

Въздействие на климатичните промени върху производството на фуражи и устойчивостта на животновъдството в Молдова

Лариса Кайсин^{*1}, Олег Машнер², Елена Скрипнич¹, Виталий Бусев²

¹Технически университет на Молдова, бул. Стефан чел Маре си Сфант 168,
MD-2004, Кишинев, Република Молдова

²Национален институт за приложни изследвания в областта на селското
стопанство и ветеринарната медицина, Молдова
MD – 2070, Кишинев, ул. Яловени, 100,
Република Молдова

The Impact of Climate Change on Forage Crop Production and the Sustainability of Livestock Farming in Moldova

Larisa Caisin^{*1}, Oleg Mashner², Elena Scripnic¹, Vitali Busev²

¹Technical University of Moldova, 168 Stefan cel Mare si Sfiant avenue,
MD-2004, Chisinau, Republic of Moldova

² Public Institution National Institute for Applied Research in Agriculture and Veterinary
Medicine, MD – 2070, Chişinău, str. Ialoveni, 100,
Republic of Moldova

*E-mail: larisa.caisin@mpasa.utm.md

РЕЗЮМЕ

Различните подходи към устойчивото земеделие, съобразено с климатичните промени, притежават значителен потенциал да смекчат неблагоприятните ефекти от глобалното затопляне, като в същото време повишат икономическата ефективност на животновъдния сектор. Устойчивото развитие на този сектор е неотменно свързано с осигуряването на постоянно наличие на висококачествени фуражи и суровини. Въпреки това, сезонните колебания в наличността на фуражи могат да

SUMMARY

Various approaches to climate-resilient agriculture have the potential to mitigate the negative impacts of climate change while enhancing the profitability of livestock farms.

The sustainable development of the livestock sector relies on the consistent production of high-quality feed and forage.

However, seasonal fluctuations in feed availability can lead to temporary

предизвикат временни дефицити, особено в периоди на засушавания. Тъй като наличието на достатъчни фуражни ресурси оказва благоприятно влияние върху състоянието на почвата, подобрява поглъщането на въглерод, създава възможности за генериране на доходи и намалява емисиите на парникови газове, настоящият преглед се фокусира върху ролята на климатично адаптираното производство на фуражи в подкрепа на животновъдството. Секторът на производството на фуражи представлява както предизвикателство, така и стратегически елемент в адаптацията към климатичните промени.

Проучването обхваща основните фактори, които определят емисиите на парникови газове, като основен двигател на глобалното затопляне. Разглеждат се също така въздействията на климатичните промени върху производството на фуражи, както и съответните управленски стратегии за смекчаване на техните неблагоприятни последици. Специално внимание е отделено на предизвикателствата и особеностите на постигането на екологична устойчивост в контекста на специфичните условия в Молдова.

Ключови думи: селскостопанско производство, динамика на засетите площи, климатични промени, фуражни култури, животновъдство.

УВОД

Селскостопанското производство е не само основен стълб на икономиката, но и тясно свързано с климатичните условия, което го прави особено уязвимо към измененията в климата (Bernstein et al., 2008). Екстремните климатични явления като горещини, суши и силни бури създават сериозни рискове за стабилността и продуктивността на селското

shortages, particularly during drought periods.

Given that sufficient feed resources contribute to improved soil health, increased carbon sequestration, income generation, and emission reductions, this review explores the role of climate-optimized feed production in supporting the livestock industry.

The feed production sector is both a challenge and a crucial element of climate change adaptation.

The study examines key factors driving greenhouse gas emissions, a major contributor to global warming.

It also analyzes the impact of climate change on feed production and explores management strategies to mitigate its adverse effects. Particular attention is given to the challenges and specific aspects of achieving environmental sustainability in Moldova's regions.

Keywords: agricultural production, dynamics of sown area, climate change, feed crops, livestock

INTRODUCTION

Agricultural production is inextricably linked to climate, making it one of the most vulnerable economic sectors to climate change (Bernstein et al., 2008).

Extreme weather events such as heatwaves, droughts, and severe storms pose significant threats to agriculture.

стопанство. В отговор на тези предизвикателства много държави, включително и Молдова, разработват стратегически мерки за адаптиране към промените в климата, като се има предвид и растящото глобално население, което увеличава нуждата от храна.

В икономиката на Република Молдова селското стопанство заема ключова роля, покривайки 57,7 % от територията на страната. Умереният климат, с мека и суха зима и топло лято, характеризирано с интензивни валежи в началото на сезона, създава подходящи условия за развитие на аграрния сектор (Sutton William and Jitendra, 2013). Селското стопанство остава основен елемент на агропромишления комплекс на страната, като осигурява повече от 15% от БВП и заетост за около 20-25% от работоспособното население. Въпреки това, приносът му към икономиката постепенно намалява в резултат на различни фактори като изменението на климата, остарелите технологии, ограничен достъп до международни пазари и финансови трудности. Интензивното земеделие и вредните екологични практики водят до деградация на почвите и намалена продуктивност. Промените в климата, изразяващи се в покачване на температурите, промени в режимите на валежи и повишеното количество екстремни метеорологични явления, застрашават не само земеделското производство, но и екологичното равновесие, включително управлението на мочурливите пасища, което от своя страна се отразява на поминъка на местното население (Brotherton and Joyce, 2015).

Решенията на свързаните с изменението на климата предизвикателства са описани в няколко международни споразумения, ратифицирани от Молдова. Тези споразумения служат за основа на

In response to substantial climate shifts, many countries are seeking effective adaptation strategies, as the growing global population increases the demand for food.

In the economy of the Republic of Moldova, agriculture plays a crucial role, covering 57.7% of the country's territory. The moderate climate, with mild and dry winters and warm summers with intense rainfall at the beginning of the season, supports the development of the agricultural sector (Sutton William and Jitendra, 2013).

The sector of agriculture remains the backbone of Moldova's agro-industrial complex, contributing more than 15% to GDP and providing a significant share of employment—about 20–25% of the economically active population is engaged in this sector. However, its contribution to the economy is gradually declining due to challenges such as climate change, outdated technologies, limited market access, and financial constraints. Intensive land use and environmentally harmful farming practices have led to decreased productivity and soil degradation.

Climate change, manifested through rising temperatures, shifts in precipitation patterns, and an increase in extreme weather events, poses a serious threat not only to agriculture but also to environmental balance, including the management of wet grasslands, which affects people's livelihoods (Brotherton and Joyce, 2015).

The solutions to climate change-related challenges are outlined in several international agreements ratified by Moldova.

These agreements serve as the

националните стратегии за смекчаване и адаптиране към изменението на климата. Ключови международни споразумения, подписани и ратифицирани от Молдова: - Рамкова конвенция на ООН по изменение на климата (РКООНИК) - има за цел да стабилизира концентрациите на парникови газове в атмосферата, за да се предотвратят опасни последици за климата, предизвикани от човешката дейност; Парижкото споразумение - ратифицирано от Молдова през 2017 г., има за цел да ограничи глобалното затопляне до под 2°C, като се полагат усилия то да остане на ниво от 1,5°C. По силата на това споразумение страната се ангажира да разработи и изпълни национално определен подход (НОП) за намаляване на емисиите на парникови газове; Протоколът от Киото - установява задължителни цели за намаляване на емисиите за развитите страни и икономиките в преход, включително Молдова.

