

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 633.853.52:551.583

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-4-304-316

Мониторинг возделывания сои в климатических условиях Курской области

Галина Михайловна Дериглазова

Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Российская Федерация,
g_deriglazova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2401-3028>

Аннотация. **Цель:** выявить лимитирующий агроклиматический ресурс урожайности сои в условиях Курской области, оценить влияние основных погодных факторов на формирование урожайности культуры. **Материалы и методы.** Мониторинг возделывания сои в климатических условиях Курской области проводился по статистическим данным об урожайности в течение 22 лет (с 2000 по 2021 г.) и сопряженным с ней данным о погодных условиях в регионе. Для сравнения использовались статистические данные по России. Материалы обработаны методами описательной и вариационной статистики, корреляционного и регрессионного анализа. **Результаты.** Выяснено, что урожайность сои в Курске за 22 года увеличилась в 2,2 раза (с 8,2 ц/га в 2000 г. до 17,9 ц/га в 2021 г.). Урожайность сои за этот период в Курской области составила 13,5 ц/га. За 22 года соя в Курской области произрастала в оптимальных погодных условиях в 45 % случаев (10 лет), неблагоприятные и благоприятные погодные условия складывались в 23 и 32 % случаев соответственно. Установлено, что увеличение урожайности сои в Курской области обусловлено повышением суммы осадков за год и суммой осадков при температуре воздуха более 10 °С, а также невысоким значением суммы активных температур. Регрессионный анализ изменения урожайности сои в Курской области за 22 года выявил линейную связь урожайности с годом исследования, осадками при температуре более 10 °С и гидротермическим коэффициентом. **Выводы:** лимитирующими факторами, ограничивающими получение высоких урожаев сои в Курской области, явились количество осадков за вегетационный период и гидротермический коэффициент.

Ключевые слова: соя, урожайность, погодные условия, температура воздуха, осадки, коэффициент увлажнения

Для цитирования: Дериглазова Г. М. Мониторинг возделывания сои в климатических условиях Курской области // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 4. С. 304–316. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-304-316>.

GENERAL AGRICULTURE, CROP SCIENCE

Original article

Soybean cultivation monitoring in Kursk region climatic conditions

Galina M. Deriglazova

Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russian Federation,
g_deriglazova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2401-3028>

Abstract. Purpose: to identify the limiting agro-climatic resource of soybean yield in Kursk region, to assess the influence of the main weather factors on the crop yield formation. **Materials and methods.** Soybean cultivation monitoring in Kursk region climatic conditions was carried out according to statistical data on yield for 22 years (from 2000 to 2021) and related data on weather conditions of the region. For comparison, the statistical data for Russia

were used. The materials were processed by the methods of descriptive and variational statistics, correlation and regression analysis. **Results.** It was found out that the soybean yield in Kursk increased by 2.2 times over 22 years (from 8.2 q/ha in 2000 to 17.9 q/ha in 2021). The soybean yield for this period in Kursk region amounted to 13.5 q/ha. For 22 years, soybean in Kursk region grew in optimal weather conditions in 45 % of cases (10 years), unfavorable and favorable weather conditions developed in 23 and 32 % of cases, respectively. It has been determined that the increase in soybean yield in Kursk region is due to an increase in the precipitation amount for the year and the precipitation amount at an air temperature of more than 10 °C, as well as a low value of the active temperatures amount. Regression analysis of soybean yield changes in Kursk region over 22 years revealed a linear relationship between the yield and the study year, precipitation at temperatures above 10 °C and hydrothermal coefficient. **Conclusions:** the limiting factors limiting high yields of soybeans in Kursk region were the precipitation amount during the growing season and the hydro-thermic coefficient.

Keywords: soybeans, yield, weather conditions, air temperature, precipitation, moisture coefficient

For citation: Deriglazova G. M. Soybean cultivation monitoring in Kursk region climatic conditions. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(4):304–316. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-304-316>.

