как засуха, которая оказывает определяющее влияние на функционирование ряда отраслей народного хозяйства, в первую очередь, сельскохозяйственную, что и определяет данное исследование как приоритетное. Волгоградская область по анализу многолетних временных рядов урожайности как зерновых культур, являющихся основной продовольственной культурой, так и естественных фитоценозов, служащих продовольственной базой отрасли животноводства, отличается, несмотря на наличие почвенно-климатических разностей, самыми низкими средними показателями среди регионов Южного Федерального округа (Пугачёва, 2016).

В проведенных ранее одним из авторов исследованиях на основе анализа многолетних данных было доказано изменение климата в сухих степях в части поступления осадков в сезоны активной вегетации и их влияние на формирование видового состава естественных фитоценозов на нарушенных территориях (Пугачёва, 2020). В представленной работе проведен анализ временных рядов (56 лет) поступления осадков в сезоны активной вегетации (весна, лето) в сухих степях на каштановых почвах и их влияние на наличие и динамику формирования таких опасных метеорологических явлений, как засухи. Существующие работы по засухам в Волгоградской области проводились и ранее, представляя как статистику показателей (Патент RU № 2021622059, 2021; Патент RU № 2021622058, 2021; Ткаченко, 2018), так и многолетний анализ явлений, включая прогнозирование процессов. В ряде научных трудов указывается, что каждый второй год в регионе является в той или иной мере засушливым, но закономерностей в очередности проявления явлений не отмечается (Золотокрылин и др., 2020а, 2020б; Национальный доклад ..., 2021). Особенно результаты представленных исследований интересны в связи с полученными А.Н. Золотокрылиным с соавторами (2020а) данными об отсутствии в настоящее время усиления аридизации климата, несмотря на продолжающееся глобальное потепление. Проведя исследования частоты засух Волгоградской области (отнеся всю ее территорию к сухой субгумидной, усреднив значения зон и подзон), на основе индекса аридности по данным длительного временного ряда с 1901 года по 2012 гг. авторы выявили тенденцию снижения числа засух в весенний период и их увеличение в летний. Тенденция изменения климата в разрезе Волгоградской области представляет бесспорный интерес в части общего направления изменений, но требует детализации локальных атмосферных процессов, т.к. аграрный сектор привязан к конкретным территориям с возможностью прогноза развития ситуации и принятия определенных решений по развитию сельскохозяйственной отрасли в разрезе отдельных районов: в части расширения объемов сельскохозяйственного производства, вводимых в севооборот культур и ряда других направлений, например, субсидирования мероприятий (Пугачёва, 2018). По данным Г.С. Голицына и А.А. Васильева (2019), в течение последних двух десятилетий число гидрометеорологических явлений, нанесших значительный ущерб отраслям экономики, а также общее число опасных метеорологических явлений увеличилось в 2 раза – с 206 случаев в 1996 г. до 465 случаев в 2018 г. По утверждению авторов, образование опасных явлений тесно связано не только с глобальными, но также с региональными и даже с локальными атмосферными процессами, что также подтверждает необходимость и целесообразность региональных исследований конкретных территорий.

Исследования по изучению изменений климата в части поступления осадков активно проводятся зарубежными учеными, что свидетельствует об их актуальности. По прогнозам исследователей из Соединенных Штатов Америки, в предстоящем столетии изменение климата повлияет на количество поступающих осадков и температурный режим по всему миру, но особенно сильно это отразится на засушливых территориях. С целью определения изменения водного баланса в XXI веке и его влияния на влагообеспеченность они изучили временные ряды 1980-2010 гг., 2030-2060 гг. и 2070-2100 гг. В

результате было спрогнозировано, что в будущем количество зимних и весенних осадков увеличится: к 2030-2060 гг. – на 7%, к 2070-2100 гг. – на 12%, – но это приведет лишь к незначительному увеличению водного потенциала почвы в зимний период. Полученный вывод свидетельствует, что, если увеличение поступления зимних осадков в будущем не сможет компенсировать затяжные сухие летние условия, то невозможно будет говорить о восстановлении и сохранении видового разнообразия естественных фитоценозов. Это приведет к видовым сдвигам во всех растительных сообществах аридных и субаридных территорий (Palmquist et al., 2016).

