

DOI: 10.12731/2658-6649-2025-17-3-1165  
УДК 581.5:58.056

EDN: ENIMQQ



Научная статья

## АРИДИЗАЦИЯ КЛИМАТА В ЗАПАДНОМ ПРИКАСПИИ КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ПАСТБИЩНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

*Л.П. Рыбаилыкова*

### *Аннотация*

**Обоснование.** Полупустынная зона Западного Прикаспия подвержена жестким климатическим изменениям в период вегетации культур, в том числе и на естественных пастбищных угодьях, что служит причиной опустынивания территорий. Объектом рассмотрения засушливой территории Западного Прикаспия на предмет аридизации климата является Нефтекумский район, где в наибольшей степени проявляются факторы аномальных климатических изменений, характерных для данной зоны, влияющих, в том числе и на продуктивность пастбищных фитоценозов.

**Цель исследований** – изучить динамику изменения климатических условий в районе Западного Прикаспия с оценкой снижения продуктивности пастбищных фитоценозов.

**Результаты.** Результаты анализа климатических изменений за апрель - октябрь 31-его летнего периода исследований (1993-2023 гг.) показали среднегодовой рост температур на 0,05 °С с наиболее интенсивным его темпом с 2018 по 2023 годы, составляющим 0,11 °С. Аналогичная тенденция отмечается и по количеству осадков, ежегодное снижение с 2018 по 2023 годы составляет 11,8 мм. Отмечается интенсивное снижение значения ГТК периода с апреля по октябрь 2011-2023 годов со скоростью 0,03 единицы в год, что говорит об интенсивной аридизации климата. Анализ данных реестра засух показал, что если в первое десятилетие (1993-2002 гг.) периоды сильной засух наблюдались в 34,3 % случаев, то в последнее десятилетие (2014-2023 гг.) – в 47,1%, следовательно, наблюдается интенсивный процесс аридизации.

**Заключение.** Анализ данных засух 31-летнего периода по месяцам (апрель – октябрь) показал, что наиболее сильная засуха отмечается в июле

(51,6% лет) и августе (54,8 % лет), при этом если в августе 1993-2002 годов сильная засух наблюдалась в 5 случаях определенных лет, то в период 2014-2023 годов их было 9 единиц.

В различные по агроклиматическим условиям годы исследований (2018-2023 гг.) установлены значимые колебания продуктивности пастбищ. В благоприятном 2021 году, при значении ГТК апреля и мае 0,64, а июня – 1,86, продуктивность кормов полынно-злакового пастбища составил 1,18 т/га, в критически аномальном 2022 году с ГТК апреля – мая равным 0,2 – 0,25 всего 0,53 т/га. Аналогичная закономерность установлена для эфемерово-злаковых и разнотравно-злаковых пастбищ, где снижение продуктивности составило 0,52 и 0,53 т/га соответственно в сравнении с 2021 годом.

**Ключевые слова:** аридизация; Западный Прикаспий; климат; пастбищные фитоценозы; продуктивность

**Для цитирования.** Рыбашлыкова, Л. П. (2025). Аридизация климата в Западном Прикаспии как фактор снижения продуктивности пастбищных фитоценозов. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(3), 133-147. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-3-1165>

Original article

## ARIDIZATION OF THE CLIMATE IN THE WESTERN CASPIAN REGION AS A FACTOR IN REDUCING THE PRODUCTIVITY OF PASTURE PHYTOCENOSES

*L.P. Rybashlykova*

### *Abstract*

**Background.** The semi-desert zone of the Western Caspian Sea is subject to severe climatic changes during the growing season of crops, including on natural pasture lands, which causes desertification of territories. The object of consideration of the arid territory of the Western Caspian Sea for climate aridization is the Neft-ekumsky district, where the factors of abnormal climatic changes characteristic of this zone are most pronounced, affecting, among other things, the productivity of pasture phytocenoses.

The **purpose** to study the dynamics of changes in climatic conditions in the Western Caspian region with an assessment of the decrease in productivity of pasture phytocenoses.

**Results.** The results of the analysis of climate change for April - October of the 31-year research period (1993-2023) showed an average annual temperature increase of 0.05 °C with its most intense rate from 2018 to 2023, amounting to 0.11 °C. A similar trend is observed in terms of precipitation, the annual decrease from 2018 to 2023 is 11.8 mm. There is an intensive decrease in the value of the HTC in the period from April to October 2011-2023 at a rate of 0.03 units per year, which indicates an intensive aridization of the climate. Analysis of the data from the register of droughts showed that if in the first decade (1993-2002) periods of severe droughts were observed in 34.3% of cases, then in the last decade (2014-2023) – in 47.1%, therefore, an intensive process of aridization is observed.