Введение. Соя является крайне востребованной культурой на рынке пищевой промышленности как мощное белково-масличное сырье. Общая площадь посева в РФ в 2021 г. составила 3021,0 тыс. га. В структуре посевных площадей Центрального федерального округа соя занимает 43,0 % от общей площади посева. По прогнозу развития рынка сои, в России ее объем производства на 2024 г. (прогноз) составит 7314,8 тыс. т. Курская область является одной из областей, которая возделывает данную культуру, и ее производство (по прогнозу) должно возрасти к 2024 г. на 170 % по сравнению с 2019 г.

Глобальное потепление существенно изменяет условия произрастания всей растительности. Это напрямую влияет на урожайность сельскохозяйственных культур, которая определяет продовольственную безопасность страны. Климатические изменения вот уже несколько лет ограничивают получение высоких и стабильных урожаев [1–5 и др.].

Вопросом влияния изменения климата на урожайность сои занимаются множество ученых во всем мире [1–17 и др.]. Климатические изменения в течение последних 30–50 лет привели к ухудшению условий вегетации культуры [6].

В России в годы, близкие к оптимальным климатическим условиям, или в годы с превышающим количеством осадков формируются высокие урожаи зерна [8]. Выяснено, что урожайность сои в Краснодарском крае имеет прямую высокую связь с ГТК₁₀ [9]. В Чувашии высокая урожайность сои формировалась при оптимальных соотношениях тепла и влаги [10]. В лесостепи Западной Сибири урожайность сои ограничивалась июньской засухой [11].

Влияние изменения климата на урожайность сои беспокоит ученых не только в России, но и на северо-востоке Китая, где недостаточное количество осадков является основным фактором, ограничивающим урожайность [12, 13]. Недостаток влаги в период налива бобов сои сильно влияет на урожай зерна, уменьшая количество и массу семян [14]. Кроме того, чрезмерные осадки повреждают культурные растения и негативно влияют на урожайность [15].

Территория Курской области находится на юго-западных склонах Среднерусской возвышенности и характеризуется умеренно континентальным климатом. Температура на данной территории немного ниже, чем в соседних регионах Центрального Черноземья, а по режиму увлажнения регион является благоприятным. При выращивании большинства сельскохозяйственных культур такой климат является подходящим для получения высоких урожаев [16].

В течение последних 27 лет в регионе средняя температура воздуха возросла во все месяцы на 0,8–2,6 °С, что превышает российские показатели. Количество среднемноголетних осадков за данный период на территории увеличилось на 4,3 %, и в то же время уменьшилось количество осадков в важные летние месяцы (июнь, июль), когда происходит закладка будущего урожая [17].

Цель работы – выявить лимитирующий агроклиматический ресурс урожайности сои в условиях Курской области, оценить влияние основных погодных факторов на формирование урожайности культуры.

Материалы и методы. Мониторинг возделывания сои в климатических условиях Курской области проводился по статистическим данным об урожайности культуры в области в течение 22 лет (с 2000 по 2021 г.)¹ и сопряженным с ней данным о погодных условиях в регионе². Климатические условия оценивались по среднесуточной температуре воздуха, сумме осадков по месяцам, количеству осадков за год, сумме осадков при температуре воздуха более 10 °С, сумме активных температур за период вегетации, гидротермическому коэффициенту Селянинова, коэффициенту увлажнения Ю. И. Чиркова и среднегодовой температуре воздуха. Для сравнения региональных данных об урожайности с общероссийскими использовались статистические данные по России¹.

Полученные данные обрабатывались методами описательной и вариационной статистики, подвергались корреляционному и регрессионному анализам.

Результаты и обсуждение. Урожайность сои в России и Курской области по годам существенно варьировала и за последние 22 года имела тенденцию к увеличению (рисунок 1).

Зависимость урожайности сои от временного фактора можно описать с помощью линейного тренда, представленного по России и Курску на графике.