Прогнозируемые последствия изменения климата на распределение растительности в засушливой и полусухой аргентинской Патагонии оценивались по тенденции уязвимости районов с признаками опустынивания, и было доказано, что площади степных территорий сократятся к 2050 г. примерно на 8% (Easdale et al., 2019). Однако глобальное потепление приводит не только к формированию более засушливого климата. Например, тенденция увеличения увлажнения обнаружена в засушливом и полусухом Северо-Западном Китае. В условиях как глобального потепления, так и увеличения увлажнения за последние 30 лет увеличился рост растительности на территории тибетских лугов, главным образом за счет увеличения количества поступивших осадков и усиления эвапотранспирации (Yifan Song et al., 2020).

Глобальный анализ зональных и региональных климатических изменений за 61 год (1948-2008 гг.), проведенный учеными из Ланьчжоуского университета (КНР), говорит об увеличении в 2004 г. более чем на 7% числа засушливых территорий в полусухих регионах по сравнению с 1962 г. (Huang et al., 2016).

Расширение границ в Восточном полушарии полусухих регионов по континентам в отличие от Западного полушария увеличилось на 75% от их общего числа. Засушливые регионы в Западном полушарии, преобразуясь в новые полусухие и распространяясь на американских континентах, делают климат более влажным. Обратный процесс наблюдается в Восточном полушарии, где расширение полусухих территорий делает климат более сухим. Так, из 8 изучаемых полусухих регионов, по данным азиатских ученых, 5 становятся суше, а 3 (Северная и Южная Америки, Австралия) – более влажными.

Целью настоящей работы является анализ связи изменений климата в части поступления влаги в сезоны активной вегетации (весна и лето) по многолетним временным рядам (56 лет) с формированием засух и засушливых явлений в сухих степях на региональном уровне на примере Волгоградской области. Оценка региональных изменений имеет первостепенное значение для аграрных областей с целью определения внутри субъектов районов с нестабильными климатами и, соответственно, рисками сельскохозяйственного производства для принятия решений по внедряемым технологиям, схемам севооборотов, возделываемым культурам, срокам сева, для управленческих структур по принятию оперативных решений, а также для финансирующих организаций с целью ухода от рисков кредитования.

### Материалы и методы

Обширная территория сухой степи с середины XX века активно вовлечена в сельскохозяйственное использование (Сафронова, 1975). Площадь сухих степей в Российской Федерации составляет 28 млн. га (Орлов, Бирюкова, 1995). В Волгоградской области сухая степь представлена 18 административными районами из 33 имеющихся. Сухие степи размещены на каштановых и темно-каштановых почвах. Зональное и подзональное деление территории представлено по данным академика А.С. Овчинникова с соавторами (2014). Площадь сухих степей в Волгоградской области на каштановых почвах, являющихся объектом исследований, составляет 2.87 млн. га, площадь пашни – 1.77 млн. га, что составляет 62% от общей площади данной подзоны. В настоящее время в области применяются как система сухого земледелия, так и адаптивно-ландшафтная, но обе предполагают короткоротационные богарные севообороты с преимуществом зерновых культур, а также наличием поздних пропашных культур. В связи с тем что не во всех районах области изучаемой подзоны имеются метеостанции, исследовались данные 5 зарегистрированных метеостанций сухих степей на каштановых почвах (табл. 1). Помимо имеющихся в свободном доступе данных климатического архива ВНИИГМИ-МДЦ (Булыгина и др., 2020) применялись также расчетные методы (Архив климатических ..., 1997).

В работе задействован индекс засушливости  $S_i$ , предложенный Д.А. Педем для определения

засухи на основе аномалий температуры и осадков с учетом данных об их изменчивости. Он рассчитывается по формуле (Педь, 1975):

$$Si = (T - T_{cp}) / \nu T - ((P - P_{cp}) / \nu P)$$

где  $T$  и  $R$  – аномалии,  $T_{cp}$  и  $P_{cp}$  – среднее значение температуры и осадков за период,  $\nu T$  и  $\nu P$  – среднеквадратические отклонения температуры и осадков. К засушливости относятся условия с  $Si = 1.5 \div 1.9$ , к засухе – с  $Si \geq 2.0$ . Данный индекс эффективен именно для отслеживания засухи в регионах с ограниченным количеством метеостанций и при наличии пробелов в зарегистрированных метео данных.

