

ISSN 1817-7204 (Print)

ISSN 1817-7239 (Online)

УДК 633.1«324»:631.531.04(476)

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2023-61-3-222-233>

Поступила в редакцию 07.09.2022

Received 07.09.2022

В. И. Мельник, Ю. А. Бровка, Ю. А. Бондаренко, М. А. Хитриков*Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь***СРОКИ СЕВА ОЗИМЫХ КУЛЬТУР НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ
И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ОПТИМИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ
СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

Аннотация. Дана оценка агроклиматических условий осеннего периода на территории Беларуси в условиях современного изменения климата с распределением сумм температур осеннего периода за 2000–2020 гг. Приведены результаты анализа оценок показателей увлажнения осеннего периода (суммы осадков, гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова, запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы 0–20 см). На основании литературных источников, последних исследований белорусских ученых, данных пунктов наблюдений государственной гидрометеорологической сети за фазами развития озимых зерновых культур (пшеница, тритикале, рожь) в осенний период, результатов исследований по кустиности озимых культур в зависимости от сроков сева и погодных условий осеннего периода проведен анализ и уточнены критерии сумм температур для расчета оптимальных сроков сева озимых зерновых культур на территории Беларуси. Рассчитаны оптимальные сроки сева озимых зерновых культур по административным областям и пунктам государственной сети гидрометеорологических наблюдений с учетом прогнозируемой температуры воздуха на сентябрь. Даны рекомендации по расчету оптимальных сроков сева озимых зерновых культур для пунктов, не имеющих гидрометеорологических наблюдений, а также с возможным учетом типов почв и местоположения поля.

Ключевые слова: оптимальные сроки сева озимых зерновых культур, изменение климата, суммы температур, даты прекращения вегетации

Для цитирования: Сроки сева озимых культур на территории Беларуси и рекомендации по их оптимизации в условиях современного изменения климата / В. И. Мельник [и др.] // Вестн. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2023. – Т. 61, № 3. – С. 222–233. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2023-61-3-222-233>

Viktar I. Melnik, Yuliya A. Brovka, Yury A. Bondarenko, Maksim A. Khitrykau*Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus***SOWING TIME OF WINTER CROPS IN BELARUS AND RECOMMENDATION
FOR OPTIMIZATION IN CONDITIONS OF MODERN CLIMATE CHANGE**

Abstract. Assessment of agroclimate conditions of the autumn period on the territory of Belarus under the conditions of modern climate change with the distribution of cumulative temperatures during autumn period for 2000–2020 is presented. The results of analysis of estimates of moisture indicators for the autumn period (precipitation amounts, Selyaninov's hydrothermal moisture coefficient, and productive moisture reserves in the arable soil layer of 0–20 cm) are provided. Based on literary sources, recent research by Belarusian scientists, data from observation points of the state hydrometeorological network for the phases of development of winter crops (wheat, triticale, rye) in autumn, results of studies on tillering of winter crops depending on the sowing time and weather conditions in the autumn period, an analysis was carried out and criteria for cumulative temperatures were clarified to calculate the optimal sowing time for winter crops on the territory of Belarus. The optimal time for sowing winter grain crops has been calculated for administrative regions and points of the state network of hydrometeorological observations, taking into account the predicted air temperature for September. Recommendations are given for calculating the optimal sowing time for winter crops for points with no hydrometeorological observations, as well as with possible consideration of soil types and field location.

Keywords: optimal sowing time for winter grain crops, climate change, cumulative temperatures, dates of vegetation end

For citation: Melnik V. I., Brovka Yu. A., Bondarenko Yu. A., Khitrykau M. A. Sowing time of winter crops in Belarus and recommendation for optimization in conditions of modern climate change. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2023, vol. 61, no. 3, pp. 222–233 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2023-61-3-222-233>

Введение. Республика Беларусь характеризуется развитым сельским хозяйством, которое является базовой отраслью экономики и вносит значительный вклад в создание ее валового внутреннего продукта. Наблюдаемое в последние несколько десятилетий на территории Беларуси изменение климата, сопровождающееся ростом температур воздуха, увеличением продолжи-