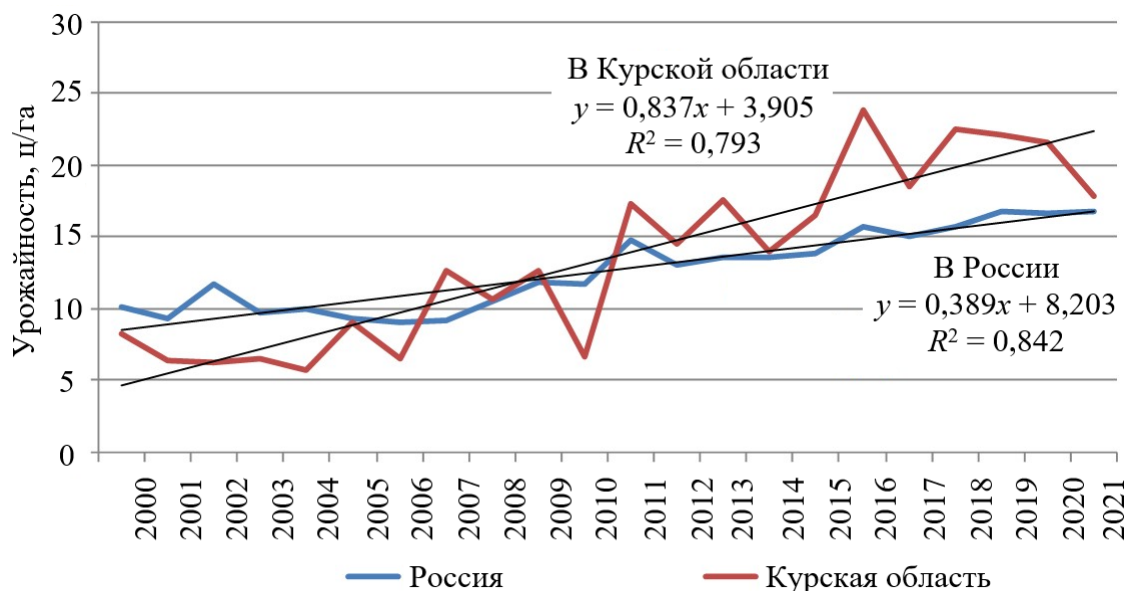
Урожайность сои в России за 22 года варьировала от 9,1 до 16,8 ц/га, а в Курской области – от 5,7 до 23,9 ц/га. Размах вариации урожайности сои в Курской области превышал показатель России более чем в 2 раза. Таким образом, Курская область наиболее динамично увеличивала рассматриваемый показатель.

Урожайность сои в России за 22 года увеличилась в 1,7 раза (с 10,1 ц/га

¹Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 20.05.2022).

²Gismeteo [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gismeteo.ru/diary> (дата обращения: 31.05.2022).

в 2000 г. до 16,8 ц/га в 2021 г.), в то время как в Курске в 2,2 раза (с 8,2 ц/га в 2000 г. до 17,9 ц/га в 2021 г.). Максимальная урожайность сои в России была получена в 2021 г. (16,8 ц/га), а в Курской области наблюдалась в 2016 г. и составила 23,9 ц/га.



**Рисунок 1 – Динамика урожайности сои
в России и Курской области**

Figure 1 – Soybean yield dynamics in Russia and Kursk region

Среднее значение урожайности сои за последние 22 года в Курской области было выше, чем в России, на 0,8 ц/га и составило 13,5 ц/га.

Линейный тренд в графике урожайности сои показывает увеличение урожайности культуры под действием улучшения технологий возделывания, применения новых сортов, а отклонения урожайности от линии тренда происходят под влиянием погодных факторов. Отклонение от среднего по линейному тренду, которое находилось в пределах минус 10 – плюс 10 %, говорит о том, что соя произрастала в оптимальных погодных условиях. Благоприятные погодные условия складываются при отклонении плюс 10 %, а неблагоприятные условия при отклонении менее минус 10 %.

Таким образом, мы выяснили, что за 22 года соя произрастала в оптимальных погодных условиях в 45 % случаев (10 лет). Неблагоприятные и

благоприятные погодные условия складывались в 23 и 32 % случаев соответственно.

Распределив года по сложившимся погодным условиям (оптимальные, неблагоприятные и благоприятные), проанализируем динамику среднесуточной температуры воздуха (рисунок 2).