**Conclusion.** An analysis of the data of droughts of the 31-year period by month (April – October) showed that the most severe drought is observed in July (51.6% of years) and August (54.8% of years). If in August 1993-2002 severe droughts were observed in 5 cases of certain years, then in the period 2014-2023 there were 9 units.

Significant fluctuations in pasture productivity have been established in the years of research that differ in agro-climatic conditions (2018-2023). In a favorable year 2021, with a value of 0.64 HTC in April and May, and 1.86 in June, the productivity of wormwood and cereal pasture feed was 1.18 t/ha, in a critically abnormal 2022 with an even 0.2 – 0.25 HTC of April - May, only 0.53 t/ha. A similar pattern was established for ephemeral-cereal and mixed-grass pastures, where productivity decreased by 0.52 and 0.53 t/ha, respectively, compared with 2021.

**Keywords:** aridization; Western Caspian; climate; pasture phytocenoses; productivity

**For citation.** L Rybashlykova, L. P. (2025). Aridization of the climate in the Western Caspian region as a factor in reducing the productivity of pasture phytocenoses. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(3), 133-147. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-3-1165>

## Введение

Современные изменения климатических условий на территории России [1; 6; 23] характеризуются повышением температурного режима, снижением количества осадков и экстремальным ростом числа аномальных природных явлений: засухи, ветры и фрагментарные интенсивные осадки ливневого характера [15; 16; 17]. В определенной степени это может быть обосновано известным климатологическим циклом Брикнера, выражающимся в переходе от холодных и влажных лет к теплым и сухим с продолжительностью 30-35 лет [18]. Важным является тот факт, что глобализация изменений климатических факторов влияет на интенсивность

развития аграрного сектора производства, в том числе в южном регионе России [7; 12]. При этом сельское хозяйство попадает в аномальные климатические условия, связанные с повышением температуры окружающей среды и понижением количества осадков, что негативно влияет на уровень урожайности культур [4; 10; 14]. Западный Прикаспий подвержен сильно ужесточенным климатическим изменениям в период вегетации культур, в том числе и на пастбищных угодьях, что служит причиной опустынивания территорий. По данным ученых ФБНУ Северо-Кавказский ФНАЦ с 2013 по 2022 годы среднегодовой рост температуры воздуха по сравнению с многолетней климатической нормой составил в крайне засушливой зоне Ставропольского края 1,7 °С, а в засушливой зоне – на 1,5°С, при этом в крайне засушливой зоне отмечается снижение осадков на 10%, а в засушливой зоне на 6% [5]. Метеорологические данные показывают, что за последнее столетие среднегодовые температуры повысились и, как ожидается, будут постоянно повышаться на 2-5°С в будущем [11; 19; 20; 21; 25]. Повышение температуры и бесконтрольное использование животными кормовых угодий оказывает влияние на нарастающую степень деградации пастбищных фитоценозов и приводит к нарушению стабильности природных экосистем, низкой кормовой продуктивности (0,05-0,10 т/га), выпадению из травостоя ценных видов злаковых, бобовых растений и разнотравья, снижению их роста и развития [3; 8; 13; 22; 24].

*Цель исследований* – изучить динамику изменения климатических условий в районе Западного Прикаспия с оценкой снижения продуктивности пастбищных фитоценозов.

Новизна и актуальность исследований заключается в анализе долгосрочной динамики изменения климатических факторов крайне засушливой зоны Западного Прикаспия с констатацией деграционных изменений в пастбищных фитоценозах.

### **Материалы и методы**

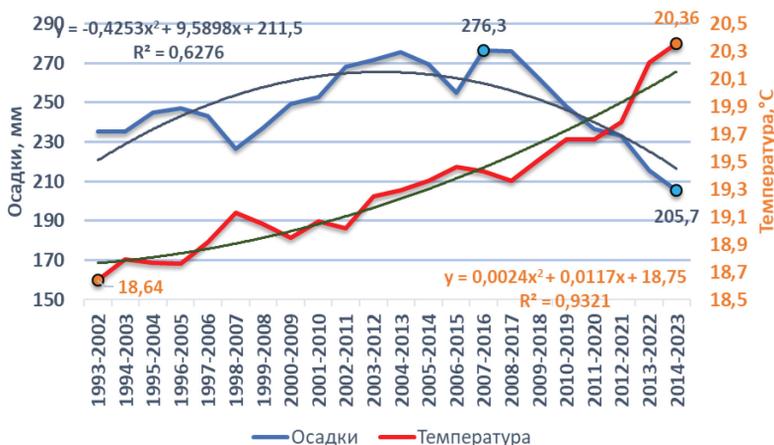
Исследования в Западном Прикаспии, с анализом климатических условий, охватывающим 31-и летний период с апреля по октябрь 1993-2023 годов, проводились в Нефтекумском районе, где в большей степени проявляются характерные изменения климатических факторов для данной зоны. Почвы района исследования светло-каштановые средне- и легкосуглинистого механического состава с бонитетом 19-29 баллов. Климат – резко континентальный. Среднегодовое количество осадков 387-400 мм, ГТК – 0,63-0,72, сумма температур выше 10 °С – 3720 – 3750 °С. Верхний