**Таблица 1.** Объекты исследований в сухих степях Волгоградской области на каштановых почвах.

№ п./п.	Номер станции в системе ВМО	Название района (станции)	Местонахождение	Географические координаты	
				градусы с.ш.	градусы в.д.
1	34655	Котельниковский (Котельниково)	Волгоградская область	47.63	43.15
2	34560	Волгоград (Волгоград)		48.67	44.45
3	34555	Суровикинский (Нижний Чир)		48.33	43.12
4	34461	Иловлинский (Иловля)		49.3	44.0
5	34363	Камышинский (Камышин)		50.07	45.37

Обрабатывались временные ряды поступления осадков за 56-летний период – с 1966 по 2021 гг.

Используемые в данной работе термины и определения соответствуют ГОСТу РД 52.04.563-2013 (Руководящий документ ..., 2014).

Регрессионные зависимости представлены в виде достоверных трендов, рассчитанных полиномиальной аппроксимацией, т.к. временные ряды имеют большое количество неоднородных данных. В основе метода лежит степенное уравнение, при этом количество степеней зависит от числа максимумов, в расчетах данной работы применяется максимально возможное – 6. По многолетним временным рядам вычислялись статистические характеристики частоты весенних (апрель, май) и летних (июнь, июль, август) засух (среднее, стандартное отклонение, коэффициенты линейных трендов с оценкой их статистической достоверности), в т.ч. по десятилетним периодам. Коэффициенты корреляции определялись по шкале Чеддока-Снедекора: 0.1-0.3 – незначительная, 0.4-0.5 – умеренная, 0.6-0.7 – ощутимая, 0.8-0.9 – высокая, 0.91-0.99 – сильная.

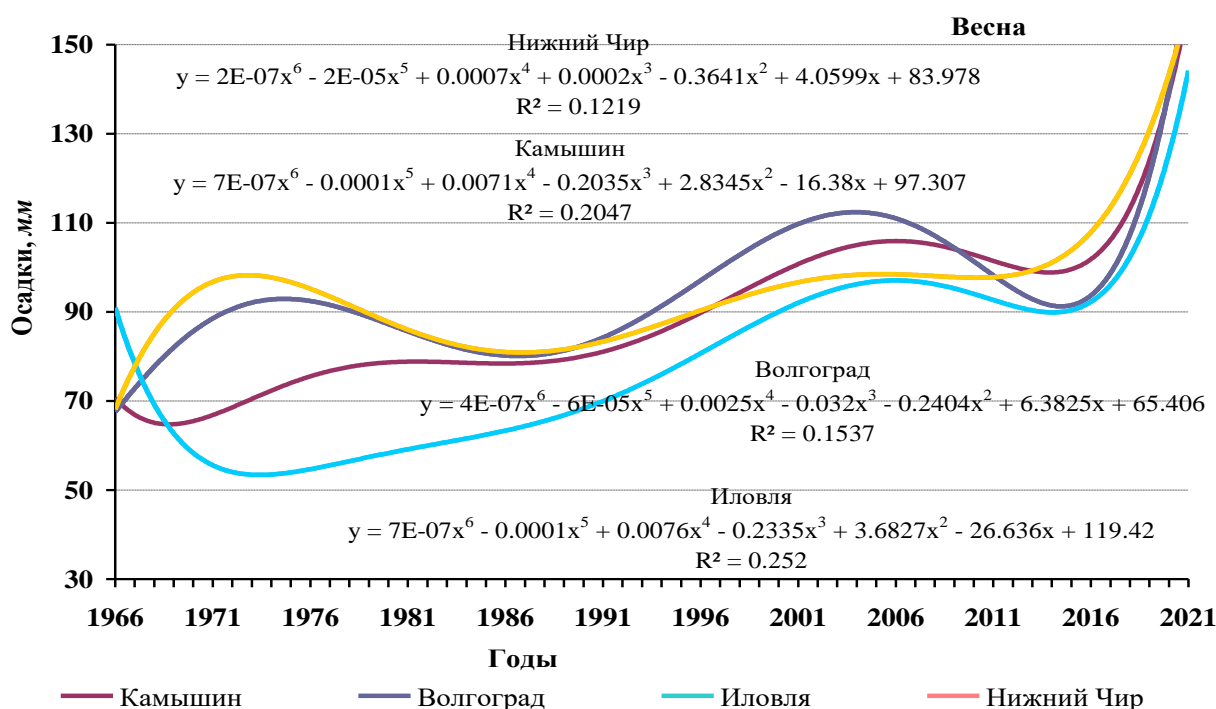
Картографирование данных по числу засух осуществлялось в программе QGIS.