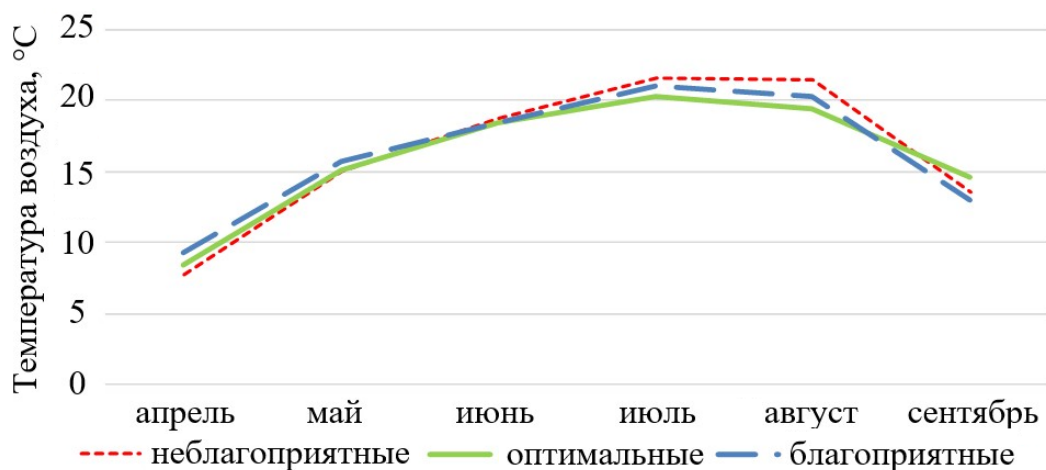


Рисунок 2 – Динамика среднесуточной температуры воздуха по месяцам

Figure 2 – Dynamics of the average daily air temperature by months

Анализ среднесуточной температуры воздуха по годам позволил выявить, что повышение температуры воздуха в апреле и мае способствует увеличению урожайности культуры. Это можно объяснить тем, что всходы сои оптимально развиваются при температуре плюс 18 – плюс 25 °С. В Курской области оптимальная температура воздуха в апреле и мае составила 8,4 и 15,1 °С, неблагоприятная температура – 7,7 и 15,0 °С, а благоприятная – 9,2 и 15,6 °С соответственно, что выше среднееголетних значений (6,9; 14,1 °С). Дальнейшее увеличение среднесуточной температуры воздуха в период вегетации культуры не способствовало увеличению ее урожайности, а в некоторый период (июль – август) даже снижало ее.

Проведя анализ суммы осадков по месяцам (рисунок 3), мы можем отметить, что в оптимальные и благоприятные годы сумма осадков в апреле и мае приближена к среднееголетним значениям (в апреле 42, 43 мм

соответственно (средненоголетнее – 42 мм), в мае 57, 47 мм (средненоголетнее – 52 мм)), в неблагоприятные годы сумма осадков в апреле несколько ниже средненоголетних значений (37 мм), а в мае значительно превышает их (74 мм). Неблагоприятное значение повышенных осадков в мае связано с оттягиванием сроков посева культуры.

