

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-1-27-32>

УДК 633.34:575.224



ТРАНСФОРМАЦИЯ КЛИМАТА ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

М.Е. Бельшкина

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5, Россия

Аннотация. Статья содержит анализ изменения агроклиматических условий Центрального района Нечерноземной зоны за период с 1981 по 2020 гг. и установления новых границ сосеяния в регионе. На основании сходства температурного и влажностного режима в течение вегетационного периода авторами были выделены 3 агроклиматические подзоны: северная, центральная и южная. Установлено, что рост температур в мае составил в среднем 3-4°C. Если в начале анализируемого периода среднемесячные температуры в мае составляли 12,8°C в северной агроклиматической подзоне, 14,0°C – в центральной, 13,6°C – в южной, то уже к 2020 г. данные температурные значения составили, соответственно, 16,8; 17,2; 18,9°C. В августе значения среднемесячных температур также возросли в среднем на 2-3°C, что положительно сказывается на обеспечении благоприятных условий вегетации сельскохозяйственных культур в целом, и в частности – сои. Суммы активных температур также возросли. Если в начале анализируемого периода они составляли в среднем по подзонам 1800-1950°C, то в настоящее время их значения составляют 1900-2200°C. В результате анализа сумм выпадающих осадков по месяцам было установлено, что в мае их количество возросло в среднем на 16-18 мм, причем в августе значение этого показателя год от года сокращалось в среднем на 20-25 мм. Установлено смещение северной допустимой границы интродукции сои на европейской территории страны, наиболее пригодными являются южная агроэкологическая подзона, а также часть регионов центральной подзоны. На этой территории рекомендовано возделывание сои северного экотипа, а также полудетерминантных сортов, рекомендованных для более южных регионов.

Ключевые слова: изменение климата, Центральное Нечерноземье, агроклиматические подзоны, температура, осадки, соя (*Glicine hispida* L.), интродукция

Формат цитирования: Бельшкина М.Е. Трансформация климата Центрального района Нечерноземной зоны в условиях глобального потепления // Природообустройство. 2025. № 1. С. 27-32. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-1-27-32>

Scientific article

CLIMATE TRANSFORMATION OF THE CENTRAL REGION OF THE NON-CHERNOZEM ZONE IN THE CONTEXT OF GLOBAL WARMING

M.E. Belyshkina

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 109428, Moscow, 1st Institute Pas., 5, Russia

Abstract. The article analyzed the change in the agro-climatic conditions of the Central region of the Non-chernozem zone for the period from 1981 to 2020 and established new boundaries of soybean sowing in the region. Based on the similarity of temperature and humidity conditions during the growing season, the authors identified 3 agro-climatic subzones – northern, central and southern. It was found that the temperature increase in May averaged 3-4°C. At the beginning of the analyzed period, the average monthly temperatures in May were 12.8°C in the northern agro-climatic subzone, 14.0°C in the central and 13.6°C in the southern, then by 2020 these temperature values were 16.8°C, 17.2°C and 18.9°C, respectively. In August, the average monthly temperatures also increased by an average of 2-3°C, which generally has a positive effect on ensuring favorable growing conditions for crops in general, and in particular soybeans. The amounts of active temperatures have also increased. If at the beginning of the analyzed period they averaged 1800-1950°C for the subzones, at present their values are 1900-2200°C. As a result of the analysis of the amounts of precipitation by month, it was found that in May their number increased by an average of 16-18 mm, while in August the value of this indicator decreased by an average of 20-25 mm from year to year. The shift of the northern permissible limit of soybean introduction in the European territory of the country has been established, the most suitable are the southern agroecological subzone,

as well as part of the regions of the central subzone. Cultivation of soybeans of the northern ecotype, as well as semi-determinant varieties recommended for more southern regions, is recommended in this territory.