тельности вегетационного периода, ростом повторяемости волн тепла и засух, оказывает существенное влияние на сельское хозяйство¹ [1]. Все это требует учета изменившихся агроклиматических условий при планировании сельскохозяйственных работ и мероприятий. В настоящее время в связи с ростом теплообеспеченности вегетационного периода уточнены границы агроклиматических областей, выполнено описание агроклиматических областей и условий произрастания сельскохозяйственных культур на территории Республики Беларусь [2]. Полученные результаты показывают существенное изменение климатических условий и необходимость внесения изменений в технологии возделывания сельскохозяйственных культур. При наблюдаемых изменениях климата разработка мероприятий по адаптации сельского хозяйства к изменению климата должна проводиться на основе новых представлений о климатических изменениях и связанных с ними агроклиматических характеристиках. При этом весьма важным является установление количественных оценок изменения агроклиматических показателей. Сказанное относится не только к вегетационному периоду, но и к отдельным приемам и технологиям возделывания сельскохозяйственных культур, среди которых очень важным является выбор оптимальных сроков сева. Следует отметить, что валовой сбор зерна в Беларуси за последние 10 лет изменялся от 6,1 до 9,6 млн т в зависимости от складывающихся погодных условий. На долю озимых зерновых культур в среднем приходится 55–60 % валового сбора. При этом урожайность озимых зерновых культур практически во все годы превосходит урожайность яровых. Объясняется это тем, что озимые культуры, в связи с более ранним развитием, лучше используют весенние запасы влаги в почве и меньше подвергаются засухам. Однако колебания урожайности озимых часто бывают не менее значительными, чем яровых. Эти колебания объясняются не только агрометеорологическими условиями весенне-летнего периода, но и условиями сева, осенней вегетации и перезимовки растений, вклад которых в конкретные годы колеблется от 25 до 40 %².

Сроки сева озимых культур оказывают большое влияние на величину урожая и его качество. Для озимых зерновых культур сроки сева устанавливаются с таким расчетом, чтобы растения до прекращения вегетации хорошо раскустились и приобрели закалку к низким температурам в зимний период. В зависимости от почвенно-климатических условий района при отклонении сроков сева от оптимальных на 15–20 дней урожайность озимых может снижаться на 15–30 % и более [3]. При этом сев озимых раньше или позже оптимальных сроков может привести к снижению урожая до 1 % за сутки по причине перерастания и более значительного повреждения посевов вредителями и болезнями в зимний период или из-за недостаточного осеннего кущения и ухудшения перезимовки [4].

Цель исследования – определить оптимальные сроки сева озимых зерновых культур на территории Беларуси в условиях современного изменения климата при различных прогнозируемых значениях температуры сентября.

Материалы и методы исследований. Исходными данными для выполнения работы явились данные Государственного климатического кадастра, агрометеорологические наблюдения за фазами развития культур государственной сети гидрометеорологических наблюдений Республики Беларусь, литературные источники. Анализ материалов, построение рисунков, таблиц выполнено с применением программного пакета MS Office Excel. Для расчета оптимальных сроков озимых зерновых культур на территории Беларуси по полученным уравнениям связи определения дат начала и окончания сроков сева озимых зерновых культур по пунктам наблюдений в зависимости от прогнозной температуры на сентябрь использована созданная в среде MATLAB специальная компьютерная программа.

Результаты и их обсуждение. *Агроклиматическая оценка осеннего периода на территории Беларуси в условиях современного изменения климата.* Сумма температур как показатель уровня теплообеспеченности растений за определенный период на конкретной территории широко

¹ Оценка изменений агроклиматических ресурсов территории Республики Беларусь в период осеннего сева сельскохозяйственных культур: отчет о НИР (заключ.) / Ин-т природопользования НАН Беларуси; отв. исп. В. И. Мельник. Минск, 2021. 64 с. № ГР 20212460.

² Там же.

