

Естественные науки. 2023. № 4 (13). С. 62–68.

Yestestvennyye nauki = Natural Sciences. 2023; 4 (13): 62–68 (In Russ.)

Научная статья

УДК 631.421

doi 10.54398/1818507X_2023_4_62

**ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВ
АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ
И ЕЁ СВЯЗЬ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА**

Бурукина Екатерина Андреевна^{1✉}, Колесников Сергей Ильич²

¹Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева,
г. Астрахань, Россия

²Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
pro100-ekaterina@mail.ru[✉]

Аннотация. Вегетация и развитие растительности проходит под регулярным влиянием окружающей среды. Характерной особенностью климата Астраханской области является недостаточное количество осадков, высокие температуры в летний период и низкие — зимой. Тепловой режим почв региона обладает комплексом теплофизических свойств, складывающихся в её профиле, и тепловых потоков, проходящих через верхние горизонты почвы при притоке солнечной энергии. В работе представлены результаты двенадцатилетних измерений температуры поверхностного слоя почв и температуры воздуха Астраханской области, которые были обработаны при помощи статистического анализа. Согласованность изменений исследуемых характеристик оценивалась посредством корреляционного и статистического анализов.

Ключевые слова: температура почв, статистический анализ, корреляционный коэффициент

Для цитирования: Бурукина Е. А., Колесников С. И. Динамика температуры почв Астраханской области и её связь с изменением климата // Естественные науки. 2023. № 4 (13). С. 62–68. https://doi.org/10.54398/1818507X_2023_4_62.

**DYNAMICS OF SOIL TEMPERATURE
IN THE ASTRAKHAN REGION AND ITS RELATION
TO CLIMATE CHANGE**

Burukina Ekaterina A.^{1✉}, Kolesnikov Sergey I.²

¹Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

²Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia
pro100-ekaterina@mail.ru[✉]

© Бурукина Е. А., Колесников С. И., 2023.

Abstract. Vegetation growth and development takes place under the regular influence of the environment. A characteristic feature of the Astrakhan region's climate is insufficient precipitation, high temperatures in summer and low temperatures in winter. The thermal regime of the soils of the region has a complex of thermophysical properties that develop in its profile, and heat flows passing through the upper horizons of the soil with the influx of solar energy. The paper presents the results of twelve years of measurements of the temperature of the surface soil layer and air temperature of the Astrakhan region, which were processed using statistical analysis. The consistency of changes in the studied characteristics was assessed by means of correlation and statistical analyses.

Keywords: soil temperature, statistical analysis, correlation coefficient

For citation: Burukina E. A., Kolesnikov S. I. Dynamics of soil temperature in the Astrakhan region and its relation to climate change. *Yestestvennyye nauki = Natural Sciences*. 2023; 4 (13): 62–68. https://doi.org/10.54398/1818507X_2023_4_62.

Введение. Астраханская область России располагается в Прикаспийской низменности на юго-востоке Восточно-Европейской равнины, площадь территории 49 тыс. км², в зоне пустынь и полупустынь, которые используются в основном как пастбища (2,6 млн га).

По данным исследований научного центра агроэкологии, комплексной мелиорации и защитного лесоразведения РАН, деградация сельскохозяйственных угодий в Астраханском регионе составляет 49 %, что в переводе на площадь — 1,4 млн га. Стоит отметить, что восстановлению подлежат всего 300 га в год [5; 7].

Одной из главных причин катастрофы является перевыпас скота, который способствует развитию пастбищной дигрессии. Козы и овцы, каких в регионе больше 1,4 млн, вытаптывают пастбища подчистую, а жаркий климат и ветер ухудшают ситуацию. Оголённые участки почвенного покрова всё больше нагреваются, особенно в летний сезон, что негативно влияет на рост и развитие разреженной растительности.

Прикаспийская низменность причисляется к регионам, в которых очень активно проходят процессы деградации и модификации пастбищных экосистем. Пастбищные угодья характеризуются неустойчивостью к внешним воздействиям, вызванным хозяйственной деятельностью, и изменениями в климатических условиях, которые обладают тенденцией к аридизации вызванной потеплением климата.