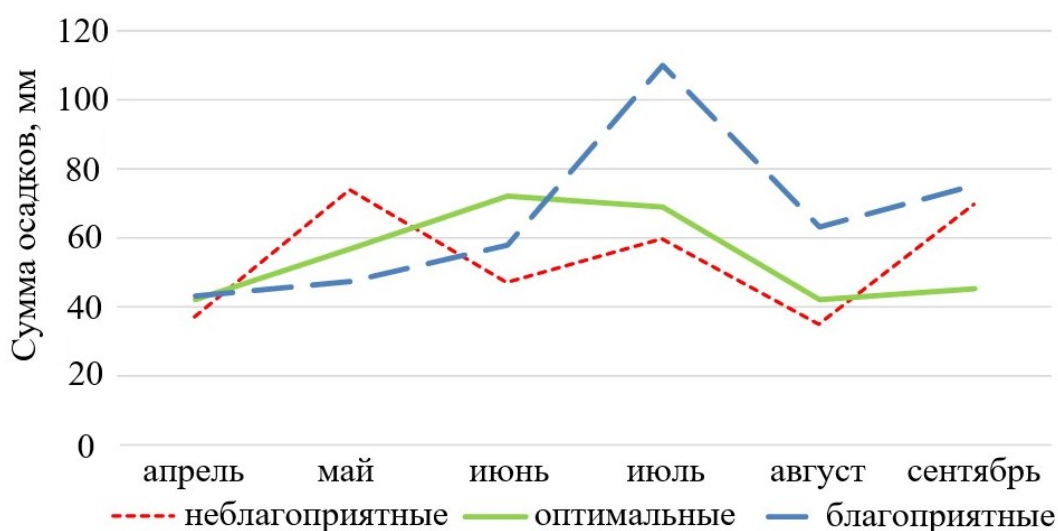


Рисунок 3 – Динамика суммы осадков по месяцам
Figure 3 – Dynamics of precipitation amount by months

В благоприятные годы в период формирования бобов (июль и август) выпадение большого количества осадков обеспечивало получение высоких урожаев сои.

Из анализа средних значений исследуемых климатических показателей (таблица 1) очевидно, что увеличение урожайности сои в Курской области обусловлено повышением суммы осадков за год и суммы осадков при температуре воздуха более 10 °С, а также невысоким значением суммы активных температур.

Таким образом, в благоприятные годы гидротермический коэффициент и коэффициент увлажнения выше, чем в оптимальные и неблагоприятные годы, но необходимо помнить, что избыточное увлажнение не способствует увеличению урожайности, а может его существенно снизить.

Для выявления лимитирующего климатического фактора, определя-

ющего урожайность сои в Курской области, был проведен корреляционный анализ сопряженных данных (таблица 2).

Таблица 1 – Средние значения урожайности и климатических показателей при возделывании сои

Table 1 – Average values of yield and climatic index in soybean cultivation

Показатель	Год		
	благоприятный	оптимальный	неблагоприятный
Урожайность, ц/га	15,5 ± 0,6	13,7 ± 0,6	10,1 ± 0,4
Сумма осадков за год, мм	680	610	594
Сумма осадков при температуре воздуха более 10 °С, мм	354	285	289
Сумма активных температур выше 10 °С, °С	2530,8	2540,5	2605,4
Гидротермический коэффициент Селянинова	1,4	1,1	1,2
Коэффициент увлажнения (K_y)	0,76	0,68	0,66
Среднегодовая температура воздуха, °С	7,6	7,7	7,4

Таблица 2 – Коэффициенты парной корреляции (r) между урожайностью сои и климатическими показателями

Table 2 – Pair correlation coefficients (r) between soybean yield and climatic index

Показатель	Год		
	благоприятный	оптимальный	неблагоприятный
Сумма осадков за год, мм	–0,01	–0,45	–0,12
Сумма осадков при температуре воздуха более 10 °С, мм	–0,38	0,52	0,12
Сумма активных температур выше 10 °С, °С	0,69	0,74	0,13
Гидротермический коэффициент Селянинова	0,53	0,74	0,01
Коэффициент увлажнения (K_y)	0,01	0,45	0,12
Среднегодовая температура воздуха, °С	0,30	0,84	0,30

Проводя корреляционный анализ сопряженных данных, можно отметить, что при оптимальных погодных условиях высокая прямая связь урожайности сои наблюдалась с суммой активных температур ($r = 0,74$) и температурой за год ($r = 0,84$). Кроме этого, выявлена высокая связь с гидротермическим коэффициентом ($r = 0,74$), а также умеренная с суммой осадков за год ($r = 0,45$) и коэффициентом увлажнения ($r = 0,45$).

В благоприятные годы урожайность сои имела заметную прямую связь с суммой активных температур ($r = 0,69$) и гидротермическим коэффициентом ($r = 0,53$).

В годы с неблагоприятными погодными условиями высоких и средних связей коэффициентов парной корреляции не установлено.