предел температуры отмечается в августе до 41,1°C, а самый нижний до -14,1°C в январе. Средняя температура воздуха в Нефтекумском районе, принимая во внимание многолетние наблюдения, оценивается в 16,4°C. На протяжении года: солнечно-ясных дней - 152, дней со снегопадом - 19, дней с осадками - 72, пасмурных дней – 123. Геоботанические описания растительности и оценка состояния кормовых угодий выполнялась на постоянных пробных площадях размером 10X10 м. Урожайность травостоя по хозяйственно ценным группам определялась методом скашивания на делянках размером 1м<sup>2</sup> в 5-ти кратной повторности.

Информация об агроклиматических условиях в Нефтекумском районе за 1993-2023 годы получена по данным электронного ресурса: <https://climate.sniish.ru/> и материалам научного издания [2]. Группировка значений метеорологических условий по усредненным 10-и летним периодам, для построения графиков в программе Microsoft Excel проводилась методом скользящих данных.

### Результаты и их обсуждение

Для выявления региональных аспектов глобального изменения климата в Западном Прикаспии был выбран 31-и летний период наблюдений с 1993 по 2023 годы. Установлен нелинейный тренд скользящих значений роста среднегодовых температур за последний 31 год на 0,05 °С с наиболее интенсивным его темпом с 2018 по 2023 годы, составляющим 0,11 °С.



**Рис. 1.** Скользящие значения 10-летних периодов годовых температур и количества осадков в Нефтекумском районе за период 1993-2023 гг.

Проверка временного ряда роста температур по знаковому критерию тренда Кокса и Стюарта [9] показал, что значению показателя  $z = 3,2$  при двухстороннем критерии соответствует вероятность  $P = 0,010$ , то есть установлено достоверное возрастание тренда при 5% уровне значимости. Аналогичная тенденция отмечается и по количеству осадков, ежегодное снижение с 2018 года составляет 11,8 мм (рис. 1).

Анализ значений ГТК периода с апреля по октябрь показал снижение этого показателя с 2011 по 2023 годы со скоростью 0,03 единицы в год, что говорит об интенсивной аридизации климата (рис. 2). Этот период обусловлен исключительной важностью, поскольку климатические условия в период апрель – октябрь определяют продуктивность пастбищных фитоценозов.

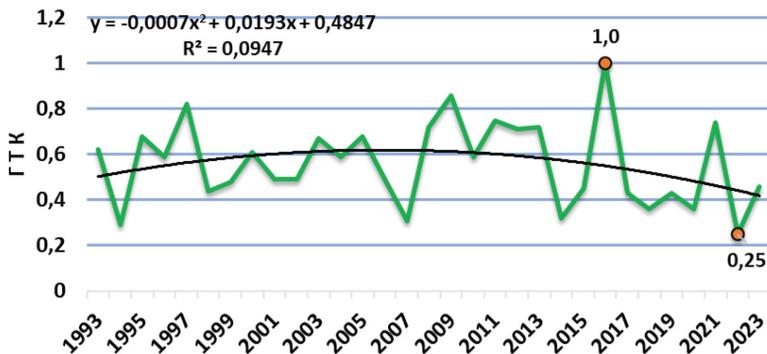


Рис. 2. Динамика осредненного гидротермического коэффициента в Нефтекумском районе за период 1993-2023 гг.

Разработка реестра засух весенне-осеннего периода за 1993-2023 годы позволяет дать оценку гидротермического режима в длительном цикле наблюдений с возможностью прогнозировать изменение погодных условий, используя годы – аналоги (рис. 3). Анализ данных показал, что в первое десятилетие (1993-2002 гг.) периоды сильной засух наблюдались в 34,3 % случаев, средней засухи в 14,2%, а в последнее десятилетие (2014-2023 гг.) – в 47,1% и 11,4% случаев соответственно, следовательно, наблюдается интенсификация процесса аридизации. При этом рассмотрение 31-летнего периода по месяцам установлено, что наиболее сильная засуха отмечается в июле (51,6% случаев) и августе (54,8 % случаев), при этом если в августе 1993–2002 годов сильная засух наблюдалась в 5 случаях определенных лет, то в период 2014–2023 годов их было 9 единиц.