Ратифицирането на тези споразумения насърчава Молдова да предприеме национални мерки като подобряване на енергийната ефективност, разширяване на използването на възобновяеми енергийни източници, подобряване на управлението на земите и горите, както и възприемането на по-устойчиви земеделски практики.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изследването е осъществено въз основа на данни и материали, предоставени от Националното статистическо бюро на Молдова, както и от наблюдения на Хидрометеорологичния център на Молдова и други съответни източници, свързани с климатичните промени. В световната научна практика периодът от 1961 г. до 1990 г. е широко приет като стандартен базов период за оценка на климатичните изменения.

За целите на анализа, данни за

foundation for national strategies to mitigate and adapt to climate change.

Key international agreements signed and ratified by Moldova: - The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) – aims to stabilize greenhouse gas concentrations in the atmosphere to prevent dangerous human-induced climate impacts;

The Paris Agreement – ratified by Moldova in 2017, aims to limit global warming to below 2°C, with efforts to keep it at 1.5°C.

Under this agreement, the country has committed to developing and implementing Nationally Determined Contributions (NDCs) to reduce greenhouse gas emissions; The Kyoto Protocol – establishes binding emission reduction targets for developed countries and economies in transition, including Moldova.

The ratification of these agreements drives the implementation of national measures such as improving energy efficiency, developing renewable energy sources, enhancing land and forest management, and adopting more sustainable agricultural practices.

MATERIAL AND METHODS

The research was conducted using materials and statistical data from the National Bureau of Statistics of Moldova, observations from the Hydrometeorological Center of Moldova, and other sources related to climate change.

In global scientific practice, the period from 1961 to 1990 is considered the standard baseline period for analyzing climate change.

Data on selected variables,

ключови климатични показатели и добиви от основни селскостопански култури в Молдова са събирани през последните шест десетилетия, обхващащи както периода преди, така и този след реформата.

За да се оцени степента на тези промени, територията на Молдова е разделена на три основни агроклиматични зони: Южна, Централна и Северна. Проучването обхваща анализа на динамиката в засетите площи с различни фуражни култури, сред които едногодишни и многогодишни треви, кореноплодни и грудкови култури, зърнени фуражи, култури за производство на силаж и други.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Селското стопанство е основен потребител на земни ресурси, но въпреки това земеделската земя остава в недостиг. Секторът функционира в контекста на комплексна система от природни фактори, сред които климатът и времето са сред най-динамичните и влиятелни. През последните няколко десетилетия общата площ на обработваемите земи е нараснала с приблизително 12%, което е еквивалентно на 159 милиона хектара от 1961 г. насам. По-голямата част от това разширяване обаче е осъществено за сметка на унищожаването на естествените екосистеми (Foley et al., 2005).

Земеделието е един от най-уязвимите сектори на икономиката, поради неговата зависимост от промените в природата. Загубите в селскостопанското производство, особено що се отнася до реколтите на земеделските култури, са пряко свързани с неблагоприятни климатични условия, като засушавания (Gringof et al., 2016).

Изменението на климата засилва тези предизвикателства, като

including various climatic indicators and the yield of major crops cultivated in Moldova, were collected over the past six decades, covering both the pre-reform and post-reform periods.

To assess changes in the structure of forage crop cultivation resulting from global climate change, the regions of Moldova were grouped into three main zones: Southern, Central, and Northern. The study focused on analyzing changes in the sown areas of forage crops, including annual and perennial grasses, root and tuber crops, grain fodder, silage crops, and others.

RESULTS AND DISCUSSION

Agriculture is the primary consumer of the planet's land resources, yet agricultural land remains in short supply. Agricultural production operates within a complex system of natural conditions, with climate and weather being the most dynamic and influential factors.

Over the past few decades, the total cultivated land area has increased by approximately 12%, or 159 million hectares since 1961, with most of this expansion occurring at the expense of natural ecosystems (Foley et al., 2005).

Sector of Agriculture is one of the most vulnerable in the economy due to its dependence on natural changes.

Crop yield losses are primarily linked to adverse conditions, especially droughts (Shi, et al. 2021).

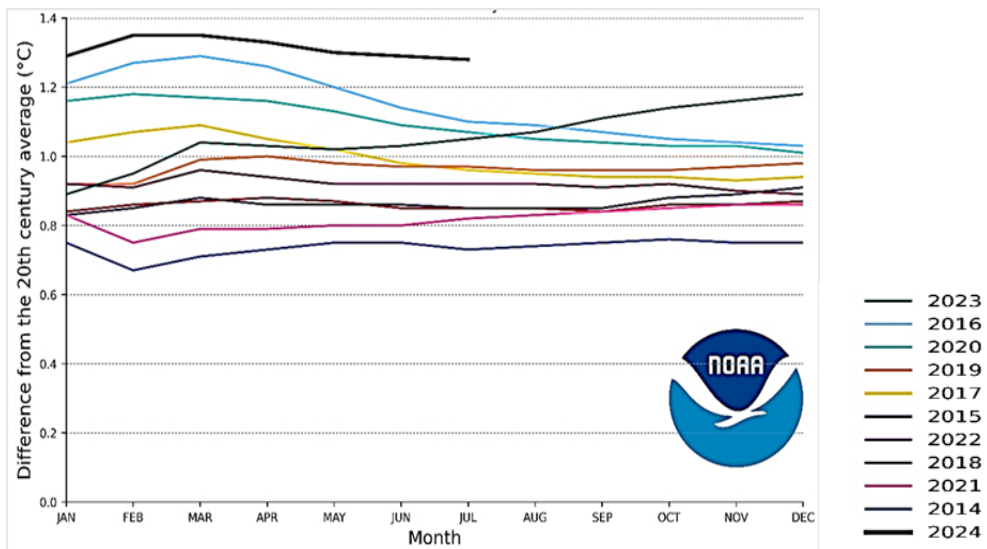
Climate change exacerbates agricultural challenges by reducing

намалява континенталността на климата, водещо до повишаване на температурите през есента, зимата и ранната пролет, както и през летните месеци. Това може да доведе до потенциално удължаване на вегетационния период, но и до увеличаване на засушаванията, които силно застрашават селскостопанската продукция. Освен това климатичните промени усилват въздействието на биотични и абиотични стресови фактори върху растенията, включително недостиг или излишък на вода и промени във видовия състав на плевелите.

Илюстрацията на тези климатични въздействия е представена на Фигура 1, която визуализира ефектите от климатичните промени върху аграрния сектор.

climate continentality (rising temperatures in autumn, winter, and early spring, as well as in summer months; potential extension of the growing season), increasing aridity, and intensifying the impact of various biotic and abiotic stress factors on plants (water deficiency or excess, changes in weed species composition).

Confirmation of the impact of the climate changes has been illustrated in the Figure 1.



Фиг. 1. Глобални температурни аномалии от началото на годината до момента за 2024 г. и 10-те най-топли години в историята *2024 Температури от началото на годината до момента за 2024 г. спрямо предходните години. 2024
Fig. 1. Global year – to - date temperature anomalies for 2024 and the 10-warmest years on record *2024 Year-to-Date Temperatures Versus Previous Years. 2024.
<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202407/supplemental/page-1>

Сравнението на годишните температурни аномалии за 2024 г. (черна линия) с десетте най-топли години в историята показва, че глобалните температури за първите седем месеца на 2024 г. са най-високите в историята от 1975 г. насам, като са с 1,28°C по-високи от средната стойност за 20-ти век, която е 13,8°C (Фигура 1) (NOAA, Национален център за информация за околната среда, 2024 г.). Това потвърждава тенденцията за ускорено глобално затопляне, като 2024 г. поставя нови рекорди, изправяйки човечеството пред безпрецедентни климатични условия.