Keywords: climate change, Central Non-Chernozem region, agro-climatic subzones, temperature, precipitation, soybeans (*Glycine hispida* L.), introduction

Format of citation: Belyshkina M.E. Climate transformation of the central region of the non-chernozem zone in the context of global warming // Prirodoobustrojstvo. 2025. No. 1. P. 27-32. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-1-27-32>

Введение. Климатические изменения, произошедшие на планете за последние полвека и вызванные естественными природными процессами, а также антропогенными факторами, оказывают неизбежное воздействие на изменения в биосфере и экосистемах.

В Российской Федерации климатические изменения и их последствия рассматриваются на государственном уровне, принимаются соответствующие программные документы, которые призваны адаптировать к ним различные сферы экономики. Одной из наиболее подверженных изменениям климата отраслей является сельскохозяйственное производство. Фиксируется увеличение безморозкового периода, благодаря чему появилась возможность возделывать достаточно теплолюбивые культуры в регионах, которые еще несколько десятилетий назад было принято считать зонами рискованного земледелия [1]. Так, в Центральном районе Нечерноземной зоны продолжительность безморозкового периода увеличилась на 8-9 дней в весну и на 12-14 дней осенью, что позволяет оптимизировать весенне-осенние полевые работы и вводить в севообороты более теплолюбивые сельскохозяйственные культуры, к которым относится соя (*Glycine hispida* Max.) [2, 3].

Одной из основных задач сельскохозяйственного производства является рациональное природопользование, учитывающее агроклиматические условия региона земледелия, к которым относятся солнечная радиация, тепло и влага, и позволяющее максимально использовать агропроизводственный потенциал территории [4].

Для земледелия в XX в. была характерной четко выраженная зональность производства. Однако уже с начала текущего столетия и в настоящее время наблюдается трансформация в сельскохозяйственной специализации в регионах земледелия, что обусловлено трансформацией природно-климатических условий [5]. Оценка возможного дальнейшего изменения климатических условий и его последствий является одной из ключевых задач исследований в различных областях науки.

Цель исследований: анализ динамики изменения климатических условий в Центральном

районе Нечерноземной зоны и оценка возможности интродукции теплолюбивых перспективных сельскохозяйственных культур в новые регионы возделывания на примере сои.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований явились агроклиматические условия Центрального района Нечерноземной зоны и сорта сои. Были проанализированы изменения температурно-влажностного режима за период с 1981 по 2020 гг. и установлены новые границы соеяния в регионе. Методология исследований была основана на работах Г.С. Посыпанова [6] и В.Т. Синеговской [7].

В исследованиях были проанализированы изменения показателей обеспеченности теплом и влагой территории Центрального Нечерноземья на протяжении 40-летнего периода начиная с 1981 по 2020 гг. В качестве исходного массива данных была избрана база Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации (ВНИИГМИ) [8].

Суммы активных температур рассчитывались по формуле:

$$\sum T_{\text{акт.}} = \sum T_{\text{среднесут.}} \geq 10^{\circ}\text{C},$$

где $\sum T_{\text{среднесут.}}$ – значение средней температуры за сутки, $^{\circ}\text{C}$.

Значение гидротермического коэффициента рассчитывалось по формуле:

$$\Gamma\text{ТК} = \sum_p / 0,1 \sum T_{\text{акт.}},$$

где $\sum_p$ – сумма осадков за период вегетации; $\sum T_{\text{акт.}}$ – сумма активных температур за период вегетации.

$\Gamma\text{ТК}$ оценивался по следующей шкале: 1,0-1,5 – достаточная влагообеспеченность; свыше 1,5 – избыточная влагообеспеченность; менее 1,0 – дефицитная влагообеспеченность.

Результаты и их обсуждение. Решением проблем глобального потепления заняты ученые во всем мире. Так, был проанализирован V Оценочный доклад Всемирной метеорологической организации по изменению климата (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) [9]. В документе приводится информация о том, что наряду с происходящим глобальным потеплением климата возросло количество выпадающих осадков, а также частота и интенсивность засух.