Регрессионный анализ изменения урожайности сои в Курской области за 22 года выявил линейную связь урожайности с годом исследования, осадками при температуре воздуха более 10 °С и гидротермическим коэффициентом, значимую на 99% уровне:

$$y = 10,95 + 0,11x_1x_2 - 26,8x_1x_3, R^2 = 68,$$

где y – урожайность сои, ц/га;

x_1 – год;

x_2 – осадки при температуре воздуха более 10 °С, мм;

x_3 – гидротермический коэффициент.

Если исключить фактор года из данного уравнения, то получится следующее равенство, значимое на 99% уровне:

$$y = 7,5 + 0,21x_1 - 46,9x_2, R^2 = 71,$$

где y – урожайность сои, ц/га;

x_1 – осадки при температуре воздуха более 10 °С, мм;

x_2 – гидротермический коэффициент.

Выводы. Урожайность сои в России за 22 года увеличилась в 1,7 раза, в то время как в Курске в 2,2 раза. Максимальная урожайность сои в России была получена в 2021 г. (16,8 ц/га), а в Курской области наблюдалась в 2016 г. и составила 23,9 ц/га. Среднее значение урожайности сои за последние 22 года в Курской области было выше значения по России на 0,8 ц/га и составило 13,5 ц/га.

За 22 года соя в Курской области произрастала в оптимальных погодных условиях в 45 % случаев (10 лет). Неблагоприятные и благоприятные погодные условия складывались в 23 и 32 % случаев соответственно.

С помощью исследований выяснилось, что повышение среднесуточной температуры воздуха в апреле и мае благоприятно сказывается на будущем урожае. В период формирования бобов (июль – август) для сои желательна выпадение оптимального количества осадков на фоне невысокой среднесуточной температуры. Лимитирующими факторами, ограничивающими получение высоких урожаев сои в Курской области, явились количество осадков за вегетационный период и гидротермический коэффициент.

Список источников

1. Wheeler R., Lobley M. Managing extreme weather and climate change in UK agriculture: Impacts, attitudes and action among farmers and stakeholders // *Climate Risk Management*. 2021. Vol. 32. 100313. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100313>.
2. Терез Э. И. Устойчивое развитие и проблемы изменения глобального климата Земли // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского*. 2004. Т. 17(56), № 1. С. 181–205.
3. Howard J. A. Facing up to our converging climate and food system catastrophes // *Advances in Food Security and Sustainability*. Elsevier, 2022. P. 38–53.
4. Gomez-Zavaglia A., Mejuto J. C., Simal-Gandara J. Mitigation of emerging implications of climate change on food production systems // *Food Research International*. 2020. Vol. 134. 109256. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109256>.
5. The effects of projected climate change and extreme climate on maize and rice in the Yangtze River Basin, China / X. X. Chen, L. C. Wang, Z. G. Niu, M. Zhang, C. A. Li, J. R. Li // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2020. Vol. 282–283. 107867. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107867>.
6. Лукомец В. М. Состояние соеводства в европейской части России и задачи научных учреждений по увеличению производства культуры // *Современные проблемы селекции и технологии возделывания сои: сб. ст. 2-й Междунар. конф. по сое, г. Краснодар, 9–10 сент. 2008 г. Краснодар, 2008. С. 3–7*.
7. Impact of climate variability and extreme rainfall events on sugarcane yield gap in a tropical Island / M. Christina, M. R. Jones, A. Versini, M. Mézino, L. Le Mézo, S. Auzoux, J. C. Soulié, C. Poser, E. Gérardaux // *Field Crops Research*. 2021. 274. 108326. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108326>.
8. Зеленцов С. В., Мошненко Е. В. Пути адаптации сельского хозяйства России к глобальным изменениям климата на примере экологической селекции сои // *Научный диалог*. 2012. № 7. С. 40–58.
9. Сеферова И. В., Новикова Л. Ю., Некрасов А. Ю. Оценка реакции сои сорта Комсомолка на изменения климата в Краснодарском крае // *Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. 2011. Вып. 1(146–147). С. 45–56.
10. Фадеева М. Ф., Воробьева Л. В., Матвеева О. Л. Влияние погодных условий на признаки технологичности и урожайности сои в северо-восточной части РФ // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018. Т. 66, № 5. С. 59–63. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.66.5.59-63>.