Взаимодействие внешних и местных факторов создаёт своеобразие климата, который характеризуется засушливостью, резкой континентальностью, большим дефицитом влаги, суховеями [10–12].

На протяжении ста лет климат Астраханской области менялся и со сменой климата изменялись характеристики и свойства почв.

Одной из важных характеристик почв является тепловой режим. Комплекс теплофизических параметров характеризующий теплофизическое состояние почвы — это теплоёмкость, тепло- и температуропроводность. Момент начала и окончание вегетационного периода непосредственно связаны с температурным режимом почвы. От теплофизических свойств почв зависит пространственное

распределение растений, характер распространения корневых систем, скорость притока к корням питательных веществ. Стоит отметить, что температурный режим воздействует на внутрипочвенное испарение и транспирацию, усиление азотных трансформаций, а температурный перепад оказывает прямое влияние на движение воды в почве [4].

Почвы по характеру теплоёмкости выделяют «тёплые» и «холодные». Менее влагоёмкими считаются песчаные и супесчаные почвы, поэтому они быстрее прогреваются, их называют «тёплыми» почвами. В весенний период тёплые почвы начинают обрабатывать на 2–3 недели раньше, чем суглинистые почвы. Глинистые почвы сохраняют больше воды, на нагревание которой требуется большее количество тепла, в результате чего их называют «холодными».

Почвы Астраханской области представлены в северных районах зональными светло-каштановыми, в более южных районах — бурыми полупустынными, в Волго-Ахтубинской пойме, дельте Волги и подстепных ильменах — пойменными аллювиальными и луговыми почвами, засоленные почвы представлены в виде солончаков и солонцов, которые расположены в виде небольших солонцовых комплексов среди каштановых и бурых почв, обычно в микропонижениях, при близком залегании грунтовых вод [1]. Типы почв Астраханского региона в основном относятся к тёплым почвам, поэтому высокие температуры в летний период наносят существенный урон продуктивности, особенно при недостатке воды и атмосферных осадков. Гибель растений от засухи наблюдается не только в южных районах, но и в северных.

Цель настоящей работы — изучить динамику изменения теплового режима почв в зависимости от климатических условий Астраханской области.

Материалы и методы исследований. В исследованиях климатических изменений использованы два метеорологических фактора: температура воздуха и температура почвенного покрова.

Объект исследований — многолетние ряды наблюдений климатических характеристик (максимальная температура воздуха и максимальная температура поверхности почвы) Астраханской области. В работе представлены фактические данные по мониторингу климатических изменений, которые собирают на наблюдательных подразделениях во всем регионе.

Статистическую обработку материала проводили методами корреляционного анализа.

В работе представлены данные количественных показателей климата для территории Астраханской области за период 2010–2021 гг., выполненные на основе использования массивов данных по максимумам температур воздуха за период и максимальным данным по температуре поверхности почв.

Результаты исследования и их обсуждение. По данным метеорологических станций Астраханской области проведён анализ региональной изменчивости максимальных характеристик годовых температур воздуха и почв за период 2010–2021 гг.

Вычисление статистических параметров для несгруппированных данных показали, что среднее значение максимальных температур воздуха за 12 лет составляет плюс 25,67° С. Также стоит отметить, что степень изменчивости (варьирования) значений случайной величины внутри выборки по величине коэффициента вариации можно охарактеризовать как большую (48,3 %).

Расчёт статистических параметров для температуры почвы показал, что значение среднего максимальных температур поверхности почвы за исследуемый период составляет плюс 44,12° С, а степень варьирования значений случайной величины внутри выборки по величине коэффициента вариации можно охарактеризовать как большую (47,1 %).

Динамика изменения температур воздуха и почв по месяцам года за 2010–2021 гг. (рис.), показала, что максимальные значения температуры почв наблюдаются в период с июня по август за все периоды наблюдения.