През 2024 г. се наблюдава забележителен ръст на глобалните температури (Фигура 2), следвайки изключителното затопляне през 2023 г., когато тази година стана първата с ясно надвишаваща 1,5°C средна температура над преиндустриалните нива. Този праг е определен от Парижкото споразумение като критичен за намаляване на рисковете и въздействията от климатичните промени. През 2023 г. и началото на 2024 г. бяха счупени множество световни рекорди както за нивата на парниковите газове, така и за температурата на въздуха и температурата на морската повърхност. Това допринесе за екстремни климатични явления като наводнения, горещи вълни и горски пожари, които засегнаха различни региони по света. Данните от тези наблюдения ясно подчертават ускоряващото се въздействие на човешкото влияние върху климата и нарастващото натоварване върху планетата (Глобални климатични акценти за 2024 г.; Доклад за глобалната температура за 2024 г.).

Прогнозите на Междуправителствения панел за климатични промени (IPCC) показват, че при сценарии на значително

A comparison of annual temperature anomalies for 2024 (black line) with the ten warmest years on record—2023 (1st), 2016 (2nd), 2020 (3rd), 2019 (4th), 2017 (5th), 2015 (6th), 2022 (7th), 2018 (8th), 2021 (9th), and 2014 (10th)—demonstrates that global surface temperatures for January to July 2024 were the highest in the 1975-year record, 1.28°C above the 20th-century average of 13.8°C (fig. 1) (NOAA National Centers for Environmental Information, 2024).

2024 saw unprecedented global temperatures (Figure 2), following on from the remarkable warmth of 2023.

It also became the first year with an average temperature clearly exceeding 1.5°C above the pre-industrial level – a threshold set by the Paris Agreement to significantly reduce the risks and impacts of climate change.

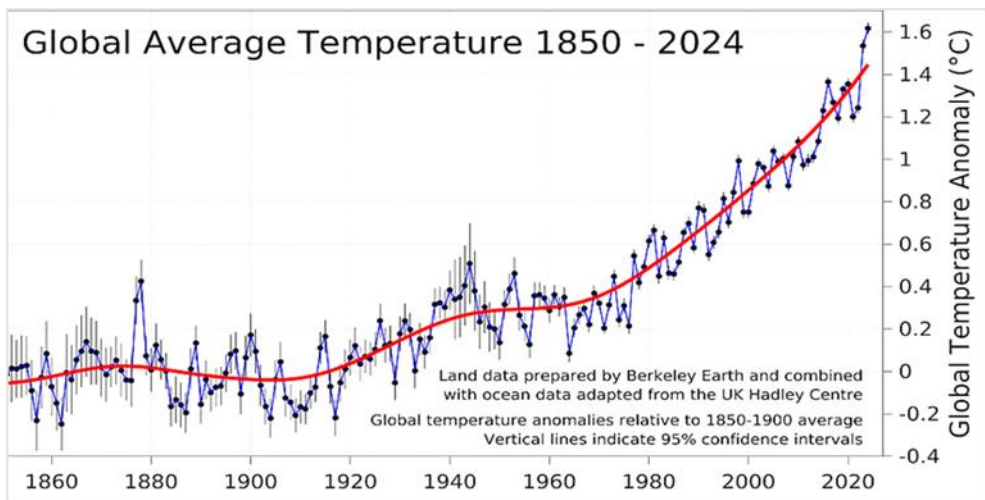
Multiple global records were broken, for greenhouse gas levels, and for both air temperature and sea surface temperature, contributing to extreme events, including floods, heatwaves and wildfires.

These data highlight the accelerating impacts of human-caused climate change (Global Climate Highlights 2024; Global Temperature Report for 2024).

According to IPCC projections, under scenarios of significant warming leading to a local increase in average temperature by 3-4°C or more, models

затопляне, при което локалните температури се повишават с 3-4°C или повече, съществуващите земеделски системи ще изпитат сериозни негативни последици. Моделите предвиждат значително намаляване на селскостопанската производителност, което ще постави под заплаха глобалната продоволствена сигурност и ще задълбочи икономическите и социални неравенства, свързани с климатичните промени (Vicente-Serrano et al., 2024).

based on existing agricultural systems predict a major negative impact on agricultural productivity (Vicente-Serrano et al., 2024).



Фиг. 2. Глобални средни температурни аномалии 1850-2024 г.*

***Доклад за глобалната температура за 2024 г.**

Fig. 2. Global average temperature anomalies 1850-2024*

***Global Temperature Report for 2024**

Информацията за климатичните рискове при отглеждането на култури служи като ценен индикатор за съвременното изменение на климата и предоставя основа за оценка на ефективността на предприетите мерки за адаптация в селскостопанския сектор (Pavlova et al., 2020). В този контекст, Молдова се откроява като една от най-уязвимите страни в Европа спрямо въздействието на климатичните промени. Засилващите се климатични екстремуми като суши, наводнения и силни ветрове се

Information on climate-related risks for crop cultivation serves as an indicator of contemporary climate change and can provide a basis for assessing the effectiveness of adaptation measures in the agricultural sector (Pavlova et al., 2020).

Moldova is one of the most vulnerable countries in Europe to the impacts of climate change.

Climate change is making natural

превръщат в сериозно предизвикателство за страната, като правят природните бедствия по-чести и по-интензивни.

Анализът на климатичните данни за Република Молдова показва, че през последните десетилетия честотата на сушаванията е значително нараснала. През последните 10 години, в северния регион на страната сушаванията се наблюдават 1-2 пъти, в централния – 2-3 пъти, а в южните региони – 5-6 пъти. Най-голямото увеличение на тези екстремни събития се наблюдава през последните три десетилетия. От 1986 г. насам средната годишна температура в Молдова е нараснала с повече от 1°C, като през 2020 г. тя е достигнала 10,6°C, спрямо 9°C през 1986 г. (Notepad Moldova).

През периода между 1990 и 2012 г. страната преживя сериозни суши, които доведоха до съществени намаления в добивите от земеделските култури през години като 1990, 1992 и 2003. Сушата играе важна роля в процеса на деградация на почвите, което създава сериозна заплаха за стабилността на почвените ресурси в страната. Въпреки че сушите съставляват само 13 % от всички климатични рискове, те генерират 67 % от икономическите загуби на Молдова. Съществува и нарастващ риск от опустиняване, като три четвърти от територията на страната са подложени на екстремен риск, усилен както от сушите, така и от неустойчивите селскостопански практики (Ternavschi and Taku, 2024).

За Молдова климатичната сигурност е основополагащо условие за устойчив икономически и социален растеж. Според оценки на Световната банка, ако не бъдат предприети решителни действия по отношение на изменението на климата, икономическите загуби на страната ще надхвърлят 600 млн. долара, като годишните загуби ще съставляват

disasters more frequent and intense, meaning the country is facing extreme events more often and with greater difficulty: droughts, floods, and strong winds.