На территории Российской Федерации к середине XXI в. прогнозируется повышение средней температуры воздуха на 2-5 °С в зависимости от географического расположения – от Дальневосточного до Западносибирского регионов, но наибольшие значения роста температур фиксируются на Европейской территории России. Благодаря повышению температурного режима увеличивается продолжительность вегетационного периода, что приводит к расширению ареала возделывания многих теплолюбивых культур, к которым относится и соя [10]. Однако наряду с ростом температур будет фиксироваться учащение неблагоприятных погодных аномалий: засух и периодов избыточного увлажнения, что в свою очередь будет приводить к адаптации существующих агротехнологий к изменяющимся условиям окружающей среды [11, 12].

По данным Росгидромета [13], за период с 1976 по 2020 гг. среднемесячная температура возрастала на 0,51°С за десятилетие, при этом в южных регионах сокращается количество выпадающих осадков и возрастает продолжительность засушливых периодов.

В основе размещения сельскохозяйственных культур по регионам России лежит их потребность в обеспеченности теплом и влагой. Традиционно Нечерноземная зона относилась к умеренному поясу, пригодному для возделывания культур, достаточно холодостойких. Соя относится к сельскохозяйственным культурам, требовательным к температурному режиму. Растениям требуется средняя температура в течение вегетации на уровне 22-28 °С, после всходов соя плохо переносит заморозки. Соя ускоряет свое развитие при продвижении в более южные регионы.

В средней полосе России часто наблюдается так называемая «консервация» посевов: при снижении дневных температур в августе-сентябре, когда соя созревает, растения не переходят к созреванию и зелеными остаются на поле. Проблема ранее решалась подбором сортов, интродуцированных для регионов Центрального Нечерноземья, – так называемых сортов сои «северного экотипа». Однако температурно-влажностный режим в Нечерноземной зоне России значительно изменился. В результате анализа средних температур за вегетацию, сумм активных температур, а также количества выпадающих осадков и расчетного значения гидротермического коэффициента (ГТК), проведенных автором за 40-летний период, с 1981 по 2020 гг., были выделены 3 агроклиматических подзоны: северная (Тверская, Ярославская,

Костромская области); центральная (Смоленская, Московская, Калужская, Владимирская, Ивановская области); южная (Брянская, Орловская, Рязанская, Тульская области) [4].

На рисунке 1 представлена динамика среднемесячных температур в мае и в августе за 40-летний период, зафиксированное значение роста показателя составило в среднем 3-4°С. Так, если в начале анализируемого периода среднемесячные температуры в мае составляли 12,8°С в северной агроклиматической подзоне, 14,0°С – в центральной, 13,6°С – в южной, то уже к 2020 г. данные температурные значения составили, соответственно, 16,8; 17,2; 18,9°С.

В августе значения среднемесячных температур также возросли в среднем на 2-3°С, что положительно сказывается на обеспечении благоприятных условий вегетации сельскохозяйственных культур в целом, и в частности – сои. Температурно-влажностная обеспеченность вегетационного периода на 60-70% оказывает влияние на вариабельность урожайности сои.

В результате анализа сумм выпадающих осадков по месяцам было установлено, что в мае их количество возросло в среднем на 16-18 мм, при этом в августе значение этого показателя год от года сокращалось в среднем на 20-25 мм (рис. 2).

В условиях средней полосы России, в Московской области и даже в более северных областях стало возможным расширение ассортимента сортов для ее возделывания, так как ранее основной проблемой представлялось наличие низких температур в конце лета наряду с большим количеством осадков, что не позволяло культуре вовремя созреть. Однако значения температур и осадков достаточно сильно варьируют относительно линейной средней величины, и в большей мере это было зафиксировано в центральной и южной агроклиматических подзонах.