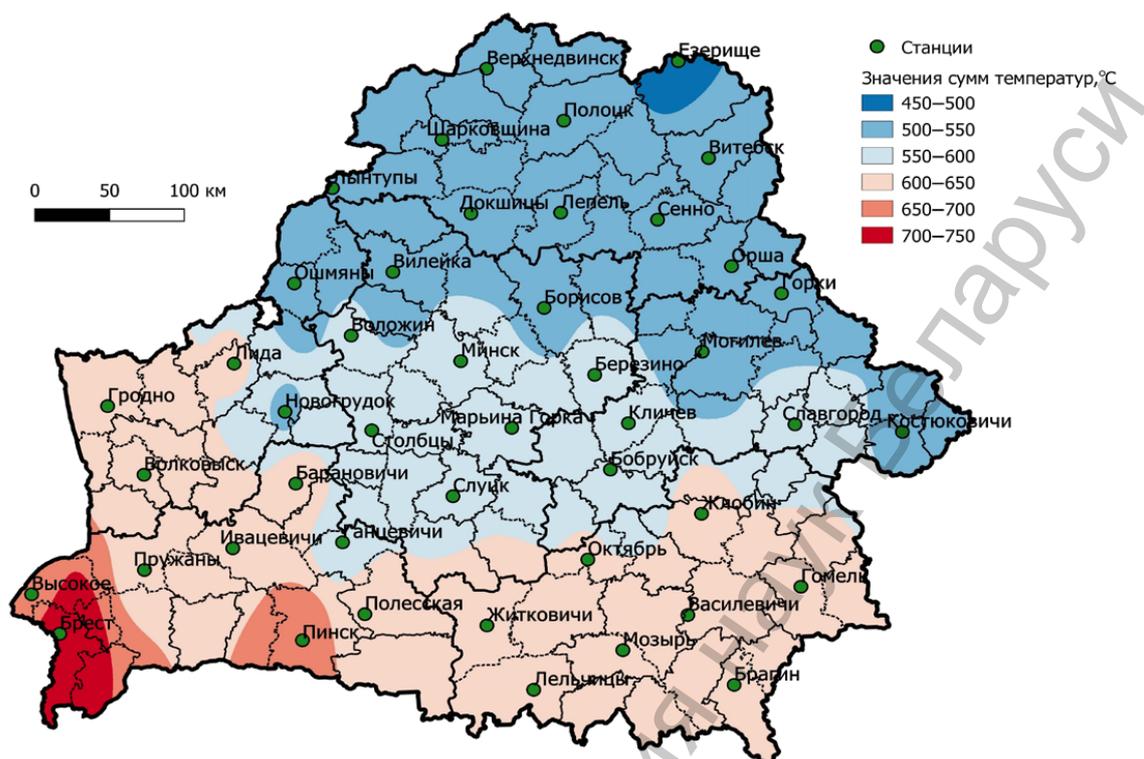


Рис. 1. Распределение сумм температур (°C) осеннего периода на территории Беларуси за 2000–2020 гг.

Fig. 1. Distribution of cumulative temperatures (°C) during autumn period in Belarus in 2000–2020

используется в агрометеорологии. В последних исследованиях, выполненных в Институте природопользования НАН Беларуси для оценки обеспеченности теплом условий осеннего сева озимых зерновых культур, при подсчете сумм активных температур воздуха использован период с 1 сентября до даты перехода температуры воздуха через $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ осенью¹ [1]. Этот период включает в себя начало сева озимых зерновых культур, их вегетацию и прекращение вегетации. Проведенные исследования показали увеличение теплообеспеченности осеннего периода, обусловленное в большей степени повышением температурного режима и увеличением продолжительности осенней вегетации в результате смещения дат перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ осенью на более поздние. Такой переход на большей территории Беларуси за последнее двадцатилетие происходит в среднем на 2–4 дня, в Могилевской и на юго-западе Брестской области – на 5–7 дней позже по сравнению с периодом до потепления. При этом почти на всей территории Брестской, в западной части Гродненской и Гомельской областей переход среднесуточной температуры воздуха через $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ сместился на первую декаду ноября, чего раньше никогда не наблюдалось.

Суммы активных температур выше $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ за осенний период (с 1 сентября до даты перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$) за 2000–2020 гг. в сравнении с периодом до потепления на большей территории страны увеличились в среднем на 60–90 °C, на юге Брестской области – на 100 °C и составляют в Гомельской, на большей части территории Брестской и в западной части Гродненской области 600–650 °C, в крайних южных и западных районах Брестской области – более 650 °C, максимальные в Бресте – 735 °C (рис. 1).

Результаты анализа оценок показателей увлажнения осеннего периода (суммы осадков, гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова, запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы 0–20 см) показали, что сев и последующая вегетация озимых культур в осенний пе-

¹ Оценка изменений агроклиматических ресурсов территории Республики Беларусь в период осеннего сева сельскохозяйственных культур: отчет о НИР (заключ.).

риод на территории Беларуси проходят в целом при достаточном почвенном увлажнении, за исключением отдельных лет, когда сроки сева могут задерживаться из-за недостатка или полного отсутствия продуктивной влаги в пахотном слое почвы, особенно в южных регионах страны на песчаных и супесчаных почвах¹ [1].