Месяц / Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
1993	0,01	1,1	0,55	0,45	1	0,07	0,31
1994	0,17	0,82	0,55	0,08	0,23	0,01	0,2
1995	1,86	0,25	0,31	0,5	0,29	0,88	2,03
1996	0,75	0,3	0,85	0,21	0,79	0,42	1,61
1997	2,92	0,44	2,1	0,72	0,22	0,53	0,07
1998	0,6	0,22	1,51	0,08	0,11	0,37	0,03
1999	0,66	0,98	0,03	0,05	1,04	0,55	0,09
2000	1,42	0,98	0,54	0,3	0,3	0,64	0,71
2001	2,36	0,71	0,47	0,05	0,27	0,22	0,82
2002	1,54	0,61	1,42	0,11	0,71	0,13	0,94
2003	1,43	0,63	0,49	0,01	0,03	0,28	1,9
2004	1,49	0,14	0,8	0,54	0,37	0,48	0,98
2005	1,38	0,88	0,89	0,6	0,2	0,42	1,74
2006	0,5	1,95	0,32	0,03	0,39	0,07	0,75
2007	0,01	0,37	0,29	0,16	0,37	0,34	0,37
2008	0,73	1,56	0,96	0,57	0,09	0,96	0,49
2009	0,01	0,9	0,58	0,73	0,81	2	0,12
2010	1,08	0,95	0,49	0,7	0,01	0,29	2,04
2011	0,01	1,65	0,87	0,44	0,53	0,1	1,64
2012	0,24	0,7	1,54	1,16	0,38	0,46	0,02
2013	0,9	1,26	0,25	0,62	0,57	1,16	0,22
2014	0,67	0,65	0,21	0,21	0,14	0,38	0,01
2015	1,1	0,54	0,65	0,28	0,06	0,69	0,01
2016	0,74	2,44	1,18	1,53	0,01	0,27	0,01
2017	1,7	1,36	0,33	0,13	0,07	0,01	0,84
2018	0,46	0,15	0,41	0,79	0,28	0,23	0,01
2019	1,05	0,81	0,51	0,18	0,23	0,27	0,43
2020	0,1	0,9	0,31	0,1	0,55	0,43	0,01
2021	0,64	0,64	1,86	0,22	0,15	0,92	1,34
2022	0,2	0,26	0,25	0,19	0,01	0,49	0,64
2023	0,76	0,84	0,25	0,72	0,01	0,55	0,3

	< 0,3	сильная засуха		0,7-0,9	засушливость
	0,3-0,5	средняя засуха		0,9-1,1	неустойчивое увлажнение
	0,5-0,7	слабая засуха		>1,1	достаточное увлажнение

Рис. 3. Реестр засух Нефтекумского района за 1993-2023 гг.

Климатические изменения в течение вегетационного периода способны менять видовую структуру травостоя и состояние отдельных видов

растений, что влияет на сроки стравливания и урожайность травостоя. В засушливые периоды объем фитомассы уменьшается в 2 раза, а содержание белка в кормах снижается в 1,5 раза. В самый засушливый период вегетации (июнь-август), при минимальном количестве осадков (<30 мм) и высокой теплообеспеченности (25,0-28,0°C), урожайность снижается на всех типах пастбищ на 61,7 %. С дефицитом осадков связано изменение не только качественного, но и количественного состава травостоя, особенно неблагоприятны засушливые условия, повторяющиеся 3-4 года, подряд и губительно сказывающиеся на урожае последующих лет. В условиях крайнего недостатка влаги большинство растений не заканчивает полный цикл своего развития и, следовательно, в этом году не обсеменяются. На следующий год всходов появляется меньше и при повторении засухи растения слабо обсеменяются или вовсе не дают семян. К примеру, недобор осадков за апрель – октябрь в 2022 году (107 мм от среднемноголетней нормы) обусловил ко времени активной вегетации трав очень низкие почвенные запасы влаги, вследствие чего уже в мае метровый слой почвы иссушился. С середины мая до середины сентября травы находились в состоянии летнего покоя из-за большого недобора осадков. И только со второй половины сентября, на фоне понижения температуры и накопления почвенной влаги за счет выпавших осадков, началось осеннее отрастание трав.

Таблица 1.

## Динамика продуктивности пастбищных фитоценозов за 2018-2023 годы

Тип пастбища / год	Продуктивность травостоя, т/га						
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	среднее
полынно-злаковое	0,83	0,71	0,60	1,18	0,53	0,52	0,71
эфемерово-злаковое	0,80	0,68	0,54	0,92	0,40	0,45	0,63
разнотравно-злаковое	0,75	0,63	0,52	0,90	0,37	0,50	0,61
НСР <sub>05</sub>							0,07

Основными типами пастбищ района исследования являются злаковые, полынно-злаковые и разнотравно-злаковые. Максимальный урожай полынно-злакового сообщества наблюдается обычно в июне, снижаясь к осени на 50-60% и более. В полынно-прутняково-житняковом сообществе наибольший кормовой запас отмечается в июле, к осени он уменьшается на 20-30%. Данный тип пастбища характеризуется более стабильной урожайностью в течение вегетационного периода. Объясняется это тем, что в травостое имеются полукустарниковые виды, с длительным периодом вегетации, которые хорошо приспособлены к тем или иным условиям местообитания.