### Результаты и обсуждение

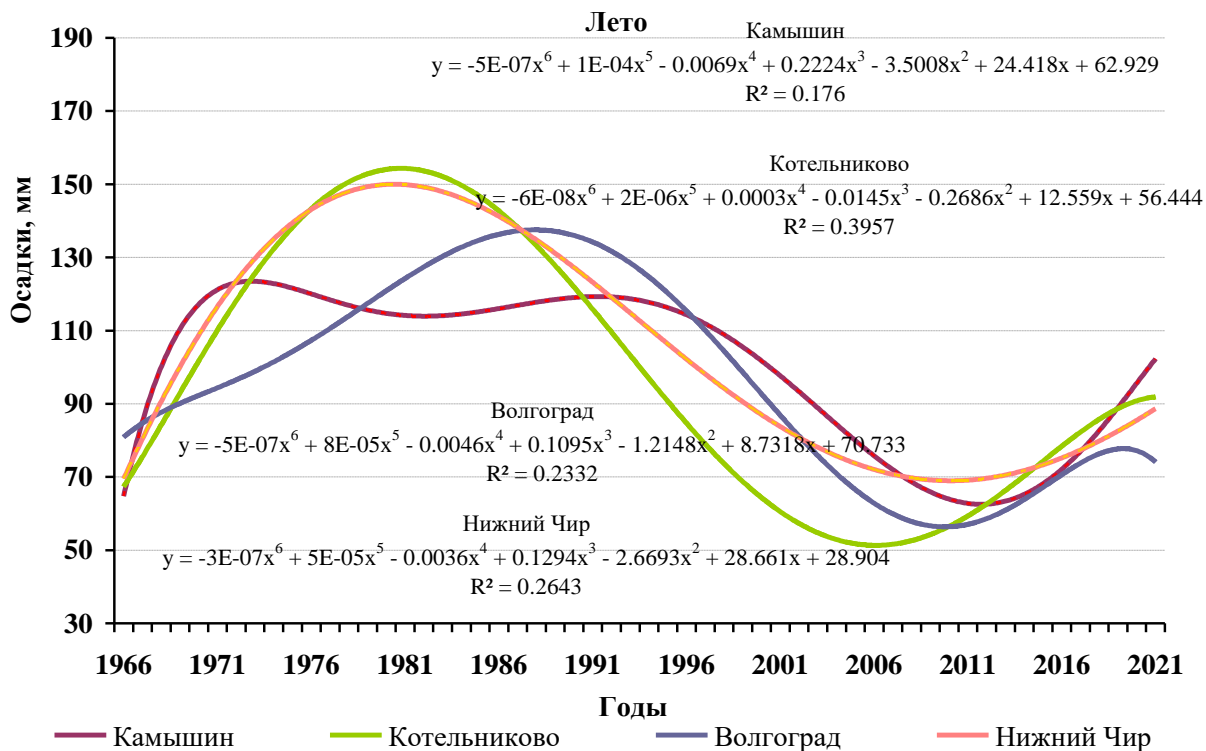
Проведен анализ длительных временных рядов по данным 5 метеостанций сухих степей на каштановых почвах Волгоградской области по поступлению осадков в сезоны активной вегетации: весна и лето. В проведенных исследованиях подтверждено региональное изменение климата, выявленное ранее на примере одного метеопункта (Пугачёва, 2020). Выявленные закономерности изменений поступления осадков представлены в виде достоверных трендов и уравнений регрессионной зависимости на рисунках 1 (весна) по метеостанциям Волгограда, Нижнего Чира, Иловли и Камышина и 2 (лето) по метеостанциям Котельниково, Волгограда, Нижнего Чира, Камышина, которые характеризуются увеличением их поступления в весенний период и уменьшением в летний.

Проведенный регрессионный анализ частоты опасных явлений засух и засушливостей показал следующее. В весенний период произошло снижение числа засух по одному району из пяти, где данные опасные явления наблюдались – в Камышинском районе (табл. 2).

В то же время в Камышинском районе наблюдается увеличение засушливых явлений, что объясняется снижением интенсивности явления засухи и сдвигом показателей в сторону засушливости. Снижение засушливости также наблюдается в Иловлинском районе.