In the Republic of Moldova, the analysis of climate data has shown that the frequency of droughts over a 10-year period is, on average, 1–2 droughts in the northern region, 2–3 in the central region, and 5–6 in the southern regions of the country, with the frequency increasing, especially over the past three decades. Since 1986, Moldova has experienced a steady increase in temperature. While the average annual temperature was 9°C in 1986, it had risen to 10.6°C by 2020 (Notepad Moldova).

Between 1990 and 2012, Moldova experienced significant droughts that considerably reduced crop yields in 1990, 1992, and 2003.

These droughts contribute to soil degradation, posing a serious threat to the stability of land resources and potentially diminishing the country's ability to adapt to climate change.

Although droughts account for only 13% of total climate risks, they are responsible for 67% of the country's economic losses. Three-quarters of Moldova's territory faces an extreme risk of desertification, exacerbated by both drought and unsustainable agricultural practices (Ternavschi and Taku, 2024).

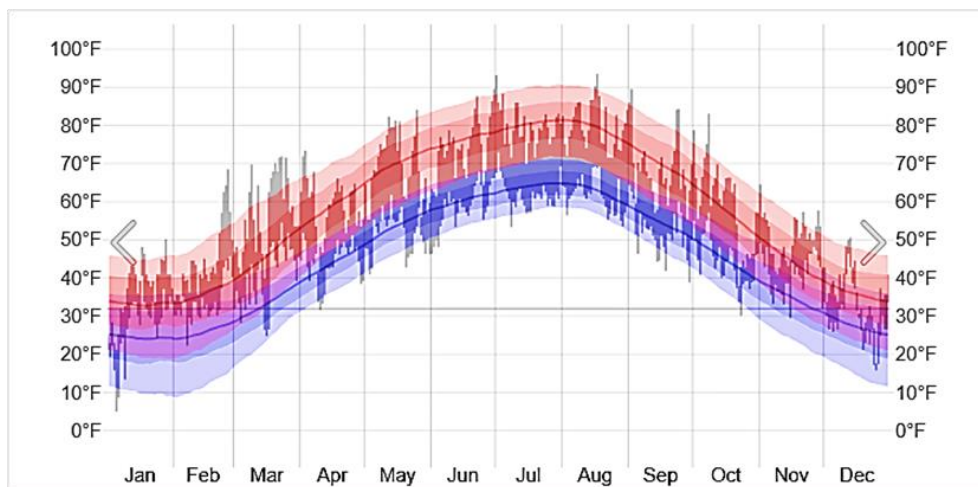
For Moldova, climate security is a crucial condition for sustainable economic and social growth.

According to World Bank estimates, the total economic losses from inaction on climate change have exceeded \$600 million, with annual losses to the national economy averaging 2.13% of GDP or \$95 million (Lindsey and Dahlman, 2024).

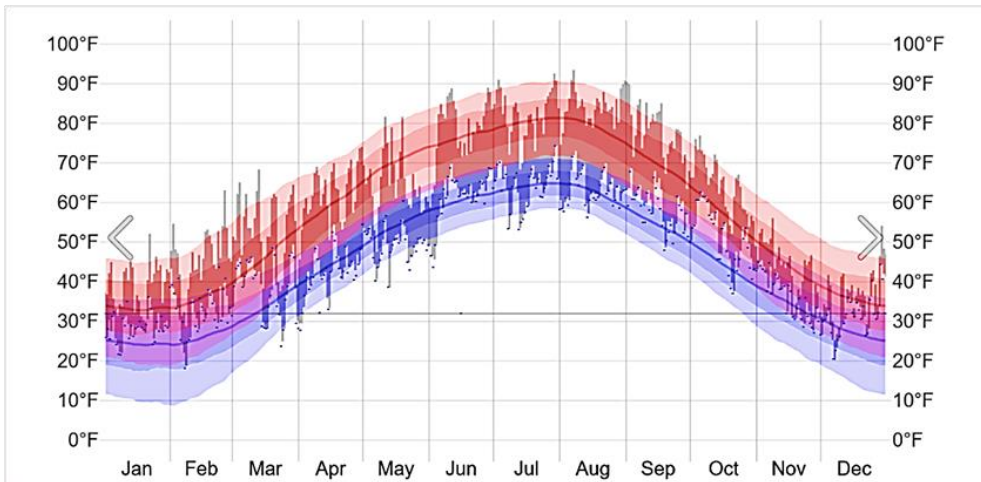
около 2,13 % от БВП, което е равностойно на 95 млн. долара (Lindsey and Dahlman, 2024).

Прогнозите за климатичната ситуация в Молдова до 2050 г. сочат към сериозни затруднения. Очаква се средната температура да нарасне с около 3°C, докато валежите ще намаляват (История на времето в Кишинев, Молдова). Тези прогнози, представени на Фигури 3-5, подчертават необходимостта от адаптиране към новите климатични условия и предприемане на мерки за защита на селското стопанство и икономиката на страната.

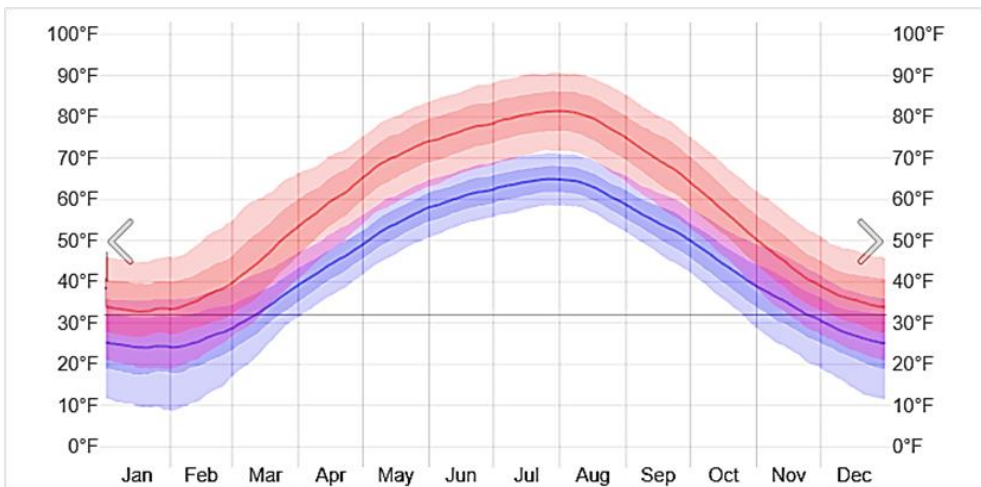
In the projected scenario for Moldova by 2050, trends indicate a temperature increase of up to approximately 3.0°C and a decrease in precipitation (Weather History at Kisinev Moldova), (fig. 3-5).



Фиг. 3. История на температурните промени в Молдова през 1990 г.
Fig. 3. History of temperature changes in Moldova in 1990



Фиг. 4. История на температурните промени в Молдова през 2000 г.
Fig. 4. History of temperature changes in Moldova in 2000



Фиг. 5. История на температурните промени в Молдова през 2024 г.
Fig. 5. History of temperature changes in Moldova in 2024

Селското стопанство е изправено пред значителни предизвикателства, предизвикани от глобалните климатични промени, като същевременно играе важна роля като основен източник на парникови газове, които усилват тези промени (Kang and Banga, 2013). Дългосрочните

Agriculture faces significant challenges as a result of climate change, while at the same time being a major source of greenhouse gases that contribute to this change (Kang and Banga, 2013).