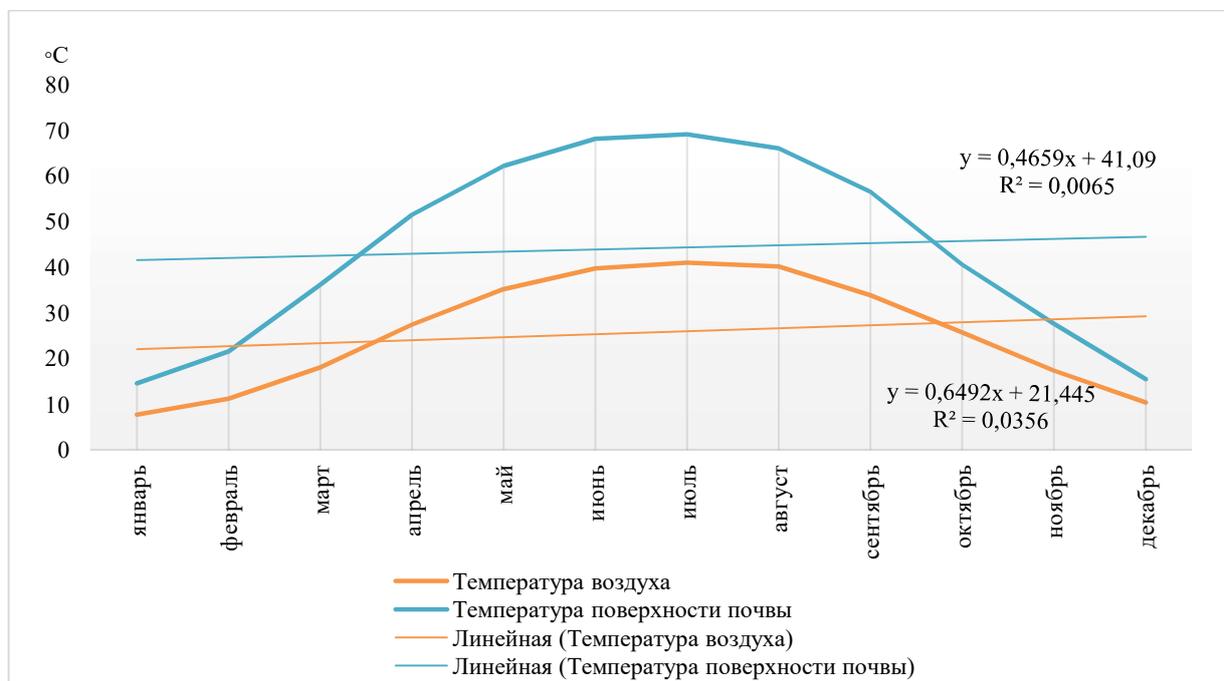


Рисунок – Динамика изменения максимальных температур 2010–2021 гг.

Анализ данных показал, что максимальная температура воздуха была в июле 2010 и 2011 гг. и составляла +43,5...+43,6° С, в этот период температура почв была +68...+69° С. Необходимо подчеркнуть, что максимальное значение температуры почвы наблюдалось в июле 2015–2016 гг. и составляло +71° С, в этот период температура воздуха составляла +40,6...+40,7° С. Это показывает, что максимальная температура воздуха не всегда способствует максимальному прогреванию почвы. Стоит отметить, что в последние пять лет температура почв всё чаще достигает своего максимума в +70...+71° С. Это объясняется тенденцией увеличения среднегодовой температуры.

Статистический анализ зависимости максимальных месячных температур воздуха и поверхности почвы за 12 лет, показал, что коэффициент корреляции равен +0,99, что свидетельствует о наличии сильной линейной связи между атмосферной температурой и температурой поверхности почвы. Знак «плюс»

говорит о прямой связи, т. е. увеличение температуры воздуха способствует повышению температуры почвы.

С изменением на единицу температуры воздуха, температура почвы в среднем увеличивается на $1,5^{\circ}\text{C}$ (коэффициент регрессии 1,66).