**Рис. 1.** Тренды поступления осадков в весенний период в сухих степях Волгоградской области на каштановых почвах (за 56-летний период).



**Рис. 2.** Тренды поступления осадков в летний период в сухих степях Волгоградской области на каштановых почвах (за 56-летний период).

**Таблица 2.** Анализ частоты явлений засушливости и засух в весенний период в сухой степи на каштановых почвах.

Метеостанции	Опасные явления					
	Засушливость			Засуха		
	Уравнение регрессии	Коэффициент аппроксимации	Коэффициент корреляции (значимость)	Уравнение регрессии	Коэффициент аппроксимации	Коэффициент корреляции (значимость)
Котельниково	$y = 0.0016x + 0.0604$	$R^2 = 0.0073$	$r = 0.08$ (незначим)	$y = -0.0006x + 0.0364$	$R^2 = 0.0063$	$r = -0.07$ (незначим)
Волгоград (СХИ)	$y = -0.0034x + 0.2045$	$R^2 = 0.0319$	$r = -0.17$ (незначим)	$y = -0.0017x + 0.0675$	$R^2 = 0.0453$	$r = -0.21$ (незначим)
Суrowsикинский (Нижний Чир)	$y = -0.0021x + 1.3818$	$R^2 = 0.0025$	$r = -0.05$ (незначим)	$y = -0.0018x + 0.124$	$R^2 = 0.0134$	$r = -0.11$ (незначим)
Иловля	$y = -0.0137x + 1.0701$	$R^2 = 0.1366$	$r = -0.37$ ( $\alpha = 0.01$ )	$y = -0.0017x + 0.0675$	$R^2 = 0.0453$	$r = -0.21$ (незначим)
Камышин	$y = 0.0143x + 1.1117$	$R^2 = 0.1352$	$r = 0.36$ ( $\alpha = 0.01$ )	$y = -0.0131x + 0.8026$	$R^2 = 0.1422$	$r = -0.37$ ( $\alpha = 0.01$ )

В летний период, произошло увеличение числа засух только в двух районах из пяти – Суrowsикинском и Иловлинском. Выявленная динамика связана с уменьшением количества поступающих осадков летнего периода (табл. 3).

**Таблица 3.** Анализ частоты явлений засушливости и засух в летний период в сухой степи на каштановых почвах.

Метеостанции	Опасные явления					
	Засушливость			Засуха		
	Уравнение регрессии	Коэффициент аппроксимации	Коэффициент корреляции (значимость)	Уравнение регрессии	Коэффициент аппроксимации	Коэффициент корреляции (значимость)
Котельниково	$y = -0.001x + 1.0461$	$R^2 = 0.0004$	$r = -0.02$ (незначим)	$y = 0.0025x + 0.5013$	$R^2 = 0.0045$	$r = 0.06$ (незначим)
Волгоград (СХИ)	$y = 0.0063x + 0.9805$	$R^2 = 0.0134$	$r = 0.11$ (незначим)	$y = 0.0039x + 0.3364$	$R^2 = 0.0138$	$r = 0.11$ (незначим)
Суrowsикинский (Нижний Чир)	$y = -0.0076x + 1.6994$	$R^2 = 0.0236$	$r = -0.15$ (незначим)	$y = 0.0112x + 0.9474$	$R^2 = 0.0686$	$r = 0.26$ ( $\alpha = 0.10$ )
Иловля	$y = -0.0045x + 1.9143$	$R^2 = 0.0109$	$r = -0.10$ (незначим)	$y = 0.0106x + 0.3955$	$R^2 = 0.0822$	$r = 0.28$ ( $\alpha = 0.05$ )
Камышин	$y = -0.0025x + 0.9798$	$R^2 = 0.0029$	$r = -0.08$ (незначим)	$y = 0.0044x + 1.9448$	$R^2 = 0.0091$	$r = 0.09$ (незначим)