Long term climate change, coupled

климатични изменения, съпътствани от увеличаване на екстремните метеорологични явления, оказват сериозно влияние върху производителността на земеделските култури.

Неблагоприятните климатични условия, особено сушите, имат сериозно отрицателно въздействие върху добивите на хектар, а прогнозите показват, че екстремните климатични явления ще се усилват в бъдеще. Преките последици върху селското стопанство включват намаляване на производството и увеличаване на проблемите с вредителите и болестите по растенията, което води до нестабилност на цените и промени в структурата на посевите. Това е особено важно за страните като Молдова, където фуражните култури играят ключова роля в развитието на животновъдния сектор.

Промените в климатичните условия водят и до изместване на оптималните региони за отглеждане на определени култури, което намалява наличността на фуражи и влияе върху производството на животински продукти. Ключови усложняващи фактори са:

- 1) дългосрочните промени в средните климатични показатели, които изместват подходящите региони за отглеждане на култури, и

- 2) увеличаването на екстремните метеорологични явления, което поставя под въпрос продоволствената сигурност поради промени в нивата на валежите и температурите (Gregory et al., 2005).

В Република Молдова през последните десетилетия се наблюдава значителен спад в производството на фуражни култури (Фигура 6). Това се дължи на промени в структурата на селското стопанство, поземлените реформи и деградацията на почвите, като липсата на напоителна инфраструктура е допълнителен

with an increased frequency of extreme weather events, will have a negative impact on the agricultural sector, often leading to undesirable macroeconomic side effects.

Adverse climatic conditions, particularly destructive droughts, negatively affect crop productivity per hectare, and extreme climatic events are expected to persist and intensify in the future.

Direct impacts on agricultural production, along with declining yields due to increasing problems with pests and plant diseases, in turn lead to price fluctuations in the market and changes in crop structures.

Crop formation and product quality are constantly influenced by the prevailing weather conditions.

Recently, there has been a shift in the regions where certain agricultural crops are grown due to climate change, which, in turn, has led to a reduction in the fodder base— a key factor in livestock development.

Two complicating factors can be predicted:

- 1) long-term changes in average climate indicators, gradually shifting the optimal areas for growing specific crops, and

- 2) an increase in extreme weather events, which reduces food security due to changes in precipitation or temperature levels (Gregory et al., 2005).

In recent decades, the Republic of Moldova has experienced a significant decline in agricultural production, including forage crops (Figure 6), primarily due to changes in the structure of agriculture, land reform, and a decrease in productivity associated with soil degradation and the lack of irrigation infrastructure.

фактор.

През последните десетилетия Република Молдова е свидетел на значителен спад в селскостопанското производство, включително в производството на фуражни култури (Фигура 7), което може да се обясни с промени в структурата на земеделието, реформи в аграрния сектор и намаляване на производителността, предизвикано от деградацията на почвите и липсата на необходимата напоителна инфраструктура. През 2023 г. обаче селскостопанското производство в страната отбеляза значителен ръст от 24%, като основен фактор за този напредък е значителното увеличение на производството на земеделски култури.

Въпреки това, през 2024 г. се наблюдава спад от 15 % в общото земеделско производство, като най-големият спад е в производството на растителни култури, което се е понижило с 23%. От друга страна, производството на животински продукти е нараснало с 5,7 % през 2023 г., а през 2024 г. е отчетен ръст от 6,6 %, като производството на мляко се е увеличило с 2,3 %, а на яйца – с 3,4 % (Cristea, 2025).

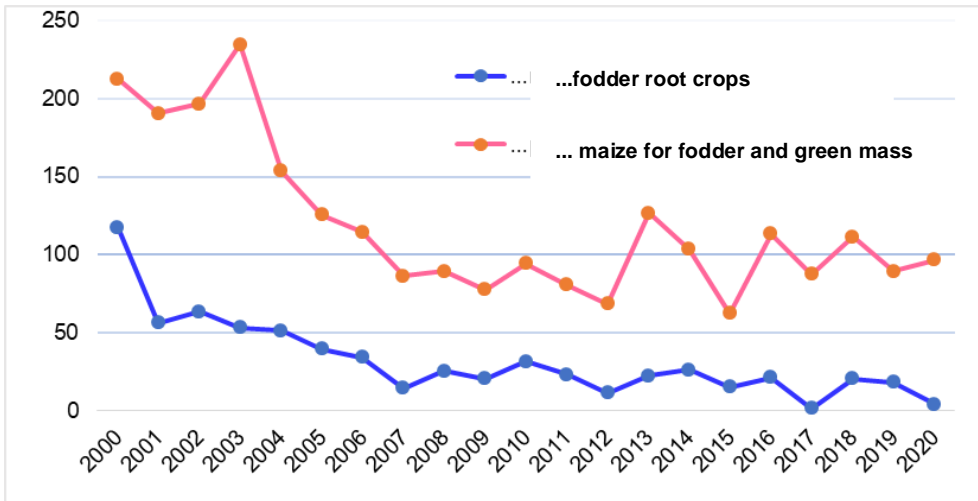
Селското стопанство на Молдова остава важен сектор, но през последните години неговото значение за националната икономика е намаляло. През 2020 г. то е допринесло за 9,5% от БВП на страната, през 2021 г. този дял се е увеличил до 10,4 %, но през 2022 г., когато страната бе засегната от тежка суша, той спадна до 7,9 %. През 2023 г. секторите земеделие, горско стопанство и рибарство са допринесли за 2,6 % ръст на БВП, а общият дял на тези сектори в икономиката на Молдова е бил около 7,6% (Economy of Moldova).

Over the past decades, the Republic of Moldova has seen a significant decline in agricultural production, including forage crops (Figure 7), primarily due to changes in the structure of agriculture, land reforms, and productivity decline associated with soil degradation and the lack of irrigation infrastructure.

In 2023, Moldova's agricultural output grew by 24%, mainly due to a significant increase in crop production. Moldova's agricultural production fell by 15% in 2024, due to a 23% decrease in crop production.

However, the output of animal products rose by 5.7% last year. In 2024, livestock production climbed by an annual 6.6%, driven by a 16% increase recorded by agricultural businesses, whereas household production fell by 5.1%. Milk production saw a 2.3% uptick, while egg production inched up by 3.4% (Cristea, 2025).

Agriculture in Moldova accounts for no more than a tenth of the GDP. In 2020, the share of the agricultural sector in GDP formation was 9.5%, in 2021 it increased to 10.4%, and in 2022, when the country was hit by a severe drought, it dropped to 7.9%. In 2023, agriculture, forestry, and fisheries contributed a 2.6% growth to GDP, and the overall share of these sectors in Moldova's economy was approximately 7.6% (Economy of Moldova).



Фиг. 6. Селскостопански култури в Молдова, хил. тона
Fig.6. Agricultural crops in Moldova, thousand tons

Селското стопанство в Република Молдова е основен икономически сектор, като през 2021 г. общата стойност на продукцията достига 48,1 милиарда леи, а през 2022 г., когато страната беше засегната от тежка суша, тя спада до 40,6 милиарда леи. Значителната част от този спад идва от растениевъдството, което е основният компонент на аграрния сектор, генерирайки 27,2 милиарда леи, докато животновъдството допринася с 12,7 милиарда леи. Селскостопанските услуги съставляват малка част – 700 милиона леи. Растениевъдството продължава да доминира, като осигурява две трети от общата продукция (Cara and Musca, 2022).