Статистический анализ средней продуктивности пастбищных фитоценозов за годы исследований (2018-2023 гг.) показал, что наиболее продуктивными являются полынно-злаковые пастбища (0,71 т/га), при этом показатели продуктивности эфемеро-злаковых и разнотравно-злаковых ценозов значимо ниже, снижение составляет 0,08 и 0,1 т/га соответственно (табл. 1). Однако в различные по метеорологическим условиям годы отмечаются достаточно значимые колебания продуктивности пастбищ. Так в 2021 году, когда в апреле и мае ГТК равнялось 0,64 (слабая засуха), а в июне – 1,86 (достаточное увлажнение), продуктивность кормов полынно-злакового пастбища составила 1,18 т/га, а в 2022 всего 0,53 т/га ввиду экстремальных климатических условий, так как ГТК апреля – мая составил 0,2 – 0,25, что соответствует сильной засухе (рис. 3). Аналогичная закономерность установлена для эфемеро-злаковых и разнотравно-злаковых пастбищ, когда при сложившихся экстремальных природно-климатических условиях 2022 года, снижение продуктивности составило 0,52 и 0,53 т/га соответственно в сравнении с 2021 годом.

Поэтому при введении пастбищеоборотов и заготовке страховых запасов кормов важно учитывать прогнозные колебания климатических факторов, влияющих на продуктивность пастбищных фитоценозов.

### **Заключение**

1. Аридизация климатических условий в крайне засушливой зоне Западного Прикаспия связана с аномальными явлениями, выражающимися в более интенсивном росте температур с 2018 по 2023 годы на 0,11 °С и снижением количества осадков на 11,8 мм.

2. Установлено снижение значения ГТК с 2011 по 2023 годы со скоростью 0,03 единицы в год, что говорит об интенсивной аридизации климата. Отмечается увеличение процентного числа сильных засух с 34,3 % в первом десятилетии (1993 – 2002 гг.) до 47,1% в последнее десятилетие (2014 – 2023 гг.). Наиболее сильная засуха за все годы исследований отмечается в июле (51,6% случаев) и августе (54,8 % случаев), при этом если в августе 1993 – 2002 годов сильная засуха наблюдалась в 5 случаях, то в период 2014 – 2023 годов – 9 случаях.

3. При низких весенних почвенных влагозапасах (45-50% от нормы) и дефиците осадков в весенне-летний период максимальный урожай составляет 30-50% от среднеголетних значений. В такие годы необходимо создание запасов страховых кормов на весь период зимовки.

**Информация о спонсорстве.** Данное исследование было выполнено в рамках Государственного задания: «Разработка теории и системы мероприятий устойчивого функционирования пастбищных экосистем в аридных и субаридных зонах Прикаспия», 124013000642-9.

### Список литературы

1. Антонов, С.А. & Каторгин, И.Ю. (2021). Картографирование характеристик изменения климата в Ставропольском крае. *Интеркарто. Интергис*, 27(3), 171-182. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-3-27-171-182> EDN: <https://elibrary.ru/lpbymu>
2. Бадахова, Г.Х. & Кнутов, А.В. (2007). *Ставропольский край: современные климатические условия*. Ставрополь: ГУП ИК «Региональные сети связи». 272 с. ISBN: 978-5-91228-012-2 EDN: <https://elibrary.ru/qkglej>
3. Бананова, В.А., Лазарева, В.Г. & Петров, К.М. (2021). Тенденции процессов опустынивания в северо-западной части Прикаспийской низменности. *Геология, география и глобальная энергия*, 1(80), 77-86. EDN: <https://elibrary.ru/imirkw>
4. Васильев, Ю.И., Волошенкова, Т.В. & Овечко, Н.Н. (2013). Методология прогноза варьирования урожая зерновых культур в агролесоландшафте в связи с нестабильностью климатических характеристик. *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*, 4, 54-57. EDN: <https://elibrary.ru/qcnhrj>
5. Волошенкова, Т.В., Антонов, С.А., Калашникова, А.А. & Перегудов, С.В. (2023). Тенденции изменения климата в засушливых районах Ставропольского края. *Достижения науки и техники АПК*, 37(11), 5-11. [https://doi.org/10.53859/02352451\\_2023\\_37\\_11\\_5](https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_11_5) EDN: <https://elibrary.ru/qehdpm>
6. *Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации* (2014). М.: Росгидромет. 1008 с. ISBN: 978-5-9631-0322-7
7. *Глобальные проявления изменений климата в агропромышленной сфере* (2004) / Под ред. акад. РАСХН А.Л. Иванова. М. 332 с.
8. Дедова, Э.Б., Гольдварг, Б.А. & Цаган-Манджиев, Н.Л. (2020). Деградация земель Республики Калмыкия: проблемы и пути их восстановления. *Аридные экосистемы*, 26(2), 63-71. EDN: <https://elibrary.ru/pqelox>
9. Закс, А. (1976). *Статистическое оценивание*. М.: Изд-во Статистика. 598 с.
10. Захарян, Ю.Г., Комаров, А.А. & Янко, Ю.Г. (2023). Оценка дифференциации агротехнологий по трём градациям с учётом глобального изменения климата. *Современные проблемы дистанционного зондирования земли из*