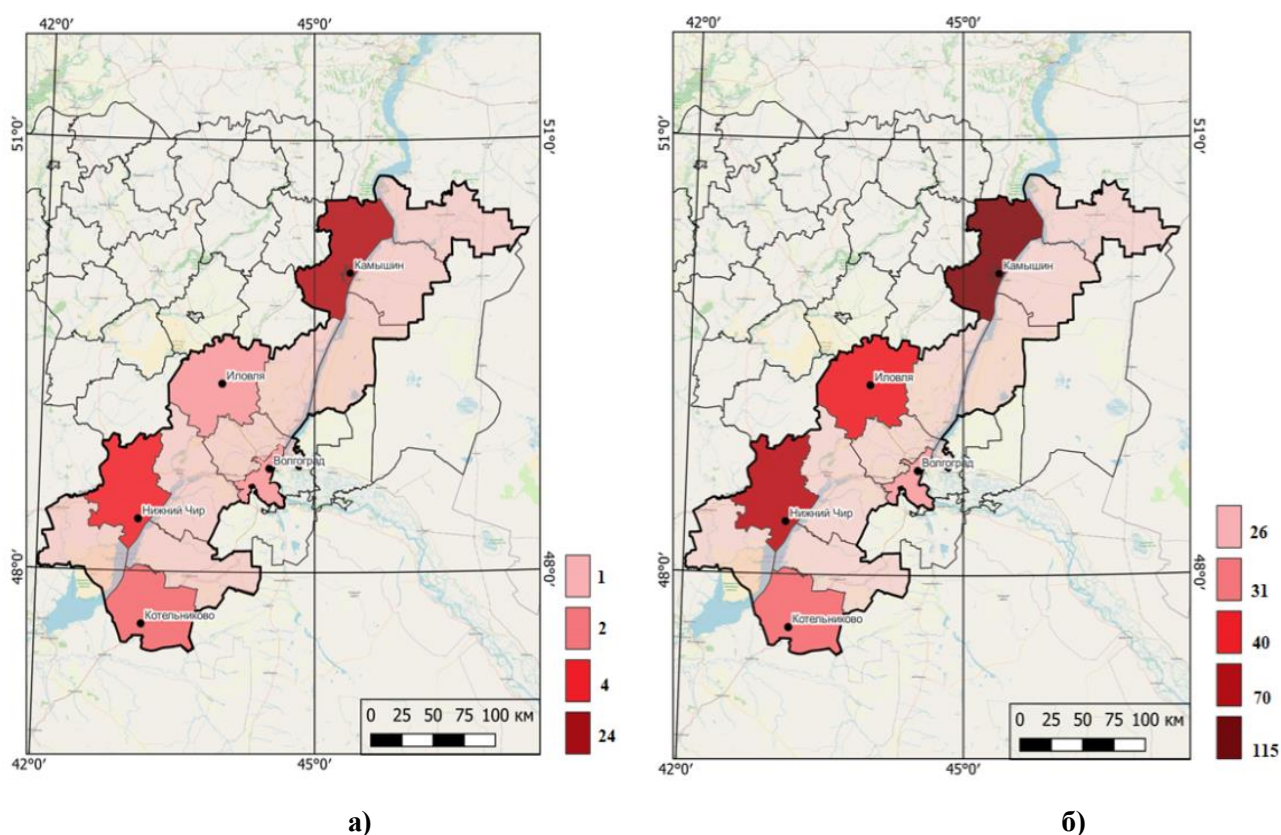
Рассчитанная корреляционная связь между количеством поступающих осадков и числом засушливых явлений и засух в динамике представлена в таблице 4. Согласно полученным данным, достоверная обратная связь наблюдается для засух в летний период во всех исследуемых районах кроме Котельниково. При этом выявленные корреляционные зависимости являются незначительными по своей силе.

По засушливостям в весенний период выявлена незначительная обратная связь числа явлений и количества поступающих осадков в Суrowsикинском и Иловлинском районах и прямая незначительная связь в летний период по Суrowsикинскому району. В Камышинском районе установлена умеренная прямая связь между рассматриваемыми явлениями в летний период.

**Таблица 4.** Корреляционная связь (с ее значимостью  $\alpha$ ) между количеством поступающих осадков и числом явлений (засухи, засушливость).