Усредненные данные по десятилетним периодам по тепло- и влагообеспеченности агроклиматических подзон приведены в таблице. Наибольший рост средней температуры воздуха был зафиксирован в южной агроклиматической подзоне. При этом количество выпадающих осадков возросло в мае в среднем на 16,2 мм, а в августе сократилось на 22,4 мм. Установлено, что наиболее активный рост средних температур начался с 2001 г., тенденция чего продолжается по настоящее время. Прирост составляет 0,5°С за десятилетие.

Повышение температуры и среднемесячного количества осадков в начале вегетации способствует появлению дружных всходов,

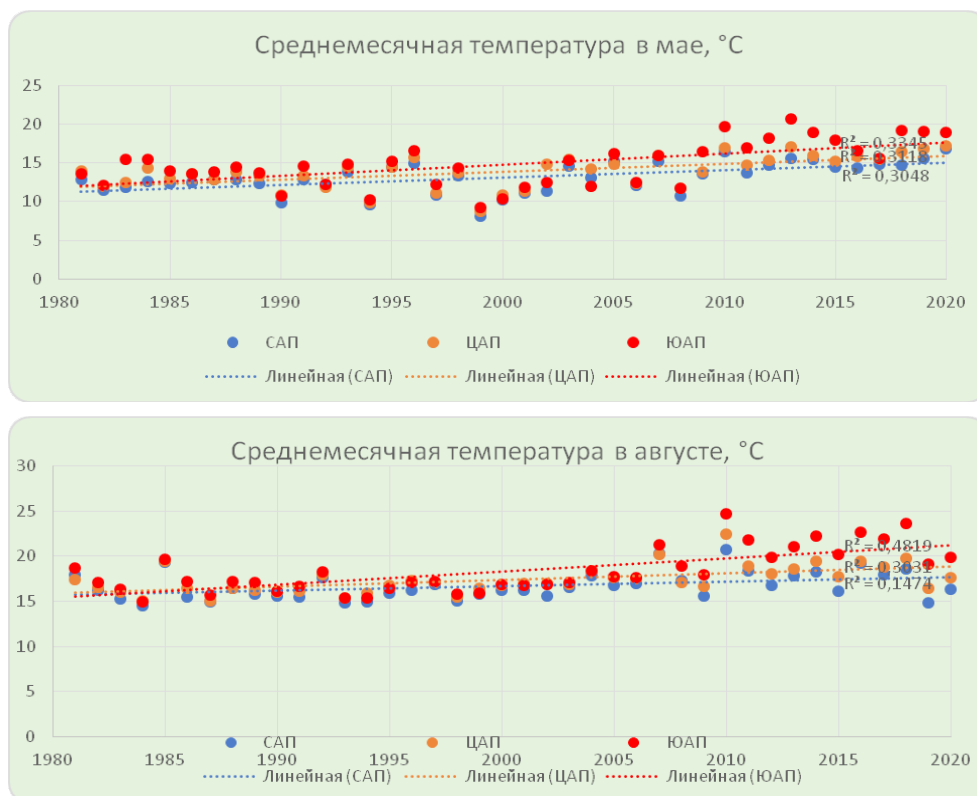


Рис. 1. Динамика среднемесячной температуры воздуха в мае и августе по агроклиматическим подзонам Центрального Нечерноземья (1981-2020 гг.)

Fig. 1. Dynamics of the average monthly air temperature in May and August by agroclimatic subzones of the Central Non-Chernozem Region (1981-2020)