- космоса*, 20(3), 67-70. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2023-20-3-61-70>  
EDN: <https://elibrary.ru/bfskie>
11. Золотокрылин, А.Н., Черенкова, Е.А. & Титкова, Т.Б. (2020). Аридизация засушливых земель европейской части России и связь с засухами. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*, 2, 207-217. <https://doi.org/10.31857/S258755662002017X> EDN: <https://elibrary.ru/sfckus>
  12. Ксенофонтов, М.Ю. & Ползиков, Д.А. (2020). К вопросу о влиянии климатических изменений на развитие сельского хозяйства России в долгосрочной перспективе. *Проблемы прогнозирования*, 3(180), 82-92. EDN: <https://elibrary.ru/fsisnb>
  13. Манаенков, А.С. & Рыбашлыкова, Л.П. (2023). Эколого-биологические аспекты кустарниковой мелиорации деградированных пастбищ на бугристо-увалистых комплексах песчаных земель Прикаспия. *Устойчивое развитие горных территорий*, 15(2), 246-255. <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2023-15-2-246-255> EDN: <https://elibrary.ru/rzrfbx>
  14. Павлова, В.Н., Переведенцев, Ю.П., Караченкова, А.А., Тагиров, М.Ш. & Мирсаева, Н.А. (2023). Оценка агроклиматических ресурсов и урожайности яровой пшеницы в Республике Татарстан. *Метеорология и гидрология*, 1, 90-102. <https://doi.org/10.52002/0130-2906-2023-1-90-102> EDN: <https://elibrary.ru/hnahvo>
  15. Попова, В.В., Бочуцава, Д.Д. & Матвеева, Т.А. (2022). Экстремальная засуха на восточно-европейской равнине в период потепления середины XX столетия: климатические характеристики и аналоги в условиях современного климата. *Аридные экосистемы*, 29(2), 3-11. <https://doi.org/10.24412/1993-3916-2023-2-3-11> EDN: <https://elibrary.ru/cailxd>
  16. Сажин, А.Н., Петров, С.А., Погосян, Н.В., Васильев, Ю.И., Волошенкова, Т.В., Козина, О.В. & Монилов, С.Н. (2006). Взаимосвязь внутривековых изменений влажности со сменой эпох циркуляции и ее отражение в природных процессах Атлантико-европейского сектора Евразии. *Труды Российской академии наук. Серия географическая*, 1, 26-34.
  17. Чернокульский, А.В., Елисеев, А.В., Козлов, Ф.А., Коршунова, Н.Н., Курганский, М.В., Мохов, И.И., Семенов, В.А., Швец, Н.В., Шихов, А.Н. & Ярынич, Ю.И. (2022). Опасные атмосферные явления конвективно-го характера в России: наблюдаемые изменения по различным данным. *Метеорология и гидрология*, 5, 27-41. <https://doi.org/10.52002/0130-2906-2022-5-27-41> EDN: <https://elibrary.ru/lxtplq>
  18. Brückner, E. (1890). Climate fluctuations since 1700: in addition to remarks on the climate fluctuations of the diluvial period. *Geographische Abhandlungen*, p. 325.