Метеостанции	Засушливость		Засуха	
	Весна	Лето	Весна	Лето
Котельниково	-0.12 (незначим)	-0.18 (незначим)	-0.06 (незначим)	-0.19 (незначим)
Волгоград (СХИ)	-0.17 (незначим)	-0.05 (незначим)	-0.13 (незначим)	<b>-0.39 (<math>\alpha = 0.01</math>)</b>
Суrowsикинский (Нижний Чир)	<b>-0.28 (<math>\alpha = 0.05</math>)</b>	<b>0.24 (<math>\alpha = 0.10</math>)</b>	-0.11 (незначим)	<b>-0.39 (<math>\alpha = 0.01</math>)</b>
Иловля	<b>-0.29 (<math>\alpha = 0.05</math>)</b>	0.09 (незначим)	<b>0.23 (<math>\alpha = 0.10</math>)</b>	<b>-0.34 (<math>\alpha = 0.01</math>)</b>
Камышин	0.15 (незначим)	<b>0.42 (<math>\alpha = 0.01</math>)</b>	-0.21 (незначим)	<b>-0.35 (<math>\alpha = 0.01</math>)</b>

Представленные на рисунке 3 засухи по общему числу явлений показывают их распределение по изучаемым объектам. Максимальное число засух за исследуемые периоды, как весной, так и летом, наблюдалось в Камышинском районе, на втором месте оказался Суrowsикинский район.



**Рис. 3.** Число засух на территории каштановых почвах в сухих степях по изучаемым объектам: *а* – весна (апрель, май); *б* – лето (июнь, июль, август).

### Выводы

На основе анализа длительного временного ряда (56 лет) выявлены изменения климата по административным районам Волгоградской области сухих степей на каштановых почвах в части поступления осадков в сезоны активной вегетации: весна и лето.

Проведенный регрессионный анализ частоты явлений позволил показать снижение за изучаемый период числа случаев с засухами в весенний период по одному району, где они наблюдались – Камышинскому при увеличении засушливости в нем же. Уменьшение числа случаев с засушливостью наблюдалось в Иловлинском районе. Анализ частоты засух в летний период показали их увеличение по двум изучаемым объектам (Суrowsикинский, Иловлинский районы).

Установлена незначительная обратная корреляционная связь между числом засух и количеством поступающих осадков в летний период в Волгограде, Суровикинском, Иловлинском и Камышинском районах. С уменьшением числа поступающих осадков увеличивается число засух. По засушливостям в весенний период выявлена незначительная обратная связь числа явлений и количества поступающих осадков в Суровикинском и Иловлинском районах и умеренная прямая связь в летний период по Камышинскому району.

Анализ числа явлений методом картографии наглядно показал районы с наибольшим числом опасных явлений – Камышинский и Суровикинский, что предполагает необходимость смены существующей системы земледелия на данных территориях. Рискованным является возделывание яровых зерновых культур, а также поздних пропашных, которые попадают как под весенние, так и под летние опасные явления.

Исследования региональных климатов является обязательным условием ведения эффективной сельскохозяйственной деятельности, т.к. позволяет объективно оценивать ситуацию с изменением климата на уровне административных районов. Для аграрных регионов полученная информация является необходимой с целью принятия безрисковых управленческих решений для сельскохозяйственного производства.

*Благодарности.* Авторы благодарят инженера-исследователя лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН А.А. Васильченко за картографический материал, подготовленный к статье.

*Финансирование.* Работа выполнена в рамках Государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН «Теоретические основы функционирования и природно-антропогенной трансформации агролесоландшафтных комплексов в переходных природно-географических зонах, закономерности и прогноз их деградации и опустынивания на основе геоинформационных технологий, аэрокосмических методов и математико-картографического моделирования в современных условиях».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Архив климатических данных ВНИИГМИ-МЦЦ: официальный сайт. 1997 [Электронный ресурс <http://meteo.ru/it/178-aisori> (дата обращения 13.10.2021)].
- Берестнева И.А.* 2006. Климаты аридной зоны. Биологические ресурсы и природные условия Монголии // Труды совместной Российской-монгольской компл. биологической экспедиции. М: Наука. Т. 46. 287 с.
- Голицын Г.С., Васильев А.А.* 2019. Изменение климата и его влияние на частоту экстремальных гидрометеорологических явлений // Метеорология и гидрология. № 11. С. 9-12.
- Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А., Титкова Т.Б.* 2020а. Аридизация засушливых земель Европейской части России и связь с засухами // Известия РАН. Серия Географическая Т. 84. № 2. С. 207-217.
- Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А.* 2020б. Характеристики весенне-летних засух в сухие и влажные периоды на юге европейской России // Аридные экосистемы. Т. 26. № 4 (85). С. 76-83. [*Zolotokrylin A.N., Titkova T.B., Cherenkova E.A.* 2020. Characteristics of Spring–Summer Drought in Dry and Wet Periods in the South of European Russia // *Arid Ecosystems*. Vol. 10. No. 4. P. 322-328.]
- Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидации последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство)». 2021 / Ред. Р.С.-Х. Эдельгериев. М.: Издательство МБА. Т. 3. 700 с.
- Овчинников А.С., Балашова Н.Н., Иванова Н.В.* 2014. Стратегия комплексного развития сельских территорий и эффективного функционирования АПК Волгоградской области в условиях ВТО // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. № 1. С. 16-20.
- Орлов Д.С., Бирюкова О.Н.* 1995. Запасы углерода органических соединений в почвах Российской Федерации // Почвоведение. № 1. С. 21-32.
- Педь Д.А.* 1975. О показателе засухи и избыточного увлажнения // Труды Гидрометцентра СССР. Вып. 156. С. 19-38.
- Пугачёва А.М.* 2016. Восстановление экосистем на залежах на комплексных каштановых почвах сухих степей // Вестник АПК Ставрополя. № 1 (21). С. 234-240.
- Пугачёва А.М.* 2018. Агролесомелиоративные системы — основа развития земледелия // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. № 1 (49). С. 227-237.
- Пугачёва А.М.* 2020. Климатические флуктуации сухих степей и их роль в процессе демутиации // Аридные