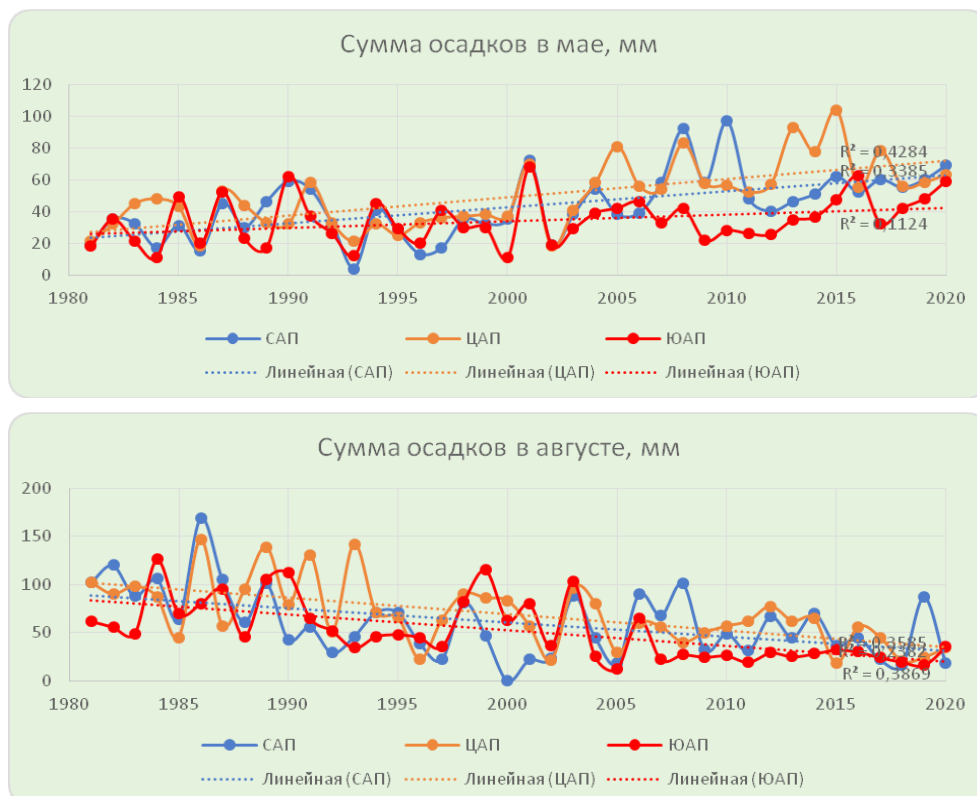


Рис. 2. Динамика среднемесячного количества осадков в мае и августе по агроклиматическим подзонам Центрального Нечерноземья (1981-2020 гг.)

Fig. 2. Dynamics of average monthly precipitation in May and August in agroclimatic subzones of the Central Non-Chernozem Region (1981-2020)

Таблица. Динамика температуры воздуха и количества осадков с мая по август в Центральном Нечерноземье по агроклиматическим подзонам с 1981 по 2020 гг.

Table. Dynamics of air temperature and precipitation from May to August in the Central Non-Chernozem Earth Region by agroclimatic subzones from 1981 to 2020

Годы Years	Средняя температура воздуха, °C Average air temperature, °C	$\Sigma T_{\text{акт.}}, ^\circ\text{C}$	Среднемесячное кол-во осадков, мм Average monthly precipitation, mm	ГТК HTC
Северная агроклиматическая подзона / Northern agroclimatic subzone				
1981-1990	15,5	1807	73,7	1,63
1991-2000	15,6	1803	70,1	1,56
2001-2010	16,3	1922	69,8	1,45
2011-2020	16,4	1944	71,6	1,48
Центральная агроклиматическая подзона / Central agroclimatic subzone				
1981-1990	15,6	1849	73,1	1,59
1991-2000	16,0	1886	67,5	1,44
2001-2010	16,7	1972	68,6	1,41
2011-2020	16,8	2021	72,6	1,44
Южная агроклиматическая подзона / Southern agroclimatic subzone				
1981-1990	16,4	1952	69,9	1,44
1991-2000	16,6	1975	67,6	1,38
2001-2010	17,6	2089	61,8	1,19
2011-2020	18,5	2240	62,2	1,14

а в конце ее – быстрому и равномерному созреванию сои в данной подзоне. Суммы активных температур также возросли. Если в начале анализируемого периода они составляли в среднем по подзонам 1800-1950°C, то в настоящее время их значения составляют 1900-2200°C. При этом количество выпадающих осадков сокращалось в среднем на 5 мм за десятилетие, соответственно уменьшалось значение гидротермического коэффициента: с 1,44-1,63 за 1981-1990 гг. до 1,14-1,48 за 2011-2020 гг.