11. Омелянюк Л. В., Асанов А. М. Продуктивность образцов зернобобовых культур, созданных в ГНУ СибНИИСХ, в зависимости от погодных условий вегетационного периода // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 5. С. 17–20.
12. Impacts of mean climate and extreme climate indices on soybean yield and yield components in Northeast China / S. Guo, E. Guo, Z. Zhang, M. Dong, X. Wang, Z. Fu, K. Guan, W. Zhang, W. Zhang, J. Zhao, Z. Liu, C. Zhao, X. Yang // Science of the Total Environment. 2022. Vol. 838, pt. 3. 156284. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156284>.
13. Impacts of climate change on soybean production under different treatments of field experiments considering the uncertainty of general circulation models / H. A. Araj, A. Wayayok, A. M. Bavani, E. Amiri, A. F. Abdullah, J. Daneshian, C. B. S. Teh // Agricultural Water Management. 2018. 205. P. 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.04.023>.
14. Soybean yield physiology and development of high-yielding practices in Northeast China / X. Liu, J. Jin, G. Wang, S. J. Herbert // Field Crops Research. 2008. 105(3). P. 157–171. DOI: 10.1016/j.fcr.2007.09.003.
15. Excessive rainfall leads to maize yield loss of a comparable magnitude to extreme drought in the United States / Y. Li, K. Guan, G. D. Schnitkey, E. DeLucia, B. Peng // Global Change Biology. 2019. 25(7). P. 2325–2337. <https://doi.org/10.1111/gcb.14628>.
16. Научно-практические основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия Курской области / Г. Н. Черкасов [и др.]. Курск: ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2017. 188 с.
17. Дериглазова Г. М., Боева Н. Н. Динамика погодных условий Курской области за последние 50 лет // Вестник КГСХА. 2020. № 7. С. 15–21. DOI: 10.18411/issn1997-0749.2020-07-02.

References

1. Wheeler R., Lobley M., 2021. Managing extreme weather and climate change in UK agriculture: Impacts, attitudes and action among farmers and stakeholders. *Climate Risk Management*, vol. 32, 100313, <https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100313>.
2. Terez E.I., 2004. *Ustoychivoe razvitiye i problemy izmeneniya global'nogo klimata Zemli* [Sustainable development and problems of global climate change]. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsionalnogo universiteta im. V. I. Vernadsky* [Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University], vol. 17(56), no. 1, pp. 181-205. (In Russian).
3. Howard J.A., 2022. Facing up to our converging climate and food system catastrophes. *Advances in Food Security and Sustainability*. Elsevier, pp. 38-53.
4. Gomez-Zavaglia A., Mejuto J.C., Simal-Gandara J., 2020. Mitigation of emerging implications of climate change on food production systems. *Food Research International*, vol. 134, 109256, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109256>.
5. Chen X.X., Wang L.C., Niu Z.G., Zhang M., Li C.A., Li J.R., 2020. The effects of projected climate change and extreme climate on maize and rice in the Yangtze River Basin, China. *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 282-283, 107867, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107867>.
6. Lukomets V.M., 2008. *Sostoyanie soevodstva v evropeyskoy chasti Rossii i zadachi nauchnykh uchrezhdeniy po uvelicheniyu proizvodstva kul'tury* [The state of soybean breeding in the European part of Russia and the tasks of scientific institutions to increase the crop yield]. *Sovremennye problemy seleksii i tekhnologii vozdel'yvaniya soi: sb. st. 2-y Mezhdunarodnoy konferentsii po soe* [Modern Problems of Soybean Breeding and Cultivation Technologies: collected papers of the 2nd International Conference for Soybeans]. Krasnodar, pp. 3-7. (In Russian).
7. Christina M., Jones M.R., Versini A., Mézino M., Le Mézo L., Auzoux S., Soulié J.C., Poser C., Géraudeau E., 2021. Impact of climate variability and extreme rainfall events on

sugarcane yield gap in a tropical Island. *Field Crops Research*, 274, 108326, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108326>.