Въпреки силното значение на селското стопанство за икономиката, както растениевъдството, така и животновъдството имат сериозен принос за емисиите на парникови газове, които се увеличават в резултат на изменението на климата. Според данни от изследванията на (Tubiello et al., 2015), селското стопанство е отговорно за около 11,2% от общите емисии на парникови газове.

In a favorable year for agriculture, 2021, agricultural production reached 48.1 billion lei, while in the drought-stricken 2022, it fell to 40.6 billion lei.

The largest portion of Moldova’s agricultural sector is crop production—27.2 billion lei—followed by livestock production at 12.7 billion lei, with the remaining 700 million lei attributed to agricultural services.

As it can be seen, crop production dominates the sector, contributing two-thirds of total agricultural output (Cara and Musca, 2022).

However, both crop and livestock production have recently surpassed land use change and deforestation in terms of greenhouse gas emissions, contributing 11.2% of total emissions (Tubiello et al., 2015).

Moldova tracks and evaluates greenhouse gas emissions through a national inventory process. Assessments

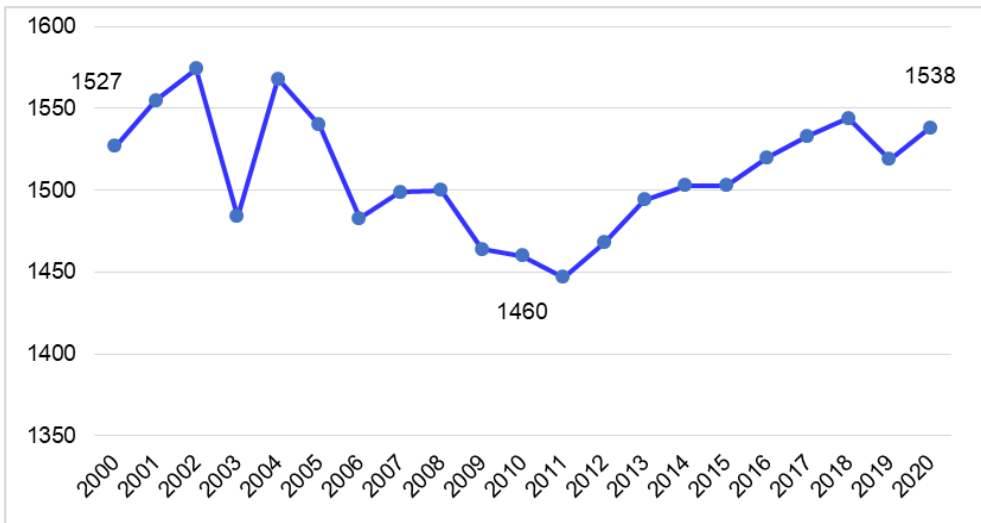
Молдова следи и оценява емисиите на парникови газове чрез процеса на национална инвентаризация, който е част от задълженията по Рамковата конвенция на ООН за климатични промени (UNFCCC). Оценките са извършвани редовно през различни години, включително 2000, 2010, 2014, 2016, 2018, 2019, 2021 и 2023 г. Също така, от 2003 до 2006 г., Програмата за развитие на ООН проведе регионална програма за укрепване на капацитета за инвентаризация на парникови газове, като част от усилията за справяне с климатичните промени.

Между 1990 г. и 2020 г. Молдова отбелязва значителен спад в емисиите на парникови газове. Общо емисиите на CO₂ еквивалент са намалели с около 69,8 % – от 45,248 млн. тона през 1990 г. до 13,662 млн. тона през 2020 г. Нетните емисии на парникови газове също намаляват с около 68,7 % през същия период, от 43,591 млн. тона CO₂ еквивалент през 1990 г. до 13,658 млн. тона през 2020 г.

were conducted in 2000, 2010, 2014, 2016, 2018, 2019, 2021, and 2023 as part of Moldova's National Communication under the UNFCCC.

Furthermore, from 2003 to 2006, the Regional Program for Strengthening Capacities in Greenhouse Gas Inventory (2005) was implemented by the UN Development Program, conducting assessments during that period.

Between 1990 and 2020, Moldova experienced a trend toward decreasing total GHG emissions, expressed in CO₂ equivalent, which dropped by approximately 69.8%—from 45.248 million tons of CO₂ equivalent in 1990 to 13.662 million tons in 2020. Net GHG emissions also decreased by about 68.7% during the same period, falling from 43.591 million tons of CO₂ equivalent in 1990 to 13.658 million tons in 2020.



Фиг. 7. Засети площи (общо) в Молдова, хил. хектара
Fig. 7. Sown areas (total) in Moldova, thousand hectares

От селскостопанския сектор се очакваше да предприеме редица действия, насочени към развитие с понижени емисии. По-конкретно, целите, свързани с изменението на климата, в Стратегията за околната среда за периода 2014-2023 г. и Плана за действие към нея, одобрени с Решение на правителството № 301/2014 г., бяха насочени към: „Интегриране на принципите за опазване на околната среда, устойчивото развитие и зеления икономически растеж, адаптиране към изменението на климата във всички сектори на националната икономика“, „Осигуряване на рационално използване, опазване и съхраняване на природните ресурси“ и „Създаване на интегрирана система за управление на качеството на въздуха, намаляване на емисиите на замърсители с 30% до 2023 г. и намаляване на емисиите на парникови газове с поне 20% до 2020 г. в сравнение с базовия сценарий“.

В този контекст стратегията включва подобряване на качеството на почвите и екологично възстановяване на деградирани земи, засегнати от свлачища, и осигуряване на 100% защита на буферните зони на земеделските земи, както и устойчиво управление и опазване на минералните ресурси. Важно условие за преминаване към устойчиво земеделие беше намаляването на броя на почвените дейности чрез прилагането на консервативни системи за обработка на почвата като „мини-тил“ и „без-тил“.

Според докладите за изпълнението на Националната стратегия за развитие на земеделието и селските райони за периода 2014-2020 г. на Министерството на земеделието и хранителната промишленост, площта на земеделските земи, обработвани по технологията no-till/mini-till, варира между 51 000 и 133 500 хектара

The agricultural sector was expected to undertake several actions aimed at development with reduced emissions. Specifically, the objectives related to climate change in the Environmental Strategy for 2014-2023 and its Action Plan, approved by Government Decision № 301/2014, was focused on: “Integrating environmental protection principles, sustainable development, and green economic growth, adapting to climate change across all sectors of the national economy,” “Ensuring rational use, protection, and conservation of natural resources,” and “Creating an integrated air quality management system, reducing pollutant emissions by 30% by 2023, and reducing greenhouse gas emissions by at least 20% by 2020, compared to the baseline scenario.”

In this context, the strategy included improving of the soil quality and the ecological restoration of degraded lands affected by landslides, and ensuring 100% protection of agricultural land buffers, along with sustainable management and protection of mineral resources. An important condition for transitioning to sustainable agriculture was reducing the number of soil operations through the implementation of conservative tillage systems such as "mini-till" and "no-till."