- экосистемы. Т. 26. № 3 (84). С. 14-22. [*Pugacheva A.M.* 2020. Climatic Fluctuations in Dry Steppes and Their Role in the Demutation Process // *Arid Ecosystems*. Vol. 10. No. 3. P. 181-187.]
- Руководящий документ 52.04.563-2013. Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями. Взамен РД 52.04.563-2002; введен 07.04.2014 [Электронный ресурс <https://docs.cntd.ru/document/1200109275> (дата обращения 10.08.2021)].
- Рябинина Н.О.* 2011. Сохранение эталонных степных экосистем и ландшафтов Волгоградской области // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. № 1 (18). С. 231-238.
- Сажин А.Н., Кулик К.Н., Васильев Ю.И.* 2017. Погода и климат Волгоградской области. Изд. 2-е, перераб. и доп. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН. 334 с.
- Сафронова И.Н.* 1975. О зональном разделении растительного покрова междуречья Волга – Урал // Ботанический журнал. № 6. С. 823-831.
- Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т., Швец Н.В.* 2020. Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485 [Электронный ресурс <http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-массива-данных> (дата обращения 15.12.2020)].
- Патент RU № 2021622059. 2021. Влагообеспеченность сухих степей Волгоградской области / Ред. А.М. Пугачёва, А.И. Беляев, К.Ю. Трубакова, О.Д. Ромадина. 2021621952. Заяв. 22.09.2021; опуб. 01.10.2021. Бюллетень № 10.
- Патент RU № 2021622058. 2021. Засухи и засушливые явления сухих степей Волгоградской области / Ред. А.М. Пугачёва, А.И. Беляев, К.Ю. Трубакова, О.Д. Ромадина. 2021621953. Заяв. 22.09.2021; опуб. 01.10.2021 Бюллетень № 10.
- Ткаченко Н.А.* 2018. Засухи и урожайность зерновых культур в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. № 4 (52). С. 171-178.
- Easdale M.H., Fariña C., Haraa S., Pérez Leóna N.F.* 2019. Trend-cycles of Vegetation Dynamics as a Tool for Land Degradation Assessment and Monitoring // *Ecological Indicators*. Vol. 107. 105545 p.
- Huang J., Ji M., Xie Y.* 2016. Global Semi-arid Climate Change over Last 60 Years // *Clim Dyn*. Vol. 46. P. 1131-1150.
- Palmquist K.A., Schlaepfer D.R., Bradford J.B., Lauenroth W.K.* 2016. Mid Latitude Shrub Steppe Plant Communities: Climate Change Consequences for Soil Water Resources // *Ecology*. Vol. 97. No. 9. P. 2342-2354.
- Yifan Song, Yajing Lu, Tiejun Liu, Heping Li, Zhengwen Yue, Huiwen Liu, Tianming Gao.* 2020. Variation of Vegetation Fractional Coverage and its Relationship with Climate in a Desert Steppe: Optimization of Farmland Layout in a Farming–Pastoral Ecotone Using the Ecological Suitability Index // *Ecological Engineering*. Vol. 150. 105834 p.