Заключение. Анализ температуры воздуха и почвы, и их временных колебаний за период 2010–2021 гг., позволяют оценить динамику климатических составляющих теплосодержания почв. И использовать многолетние данные для разработки методики долгосрочного прогноза теплового состояния почв аридных территорий.

Полученные результаты отражают динамику изменения климатических условий, указывающих на усиление аридизации территории. Повышение температуры воздуха на 1°C сопровождается увеличением температуры поверхности почвы на $1,5^{\circ}\text{C}$, не только в летний период, но и в течение года. Как следствие, аридизация климата приводит к формированию почвенных засух, что в свою очередь ведёт к снижению эмиссии углекислого газа из почвы [6].

Температура почвы — существенный фактор роста и развития растений, а также жизнедеятельности почвенных микроорганизмов [2]. Тепловые свойства, зависящие от температуры поверхности почвы напрямую зависят от изменения температуры атмосферного воздуха. Чем жарче становится климат в Астраханском регионе, тем существеннее это влияет на температуру поверхностного слоя почвы, которая, в свою очередь, влияет на скорость поступления воды в корни растений, на транспирацию, на продуктивность самой растительности [6].

Список литературы

1. Агрохимическая характеристика почв Астраханской области / Ю. Б. Салина [и др.]. — Астрахань, 2020. — 68 с.
2. Ващенко, И. М. Основы почвоведения, земледелия и агрохимии / И. М. Ващенко, К. А. Миронычев, В. С. Коницев. — Москва : Прометей, 2013. — 174 с.
3. Кониева, Г. Н. Анализ изменений основных климатических показателей на территории Республики Калмыкия за многолетний период / Г. Н. Кониева, В. И. Иванова, М. Г. Адучиева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. — 2023. — № 2 (70). — С. 177–184.
4. Полуэктов, Р. А. Моделирование продукционного процесса сельскохозяйственных культур / Р. А. Полуэктов, Э. И. Смоляр, В. В. Терлеев, А. Г. Топаж. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский университет, 2006. — 391 с.
5. Постановление Министерства жилищно-коммунального хозяйства Астраханской области от 23 сентября 2016 г. № 42-п «Об утверждении территориальной схемы обращения с отходами на территории Астраханской области» (с изменениями и дополнениями). — URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/46454626> (дата обращения: 24.10.2023).
6. Почвоведение: в 2 ч. / под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. — Москва : Высшая школа, 1988. — Ч. 1: Почва и почвообразование / Г. Д. Белицина, В. Д. Васильевская, Л. А. Гришина и др. — 400 с.
7. Пояснительная записка к проекту федерального закона № 30961-8 «О внесении изменений в Федеральный закон «О личном подсобном хозяйстве». — URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/77224419> (дата обращения: 24.10.2023).
8. Решоткин, О. В. Динамика температуры каштановых почв в связи с изменением климата / О. В. Решоткин, О. И. Худяков // Почва как компонент биосферы: эволюция,

функционирование и экологические аспекты / ред. колл.: И. В. Иванов, В. Н. Кудеяров, А. В. Лупачев, Д. Л. Пинский, И. В. Припутина, С. Н. Удальцов. — Пушино : Тов-во науч. изд. КМК, 2020. — С. 141–142.

9. Статистическая обработка результатов в почвоведении / А. П. Сорокин, С. П. Стрелков. — 2-е изд. — Астрахань : Сорокин Р. В., 2017. — 32 с.

10. Шинкаренко, С. С. Последствия пыльных бурь на юге европейской части России в сентябре – октябре 2020 г. / С. С. Шинкаренко, С. А. Барталев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2020. — № 7. — С. 270–275.

11. Шумова, Н. А. Анализ климатических условий в Республике Калмыкия за 1966–2017 гг. / Н. А. Шумова // Аридные экосистемы. — 2020. — Т. 26, № 3 (84). — С. 23–29.

12. Dedova, E. B. Impact of Heat Resources on Rice Productivity in the Sarpinsky Lowland / E. B. Dedova, G. N. Konieva, V. V. Borodychev, R. M. Shabanov, A. A. Dedov, V. I. Ivanova, T. N. Mandzhieva. — URL: <https://doi.org/10.18502/cls.v4i14.5614>.