8. Zelentsov S.V., Moshnenko E.V., 2012. *Puti adaptatsii sel'skogo khozyaystva Rossii k global'nyim izmeneniyam klimata na primere ekologicheskoy selektsii soi* [Ways of adaptation of Russian agriculture to global climate changes by the example of ecological selection of soybeans]. *Nauchny dialog* [Scientific Dialogue], no. 7, pp. 40-58. (In Russian).

9. Seferova I.V., Novikova L.Yu., Nekrasov A.Yu., 2011. *Otsenka reaktsii soi sorta Komsomolka na izmeneniya klimata v Krasnodarskom krae* [Estimation of soybean cultivar Komsomolka reaction on climate change in Krasnodar Territory]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskiiy byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur* [Oil Crops. Scientific and Technical Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds], iss. 1(146-147), pp. 45-56. (In Russian).

10. Fadeeva M.F., Vorob'eva L.V., Matveeva O.L., 2018. *Vliyanie pogodnykh usloviy na priznaki tekhnologichnosti i urozhaynosti soi v severo-vostochnoy chasti RF* [Influence of weather conditions on the signs of adaptability and soy crop in the North-East of the Russian Federation]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* [Agrarian Science of the Euro-North-East], vol. 66, no. 5, pp. 59-63, <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.66.5.59-63>. (In Russian).

11. Omelyanyuk L.V., Asanov A.M., 2013. *Produktivnost' obraztsov zernobobovykh kul'tur, sozdannykh v GNU CibNIISKH, v zavisimosti ot pogodnykh usloviy vegetatsionnogo perioda* [Productivity samples of leguminous crops created in the Siberian Scientific Research Institute of Agriculture, depending on the weather conditions of the growing season]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex], no. 5, pp. 17-20. (In Russian).

12. Guo S., Guo E., Zhang Z., Dong M., Wang X., Fu Z., Guan K., Zhang W., Zhang W., Zhao J., Liu Z., Zhao C., Yang X., 2022. Impacts of mean climate and extreme climate indices on soybean yield and yield components in Northeast China. *Science of the Total Environment*, vol. 838, pt. 3, 156284, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156284>.

13. Araj H.A., Wayayok A., Bavani A.M., Amiri E., Abdullah A.F., Daneshian J., Teh C.B.S., 2018. Impacts of climate change on soybean production under different treatments of field experiments considering the uncertainty of general circulation models. *Agricultural Water Management*, vol. 205, pp. 63-71, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.04.023>.

14. Liu X., Jin J., Wang G., Herbert S.J., 2008. Soybean yield physiology and development of high-yielding practices in North-East China. *Field Crops Research*, vol. 105(3), pp. 157-171, DOI: 10.1016/j.fcr.2007.09.003.

15. Li Y., Guan K., Schnitkey G.D., DeLucia E., Peng B., 2019. Excessive rainfall leads to maize yield loss of a comparable magnitude to extreme drought in the United States. *Global Change Biology*, vol. 25(7), pp. 2325-2337, <https://doi.org/10.1111/gcb.14628>.

16. Cherkasov G.N. [et al.], 2017. *Nauchno-prakticheskie osnovy adaptivno-landshaftnoy sistemy zemledeliya Kurskoy oblasti* [Scientific and Practical Foundations of the Adaptive Landscape System of Agriculture in Kursk Region]. Kursk, VNIIZiZPE RAAS, 188 p. (In Russian).

17. Deriglazova G.M., Boeva N.N., 2020. *Dinamika pogodnykh usloviy Kurskoy oblasti za poslednie 50 let* [Dynamics of weather conditions in Kursk region over the last 50 years]. *Vestnik KGSKHA* [Bull. KGSHA], no. 7, pp. 15-21, DOI: 10.18411/issn1997-0749.2020-07-02. (In Russian).

Информация об авторе

Г. М. Дериглазова – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук.

Information about the author

G. M. Deriglazova – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences.

Автор несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

The author is responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 16.09.2022; одобрена после рецензирования 10.10.2022; принята к публикации 20.10.2022.

The article was submitted 16.09.2022; approved after reviewing 10.10.2022; accepted for publication 20.10.2022.