19. Gourджи, S. M., Sibley, A. M., & Lobell, D. B. (2013). Global crop exposure to critical high temperatures in the reproductive period: historical trends and future projections. *Environmental Research Letters*, 8(2), 024041. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/024041>
20. Hidalgo-Galvez, M. D., Matías, L., Cambrollé, J., et al. (2023). Impact of climate change on pasture quality in Mediterranean dehesas subjected to different grazing histories. *Plant and Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-05986-9> EDN: <https://elibrary.ru/kytdu>
21. Liu, C., & Allan, R. P. (2013). Observed and simulated precipitation responses in wet and dry regions 1850-2100. *Environmental Research Letters*, 8, 034002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/3/034002> EDN: <https://elibrary.ru/sqghb>
22. Manaenkov, A. S., Rybashlykova, L. P., Sivtseva, S. N., & Makhovikova, T. F. (2023). Silvopastoral transformation of desert lands in the Caspian Sea region. *Arid Ecosystems*, 13(1), 11-19. <https://doi.org/10.1134/S2079096123010080> EDN: <https://elibrary.ru/kgkatb>
23. Marvel, K., Cook, B., Bonfils, C., et al. (2019). Twentieth-century hydroclimate changes consistent with human influence. *Nature*, 569(7754), 59-65. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1149-8>
24. Rybashlykova, L. P., Sivtseva, S. N., & Makhovikova, T. F. (2023). Relationship between hydrothermal coefficient (HTC) and productivity of pastures in the arid zone of Northwestern Caspian Sea. *Journal of Agrometeorology*, 25(3), 454-457. <https://doi.org/10.54386/jam.v25i3.2220> EDN: <https://elibrary.ru/wwnzce>
25. Zolotokrylin, A. N., Cherenkova, E. A., & Titkova, T. B. (2018). Bioclimatic subhumid zone of Russian plains: droughts, desertification, and land degradation. *Arid Ecosystems*, 8(1), 7-12. <https://doi.org/10.1134/S2079096118010122> EDN: <https://elibrary.ru/xxrtlf>

### References

1. Antonov, S. A., & Katorgin, I. Yu. (2021). Mapping of climate change characteristics in the Stavropol Territory. *Interkarto. Intergis*, 27(3), 171-182. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-3-27-171-182> EDN: <https://elibrary.ru/lpbymu>
2. Badakhova, G. Kh., & Knutov, A. V. (2007). *Stavropol Territory: Modern climatic conditions*. Stavropol: State Unitary Enterprise IC "Regional Communication Networks". 272 p. ISBN: 978-5-91228-012-2 EDN: <https://elibrary.ru/qkglcj>
3. Bananova, V. A., Lazareva, V. G., & Petrov, K. M. (2021). Trends of desertification processes in the northwestern part of the Caspian lowland. *Geology, Geography and Global Energy*, 1(80), 77-86. EDN: <https://elibrary.ru/imirkw>
4. Vasiliev, Yu. I., Voloshenkova, T. V., & Ovechko, N. N. (2013). Methodology for forecasting grain crop yield variation in agroforest landscape in connection

- with climatic characteristics instability. *Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences*, 4, 54-57. EDN: <https://elibrary.ru/qcnhrj>
5. Voloshenkova, T. V., Antonov, S. A., Kalashnikova, A. A., & Peregudov, S. V. (2023). Climate change trends in arid regions of the Stavropol Territory. *Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex*, 37(11), 5-11. [https://doi.org/10.53859/02352451\\_2023\\_37\\_11\\_5](https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_11_5) EDN: <https://elibrary.ru/qehdnp>
  6. *Second assessment report of Roshydromet on climate change and its consequences in the Russian Federation* (2014). Moscow: Roshydromet. 1008 p. ISBN: 978-5-9631-0322-7
  7. *Global manifestations of climate change in the agro-industrial sector* (2004). Ed. by Acad. RASKHN A. L. Ivanov. Moscow. 332 p.
  8. Dedova, E. B., Goldvarg, B. A., & Tsagan-Mandzhiev, N. L. (2020). Land degradation in the Republic of Kalmykia: problems and ways of their restoration. *Arid Ecosystems*, 26(2), 63-71. EDN: <https://elibrary.ru/pqelox>
  9. Zaks, A. (1976). *Statistical estimation*. Statistics Publishing House. 598 p.
  10. Zakharyan, Yu. G., Komarov, A. A., & Yanko, Yu. G. (2023). Assessment of agrotechnology differentiation by three gradations considering global climate change. *Modern Problems of Remote Sensing of Earth from Space*, 20(3), 67-70. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2023-20-3-61-70> EDN: <https://elibrary.ru/bfskie>
  11. Zolotokrylin, A. N., Черенкова, Е. А., & Titkova, T. B. (2020). Aridization of arid lands in the European part of Russia and its connection with droughts. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 2, 207-217. <https://doi.org/10.31857/S258755662002017X> EDN: <https://elibrary.ru/sfckus>
  12. Ksenofontov, M. Yu., & Polzikov, D. A. (2020). On the impact of climate changes on the development of agriculture in Russia in the long term. *Problems of Forecasting*, 3(180), 82-92. EDN: <https://elibrary.ru/fsisnb>
  13. Manaenkov, A. S., & Rybashlykova, L. P. (2023). Ecological and biological aspects of shrubland reclamation on hummocky-ridge degraded pastures on complex of Caspian sandy lands. *Sustainable Development of Mountain Territories*, 15(2), 246-255. <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2023-15-2-246-255> EDN: <https://elibrary.ru/rzrfbx>
  14. Pavlova, V. N., Perevedentsev, Yu. P., Karachenkova, A. A., Tagirov, M. Sh., & Mirsaeva, N. A. (2023). Assessment of agroclimatic resources and spring wheat yield in the Republic of Tatarstan. *Meteorology and Hydrology*, 1, 90-102. <https://doi.org/10.52002/0130-2906-2023-1-90-102> EDN: <https://elibrary.ru/hnahvo>