Выводы

В исследованиях было установлено произошедшее смещение северной допустимой границы интродукции сои на Европейской территории страны. Однако наиболее пригодными являются южная агроэкологическая подзона, а также

часть регионов центральной подзоны. На этой территории становится возможным возделывание не только сортов сои северного экотипа, но и современных высокотехнологичных сортов полудетерминантного типа, рекомендованных для более южных регионов.

Сорта сои, полученные в 1990-2000-е гг., зачатую имеют сильную зависимость развития продукционного процесса в течение вегетационного периода от температурно-влажностного режима. Современные сорта обладают большей адаптивностью к факторам внешней среды и стабильностью вызревания, а также большим потенциалом в формировании урожайности семян. Изменение агроклиматических условий на территории Центрального Нечерноземья позволяет вводить эти сорта сои в севооборот, тем самым повышая потенциал культуры в регионе.

Список использованных источников

1. Суховеева О.Э. Изменения климатических условий и агроклиматических ресурсов в Центральном районе Нечерноземной зоны // Вестник Воронежского государственного университета. Серия «География. Геоэкология». 2016. № 4. С. 41-49.
2. Гатаулина Г.Г. Урожайность семян и элементы продуктивности у разнотипных сортов люпина белого (*Lupinus albus* L.) в разные по метеорологическим условиям годы / Г.Г. Гатаулина, М.Е. Бельшккина, Н.В. Медведева // Известия ТСХА. 2016. № 6. С. 32-44.
3. Дорохов А.С. Агроклиматическая характеристика регионов Нечерноземной зоны Российской Федерации и оценка пригодности для возделывания современных раннеспелых сортов сои / А.С. Дорохов, М.Е. Бельшккина

References

1. Sukhovееva O.E. Changes in climatic conditions and agro-climatic resources in the Central region of the Non-Chernozem zone // Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. 2016. No. 4. P. 41-49.
2. Gataulina G.G., Belyshkina M.E., Medvedeva N.V. Seed yield and productivity elements in varieties of different types of white lupin (*Lupinus albus* L.) in years of different meteorological conditions // Izvestiya Timiryazevskaya Agricultural Academy. 2016. No. 6. P. 32-44.
3. Dorokhov A.S., Belyshkina M.E. Agro-climatic characteristics of the regions of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation and assessment of suitability for cultivation of modern early-ripening soybean varieties // Bulletin

// Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3 (55). С. 34-39.

4. Jumrani K., Bhatia V.S. Interactive effect of temperature and water stress on physiological and biochemical processes in soybean // *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2019. Vol. 25, № 3. Pp. 667-681. DOI: 10.1007/s12298-019-00657-5.

5. Краснощекоев В.Н. Изменение климата и сельское хозяйство России: проблемы и решения / В.Н. Краснощекоев, Д.Г. Ольгаренко, О.Н. Рожкова // *Природообустройство*. 2017. № 2. С. 80-88.

6. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха (методы проведения лабораторных, вегетационных и полевых опытов). М.: Агропромиздат, 1991. 300 с.

7. Синеговская В.Т. Методы исследований в полевых опытах с соей / В.Т. Синеговская, Е.Т. Наумченко, Т.П. Кобозева. Благовещенск: ФГБНУ Всероссийский НИИ сои, 2016. 116 с.

8. Специализированные массивы для климатических исследований: Информация ВНИИГМИ-МЦД. (Электронный ресурс). Режим доступа: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR>.

9. Schauburger B., Gornott C., Wechsung F. Global evaluation of a semiempirical model for yield anomalies and application to within-season yield forecasting // *Global Change Biology*. 2017. Vol. 23, № 11. Pp. 4750-4764.