According to the Reports on the implementation of the National Agricultural and Rural Development Strategy for 2014-2020 by the Ministry of Agriculture and Food Industry, the area of agricultural land cultivated using the no-till/mini-till technology varied between 51,000 and 133,500 hectares annually between 2013 and 2019. This was largely due to subsidies allocated for the

годишно в периода 2013-2019 г. Това до голяма степен се дължи на субсидиите, отпуснати за земеделската техника, закупена от земеделските стопани чрез инвестиционни проекти като IFAD-V, IFAD-VI, MAC-P и 2KR.

Съгласно Правителствено решение № 455/2017 г. относно разпределението на средствата от FNDAMR за субсидиране на селскостопанска техника, включително оборудване за мини- и no-till, през 2022 г. са подадени 10 864 искания за финансова помощ с общ размер на исканата субсидия от 1 793,8 млн. леи. В сравнение с 2021 г. размерът на субсидията, поискана от земеделските производители през 2022 г., се е увеличил с 442,1 млн. леи. От финансовите източници на FNDAMR за 2022 г. Агенцията за плащания и интервенции в селското стопанство (AIPA) изплати слединвестиционни субсидии в размер на 1 253,9 млн. леи, или 72% от общата стойност на FNDAMR.

Освен това селскостопанският сектор на Молдова е изправен пред необходимостта от модернизация и преминаване към по-устойчиви и продуктивни практики. Внедряването на нови технологии, подобряването на инфраструктурата, диверсификацията на производството и повишаването на конкурентоспособността на международните пазари могат да допринесат за по-нататъшното развитие на сектора и да подобрят условията за заетост (икономически растеж на Молдова).

Съгласно Правителствено решение № 464/2023 относно одобряване на Наредба за субсидиране от Националния фонд за развитие на земеделието и околната среда в селските райони (FNDAMR), правителството на Република Молдова насърчава инвестициите в технологии за опазване на почвите чрез субсидии за закупуване на трактори и

agricultural machinery purchased by farmers through investment projects such as IFAD-V, IFAD-VI, MAC-P, and 2KR.

According to Government Decision № 455/2017 on the distribution of FNDAMR funds for subsidizing agricultural machinery, including mini-till and no-till equipment, 10,864 requests for financial support were submitted in 2022, totaling a requested subsidy amount of 1,793.8 million lei.

Compared to 2021, the subsidy amount requested by agricultural producers in 2022 increased by 442.1 million lei. From the financial sources of FNDAMR for 2022, the Agency for Payments and Intervention in Agriculture (AIPA) disbursed post-investment subsidies amounting to 1,253.9 million lei, or 72% of the total value of FNDAMR.

Beside that the agricultural sector of Moldova faces the necessity of modernization and transitioning to more sustainable and productive practices. Implementing new technologies, improving infrastructure, diversifying production, and enhancing competitiveness in international markets can contribute to the further development of the sector and improve employment conditions (Moldova's economic growth).

Under Government Decision № 464/2023 regarding the approval of the Subsidy Regulation from the National Fund for Agricultural and Rural Environment Development (FNDAMR), the Government of the Republic of Moldova encourages investment in soil conservation technologies through subsidies for purchasing tractors and equipment intended for conservative

оборудване, предназначени за консервативно земеделие. Тази мярка за субсидиране е била прилагана и преди в публичните политики за подпомагане на земеделските производители.

Освен това прилагането на добри земеделски практики, като мярка за подпомагане на местните земеделски стопани, има за цел да повиши плодородието на почвата и да намали въздействието на синтетичните торове върху нея чрез засяване на бобови култури като грах, фасул, нахут, леща и соя.

ИЗВОДИ

Селското стопанство е основен сектор на националната икономика, който е особено уязвим на въздействието на изменението на климата, тъй като производствените резултати зависят от множество променливи фактори. Ключов елемент е природната среда, която включва количеството, разпределението и характера на валежите през вегетационния период и цялата година, както и температурните условия на въздуха и почвата, които оказват влияние върху графика на полските работи и други аспекти от селскостопанското производство.

Глобалното изменение на климата представлява сериозна заплаха за селското стопанство, водеща до намаляване на продуктивността, нестабилност в обемите на производството и доходите, дори в държави с високо ниво на продоволствена сигурност. За да се гарантира по-продуктивно и устойчиво селско стопанство, е необходимо рационално използване на природните ресурси като земя, вода, почва и генетични ресурси, както и прилагане на пестящи ресурси земеделски практики и принципи на устойчивото развитие. Глобалното затопляне, включително и в Република

agriculture. This subsidy measure has been previously implemented in public policies supporting farmers.

Additionally, the implementation of good agricultural practices, as a measure to support local farmers, aims to increase soil fertility and reduce the impact of synthetic fertilizers on the soil through the sowing of leguminous crops such as peas, beans, chickpeas, lentils, and soybeans.

CONCLUSIONS

Agriculture is an important sector of the national economy that is particularly vulnerable to the impacts of climate change, as agricultural production outcomes depend on numerous factors.

A key factor is the natural environment, characterized by the quantity, timing, and nature of atmospheric precipitation during the growing season and the year as a whole, along with the temperature conditions of air and soil, which influence the timing of fieldwork and other aspects.

Global climate change poses serious threats to agriculture, including reduced productivity, instability in production volumes and incomes, even in countries with a high level of food security.

To ensure a more productive and sustainable agriculture, it is essential to use natural resources such as land, water, soil, and genetic resources more rationally, utilizing resource-saving farming practices and principles of sustainable development.

Global warming, including in Moldova, will

Молдова, ще има както положителни, така и отрицателни последици за селскостопанското производство в бъдеще, в зависимост от различията в агроклиматичните зони.

Във времеви рамки от десетилетие средната годишна температура на въздуха в Молдова се увеличава с 0,3 до 0,4°C. Възможните ефекти от климатичните промени върху производството на фуражни култури и устойчивостта на животновъдството в страната стават все по-забележими. Повишените температури, промените в режимите на валежи и нарастващата честота на екстремни метеорологични явления поставят значителни предизвикателства пред селскостопанската производителност и създават потенциални рискове за дългосрочната стабилност на сектора. Въпреки това, чрез подходящи стратегии за адаптиране, като например оптимизиране на водните ресурси, внедряване на устойчиви на засушаване сортове култури и насърчаване на устойчиви земеделски практики, Молдова може да смекчи част от тези отрицателни въздействия.

От решаващо значение е да се концентрираме върху повишаване на устойчивостта на земеделския и животновъдния сектор чрез инвестиции в технологии, съобразени с климатичните условия, и чрез подобряване на практиките за управление на земята. Селското стопанство има двойствена роля в контекста на изменението на климата – както като източник на парникови газове, така и като потенциален поглъщател на въглерод. Устойчивите практики като агролесовъдство и органично земеделие могат да намалят емисиите и да подобрят съхранението на въглерод в почвата, като така спомагат за смекчаване на климатичните промени. Това ще бъде от съществено значение за гарантиране на бъдещата устойчивост

have both positive and negative effects on agricultural production in the future, depending on agro-climatic zones.

Moldova faced an increase in the average annual air temperature by 0.3 to 0.4°C every 10 years.

The effects of climate change on forage crop production and the sustainability of livestock farming in Moldova are becoming increasingly evident.