15. Popova, V. V., Bokuchava, D. D., & Matveeva, T. A. (2022). Extreme drought in the East European Plain during the warming period of the mid-20th century: climatic characteristics and analogs in the current climate. *Arid Ecosystems*, 29(2), 3-11. <https://doi.org/10.24412/1993-3916-2023-2-3-11> EDN: <https://elibrary.ru/cailxd>
16. Sazhin, A. N., Petrov, S. A., Pogosyan, N. V., Vasiliev, Yu. I., Voloshenkova, T. V., Kozina, O. V., & Monikov, S. N. (2006). Relationship between intra-century humidity changes and circulation epochs and its reflection in natural processes of the Atlantic-European sector of Eurasia. *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series*, 1, 26-34.
17. Chernokulsky, A. V., Eliseev, A. V., Kozlov, F. A., Korshunova, N. N., Kur-gansky, M. V., Mokhov, I. I., Semenov, V. A., Shvets, N. V., Shikhov, A. N., & Yarynich, Yu. I. (2022). Convective atmospheric hazards in Russia: observed changes according to various data. *Meteorology and Hydrology*, 5, 27-41. <https://doi.org/10.52002/0130-2906-2022-5-27-41> EDN: <https://elibrary.ru/lxtplq>
18. Brückner, E. (1890). Climate fluctuations since 1700: in addition to remarks on the climate fluctuations of the diluvial period. *Geographische Abhandlungen*, p. 325.
19. Gourджи, S. M., Sibley, A. M., & Lobell, D. B. (2013). Global crop exposure to critical high temperatures in the reproductive period: historical trends and future projections. *Environmental Research Letters*, 8(2), 024041. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/024041>
20. Hidalgo-Galvez, M. D., Matías, L., Cambrollé, J., et al. (2023). Impact of climate change on pasture quality in Mediterranean dehesas subjected to different grazing histories. *Plant and Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-05986-9> EDN: <https://elibrary.ru/kytdu>
21. Liu, C., & Allan, R. P. (2013). Observed and simulated precipitation responses in wet and dry regions 1850-2100. *Environmental Research Letters*, 8, 034002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/3/034002> EDN: <https://elibrary.ru/sqghb>
22. Manaenkov, A. S., Rybashlykova, L. P., Sivtseva, S. N., & Makhovikova, T. F. (2023). Silvopastoral transformation of desert lands in the Caspian Sea region. *Arid Ecosystems*, 13(1), 11-19. <https://doi.org/10.1134/S2079096123010080> EDN: <https://elibrary.ru/kgkatb>
23. Marvel, K., Cook, B., Bonfils, C., et al. (2019). Twentieth-century hydroclimate changes consistent with human influence. *Nature*, 569(7754), 59-65. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1149-8>
24. Rybashlykova, L. P., Sivceva, S. N., & Makhovikova, T. F. (2023). Relationship between hydrothermal coefficient (HTC) and productivity of pastures in the arid

- zone of Northwestern Caspian Sea. *Journal of Agrometeorology*, 25(3), 454-457. <https://doi.org/10.54386/jam.v25i3.2220> EDN: <https://elibrary.ru/wwnzce>
25. Zolotokrylin, A. N., Cherenkova, E. A., & Titkova, T. B. (2018). Bioclimatic subhumid zone of Russian plains: droughts, desertification, and land degradation. *Arid Ecosystems*, 8(1), 7-12. <https://doi.org/10.1134/S2079096118010122> EDN: <https://elibrary.ru/xxrtlf>

### ДАнные ОБ АВТОРЕ

**Рыбашлыкова Людмила Петровна**, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (ФНЦ агроэкологии РАН)»*

*Университетский проспект, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Федерация*

*[rybashlykova-l@yfac.ru](mailto:rybashlykova-l@yfac.ru)*

### DATA ABOUT THE AUTHOR

**Ludmila P. Rybashlykova**, Candidate of Agriculture, Leading Research Scientist

*Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences*

*97, Universitetskiy prospect, Volgograd, 400062, Russian Federation*

*[rybashlykova-l@yfac.ru](mailto:rybashlykova-l@yfac.ru)*

*SPIN-code: 3365-6897*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3675-6243>*

Поступила 28.09.2024

После рецензирования 07.11.2024

Принята 15.11.2024

Received 28.09.2024

Revised 07.11.2024

Accepted 15.11.2024