10. Гатаулина Г.Г. Рост и развитие раннеспелых сортов сои при разных сроках посева в Московской области / Г.Г. Гатаулина, М.Е. Бельшккина // *Кормопроизводство*. 2012. № 3. С. 26-28.

11. Гришин А.П. Способ контроля продуктивности растения / А.П. Гришин, А.А. Гришин, Н.А. Семенова // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15, № 2. С. 69-74.

12. Ракутько С.А. Разработка экспериментального фитотрона и его применение в исследованиях по экологии светокультуры / С.А. Ракутько, Е.Н. Ракутько, Г.В. Медведев // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2023. Т. 17, № 2. С. 40-48.

13. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. М.: Росгидромет, 2021. 104 с.

Об авторе

Марина Евгеньевна Бельшккина, д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник, ORCID: 0000-0003-2876-1031, WoS Resercher ID: AAI-7539-2021, Scopus ID: 57221306773, РИНЦ AuthorID: 675431; bely-mari@mail.ru

Критерии авторства / Authorship criteria

Бельшккина М.Е. выполнила теоретические исследования, на основании которых провела обобщение и написала рукопись, имеет на статью авторское право и несёт ответственность за плагиат.

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 15.07.2024

Одобрена после рецензирования / Approved after peer review 10.11.2024

Принята к публикации / Accepted for publication 10.11.2024

of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2021. № 3 (55). P. 34-39.

4. Jumrani K., Bhatia V.S. Interactive effect of temperature and water stress on physiological and biochemical processes in soybean // *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2019. Vol. 25, № 3. P. 667-681. – DOI: 10.1007/s12298-019-00657-5

5. Krasnoshchekov V.N., Olgarenko D.G., Rozhkova O.N. Climate change and agriculture in Russia: problems and solutions // *Prirodoobustroystvo*. 2017. No. 2. P. 80-88.

6. Posypanov G.S. Methods of studying biological fixation of air nitrogen (methods of laboratory, vegetation and field experiments). M.: Agropromizdat, 1991. 300 p.

7. Sinegovskaya V.T., Naumchenko E.T., Kobozeva T.P. Research methods in field experiments with soybeans. Blagoveshchensk: All-Russian Research Institute of Soy, 2016. 116 p.

8. Specialized arrays for climate research: Information from VNIIGMI-MCD (Electronic resource). – Access mode: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR>.

9. Schauburger B., Gornott C., Wechsung F. Global evaluation of a semiempirical model for yield anomalies and application to within-season yield forecasting // *Global Change Biology*. 2017. Vol. 23, № 11. P. 4750-4764.

10. Gataullina G.G., Belyshkina M.E. Growth and development of early-ripening soybean varieties at different sowing dates in the Moscow region // *Forage production*. 2012. No. 3. P. 26-28.

11. Grishin A.P., Grishin A.A., Semenova N.A. A way to control the productivity of a plant // *Agricultural machinery and technology*. 2021. Vol. 15, No. 2. P. 69-74.

12. Rakutko S.A., Rakutko E.N., Medvedev G.V. Development of an experimental phytotron and its application in research on the energy ecology of light culture // *Agricultural machines and technologies*. 2023. Vol. 17, No. 2. P. 40-48.

13. Report on the peculiarities of the climate in the territory of the Russian Federation for 2020. Moscow: Roshydromet, 2021. 104 p.

About the author

Marina E. Belyshkina, DSc (Agro), chief researcher, ORCID: 0000-0003-2876-1031, WoS Resercher ID: AAI-7539-2021, Scopus ID: 57221306773, RSCI AuthorID: 675431; bely-mari@mail.ru

Belyshkina M.E. performed theoretical research, on the basis of which she conducted a generalization and wrote a manuscript. She has a copyright on the article and is responsible for plagiarism.