References

1. Salina, Yu. B. [et al.]. *Agrokhimicheskaya kharakteristika pochv Astrakhanskoy oblasti = Agrochemical characteristics of the soils of the Astrakhan region*. Astrakhan: 2020: 68 p.

2. Vashchenko, I. M., Mironychev, K. A., Konichev, V. S. *Osnovy pochvovedeniya, zemledeliya i agrokhimii = Fundamentals of soil science, agriculture and agrochemistry*. Moscow: Prometheus 2013: 174.

3. Konieva, G. N., Ivanova, V. I., Aduchieva, M. G. Analiz izmeneniy osnovnykh klimaticheskikh pokazateley na territorii Respubliki Kalmykiya za mnogoletniy period. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie = News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and higher professional education*. 2023; 2(70): 177–184.

4. Poluektov, R. A., Smolyar, E. I., Terleev, V. V., Topazh, A. G. *Modelirovanie produktsionnogo protsessa selskokhozyaystvennykh kultur = Modeling of the production process of agricultural crops*. St. Petersburg: St. Petersburg University; 2006: 391.

5. Resolution of the Ministry of Housing and Communal Services of the Astrakhan Region dated September 23, 2016 No. 42-p “On approval of the territorial waste management scheme in the Astrakhan region” (with amendments and additions). Available at: <http://ivo.garant.ru/#/document/46454626> (accessed: 24.10.2023).

6. *Pochvovedenie: v 2 chastyakh = Soil science: in 2 parts*. Ed. by V. A. Kovda, B. G. Rozanov. Moscow: Higher School; 1988; 1: 400.

7. *Explanatory note to the draft Federal law No. 30961-8 “On amendments amendments to the Federal Law “On personal subsidiary farming”*. Available at: <http://ivo.garant.ru/#/document/77224419> (date of request: 10/24/2023).

8. Reshotkin, O. V., Khudyakov, O. I. Dinamika temperatury kashtanovykh pochv v svyazi s izmeneniem klimata. *Pochva kak komponent biosfery: evolyutsiya, funktsionirovanie i ekologicheskie aspekty = Soil as a component of the biosphere: evolution, functioning and environmental aspects*. Ed. by I. V. Ivanov, V. N. Kudeyarov, A.V. Lupachev, D. L. Pinsky, I. V. Pripulina, S. N. Udaltsov. Pushchino: KMK; 2020: 141–142.

9. Sorokin, A. P., Strelkov, S. P. *Statisticheskaya obrabotka rezultatov v pochvovedenii = Statistical processing of results in soil science*. 2nd ed. Astrakhan: Publisher Sorokin R. V.; 2017: 32.

10. Shinkarenko, S. S., Bartalev, S. A. *Posledstviya pylnykh bur na yuge evropeyskoy chasti Rossii v sentyabre – oktyabre 2020 g. Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. 2020; 7: 270–275.

11. Shumova, N. A. Analiz klimaticheskikh usloviy v Respublike Kalmykiya za 1966–2017 gg. *Aridnye ekosistemy = Arid ecosystems*. 2020; 26, 3(84): 23–29.

12. Dedova, E. B., Konieva, G. N., Borodychev, V. V., Shabanov, R. M., Dedov, A. A., Ivanova, V. I., Mandzhieva, T. N. *Impact of Heat Resources on Rice Productivity in the Sarpinsky Lowland*. Available at: <https://doi.org/10.18502/cls.v4i14.5614>.

Информация об авторах

Бурукина Е. А. — ассистент;

Колесников С. И. — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой.

Information about the authors

Burukina E. A. — Assistant;

Kolesnikov S. I. — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

All authors have made equivalent contributions to publications.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 06.11.2023; одобрена после рецензирования 10.11.2023; принята к публикации 14.11.2023.

The article was submitted 06.11.2023; approved after reviewing 10.11.2023; accepted for publication 14.11.2023.