Rising temperatures, changing precipitation patterns, and extreme weather events pose significant challenges to agricultural productivity, with potential risks to the long-term stability of the sector.

However, with proper adaptation strategies, such as the optimization of water usage, the introduction of drought-resistant crop varieties, and the promotion of sustainable farming practices, Moldova can mitigate some of these negative impacts.

It is crucial to focus on enhancing the resilience of both the agricultural and livestock sectors by investing in climate-smart technologies and improving land management practices.

Furthermore, addressing the dual role of agriculture in both contributing to and mitigating climate change through carbon sequestration and emissions reduction will be essential in ensuring the sector's future sustainability.

Ultimately, a collaborative approach, involving policymakers, farmers, and the scientific community, will be key to developing adaptive solutions that support the resilience of Moldova's agriculture in the face of a changing climate.

на сектора. В крайна сметка, съвместният подход, който включва взаимодействието на политици, земеделски стопани и научна общност, ще бъде от ключово значение за разработването на адаптивни решения, подкрепящи устойчивостта на селското стопанство в Република Молдова в условията на променящия се климат.

БЛАГОДАРНОСТИ

Това проучване бе проведено и финансирано в рамките на проекта за научни изследвания и иновации „Повишаване на екологичната устойчивост на животновъдството чрез управление на напояваните фуражни култури с акцент върху устойчивостта на животновъдния сектор към изменението на климата“ (2024-2025), код на проекта 23.70105.5107.03, подкрепен от Националната агенция за научни изследвания и развитие на Република Молдова.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was carried out and financed as part of the research and innovation project "Enhancing the ecological sustainability of animal production through the management of irrigated forage crops, focusing on the resilience of the livestock sector to climate change" (2024-2025), project code 23.70105.5107.03, supported by the National Agency for Research and Development of the Republic of Moldova.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Bernstein, L., P. Bosch, O. Canziani, Z. Chen, R. Christ and K. Riahi**, 2008. Climate Change. IPCC, Synthesis Report. Geneva: IPCC. ISBN 2-9169-122-4. <https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/8667/>
2. **Brotherton J. S. and Ch. B. Joyce**, 2015. Extreme climate events and wet grasslands: plant traits for ecological resilience. *Hydrobiologia*, Volume 750. pp.229–243. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-014-2129-5>
3. **Cristea Alexandru.**, 2025. Moldova's 2024 agricultural production drops on lower crop output. <https://seenews.com/news/moldovas-2024-agricultural-production-drops-on-lower-crop-output-1271482>
4. **Economy of Moldova**, 2025. https://en.wikipedia.org/wiki/Economy_of_Moldova
5. **Foley J. A., R. DeFries, G. P. Asner, C. Barford, G. Bonan, S. R. Carpenter, F. S. Chapin, M. T. Coe, G. C. Daily, H. K. Gibbs, J. H. Helkowski, T. Holloway, E. A. Howard, C. J. Kucharik, C. Monfreda, J. A. Patz, I. C. Prentice, N. Ramankutty and P. K. Snyder**, 2005. Global Consequences of Land Use. *Science*. American Association for the Advancement of Science, 1200 New York Avenue NW, Washington, DC 20005. pp.570-574. https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rome2007/docs/Global_Consequences_of_Land_Use.pdf
<https://library.wmo.int/viewer/45703/?offset=6#page=6&viewer=picture&o=bookmarks&n=0&q=>
6. **Gregory, P. J., J. S. I. Ingram and M. Brklacich**, 2005. Climate Change and Food Security, *Philosophical Transactions of the Royal Society B* .pp.2139-2148.

<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2005.1745>

7. Global Climate Highlights, 2024. <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2024>;

8. Global Temperature Report for 2024. <https://berkeleyearth.org/global-temperature-report-for-2024/>

9. Hydrometeorological Center of Moldova, 2025.

https://www.meteo.md/index.php/en/about/hydrology-center_en/

10. Kang, M. S. and S. S. Banga, 2013. Global Agriculture and Climate Change, *Journal of Crop Improvement* 27 (6), pp. 667-692.

<https://www.tandfonline.com/doi/epub/10.1080/15427528.2020.1764219?needAccess=true>

11. Cara, M. and S. Musca, 2022. Agro-industrial complex of the Republic of Moldova - its features, management and composition. In: *News, education, culture*, Ed. 1, October 21, 2022, Chisinau. Comrat: University of State in Comrat, 2023, Vol.1, pp. 203-210. ISBN 978-9975-83-254-0; 978-9975-83-255-7.

12. Lindsey R. and L. Dahlman, 2024. Climate Change: Global Temperature, 2024. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climatechange-global-temperature>].

13. Moldova's economic growth flattish in 2024. 2025.

<https://seenews.com/news/moldovas-economic-growth-flattish-in-2024-1272421>

14. National bureau of statistics of the Republic of Moldova.

<https://statistica.gov.md/en>

15. NOAA National Centers for Environmental Information, Monthly Global Climate Report for July, 2024. Published online August 2024.

https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202407/supplemental/page-16_30.08.2024

16. Notepad Moldova <https://bloknot-moldova.ru/news/v-moldove-ischezayut-zimy-srednyaya-temperatura-v—1308961>

17. Pavlova, V. N., A. A. Karachenkova, S. E. Varcheva and N. M. Sinitsyn, 2020. Assessment Approach of the Spatial Wheat Cultivation Risk for the Main Cereal Cropping Regions of Russia. In: *Mirschel, W., Terleev, V., Wenkel, KO. (eds) Landscape Modelling and Decision Support. Innovations in Landscape Research*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37421-1_19

18. Ternavschi V. and E. Taku, 2024. Climate Security in the Republic of Moldova. 2024, https://pisa.md/wp-content/uploads/2024/07_-1.pdf

19. Tubiello, F. N., M. Salvatore, A. F. Ferrara, J. House, S. Federici, S. Rossi, R. Biancalani, R. D. Condor Golec, H. Jacobs, A. Flammini, P. Prospero, P. Cardenas-Galindo, J. Schmidhuber, M. J. Sanz Sanchez, N. Srivastava and P. Smith, 2015. The contribution of agriculture, forestry and other land use activities to global warming, 1990-2012. *Global Change Biology* 21, (7), 2655-2660

20. Sutton R. W. and J. P. Srivastava, 2013. Reducing the Vulnerability of Moldova's Agricultural Systems to Climate Change. ResearchGate,

<https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/cc688e51-d577-5be7-95bd-85e12b044fbe>

21. Shi, W, M. Wang and Y. Liu, 2021. Crop yield and production responses to climate disasters in China. *Sci Total Environ*. 2021 Jan 1;750:141147. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141147. Epub 2020 Jul 24. PMID: 32853939.

22. Weather History at Kisinev Moldova,

<https://weatherspark.com/h/y/148612/1990/Historical-Weather-during-1990-at-Kisinev-Moldova#Figures-Temperature>

23. Vicente-Serrano S. M., N. G. Pricope and A. Toreti, 2024. The Global Threat of Drying Lands: Regional and global aridity trends and future projections. UNCCD.156 p.(Eng).

https://www.unccd.int/sites/default/files/2024-12/aridity_report.pdf

24. 2024 Year-to-Date Temperatures Versus Previous Years. 2024.

[https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202407/supplemental/page-1,](https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202407/supplemental/page-1)