Для озимых зерновых культур сроки сева устанавливаются с таким расчетом, чтобы растения до прекращения вегетации хорошо раскустились и приобрели закалку к низким температурам в зимний период. Определяющим критерием расчета оптимальных сроков сева озимых культур являются суммы температур. Как показывает анализ литературных источников, для расчета оптимальных сроков сева озимых зерновых культур ряд авторов используют суммы эффективных температур 200–300 °С (выше +5 °С) от посева до прекращения вегетации [5–7], другие исследователи – суммы активных температур воздуха за указанный период [8–11]. Практика показывает, что суммы как активных, так и эффективных температур могут различаться в зависимости от региона, сортовых особенностей, условий произрастания и т. д. Особенно это касается верхнего предела сумм температур, определяющего начало сева озимых. Проведенные исследования по обоснованию применения сумм активных или эффективных температур воздуха выше 5 °С, необходимых для достижения кущения озимых в осенний период, показали целесообразность выбора для территории Беларуси сумм активных температур². В Республике Беларусь в последние годы оптимальные сроки начала и конца сева озимых зерновых культур установлены исходя из следующих показателей достижения сумм температур от посева до прекращения вегетации: озимая пшеница (580, 620 °С – 350 °С), озимая рожь (520–290 °С), тритикале (550–320 °С). На основании этих сумм белорусскими учеными были рассчитаны сроки начала сева, обеспечивающие 75%-ю вероятность наступления кущения осенью [11]. Данные были рассчитаны для периода 1996–2013 гг. При таких сроках сева растения должны раскуститься и достигнуть кустистости не менее 4 побегов [10, 11]. В то же время исследования ряда ученых показали, что кустистость озимой пшеницы в зависимости от сроков сева и погодных условий осеннего периода изменялась от 1,3 до 4,4 побега на растение при изменении сумм температур за период от сроков сева на момент ухода растений в зимовку от 330 до 630 °С³ [3].

При этом не всегда самой высокой кустистости соответствовали самые большие значения сумм температур воздуха, хотя наблюдается тенденция увеличения числа побегов с ростом сумм температур воздуха. Из-за различных условий перезимовки также не всегда самой высокой кустистости соответствует самая высокая урожайность. Анализ урожайности зерна озимой пшеницы в условиях Центральной зоны Беларуси в зависимости от сроков сева в опытах, проведенных в 2019–2020 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», показал, что наибольшей урожайности все сорта озимой пшеницы достигали при посеве их в начале третьей декады сентября. При этом кустистость растений перед уходом в зимовку изменялась от 1,0 до 2,6 и составила в среднем 1,7 [12]. Кроме того, последние десятилетия оказались самыми теплыми за период потепления, что, естественно, влияет на сроки сева озимых культур и условия их развития. Поэтому в нашем исследовании был взят период 2000–2020 гг., а основанием для расчета оптимальных сроков озимых зерновых культур приняты суммы температур, обеспечивающие **не менее 2–3** побегов к моменту прекращения вегетации.

С учетом изложенного, на основании литературных источников, последних исследований белорусских ученых, данных пунктов наблюдений гидрометеорологической сети за фазами развития озимых культур осеннего периода, результатов исследований по кустистости, приняты следующие критерии сумм активных температур: для озимой пшеницы – 465 °С (начало сева) и 350 °С для периода «посев – начало кущения» (конец сева), для озимой тритикале соответственно 435–320 °С, озимой ржи – 405–290 °С⁴ [13]. На основании принятых критериев были

¹ Оценка изменений агроклиматических ресурсов территории Республики Беларусь в период осеннего сева сельскохозяйственных культур: отчет о НИР (заключ.).

² Там же.

³ Там же.

⁴ Там же.

рассчитаны многолетние сроки начала и окончания сева озимых культур за период 2000–2020 гг., характеризующего последние изменения климата¹ [13].

Расчеты оптимальных сроков сева озимых по уравнениям. Оптимальные сроки сева озимых культур, рассчитанные за 2000–2020 гг. по указанным выше критериям сумм температур, как правило, отражают средние климатические условия периода. Между тем в каждом конкретном году проведение оптимальных сроков сева озимых культур должно базироваться на складывающихся текущих агрометеорологических условиях с учетом возможного изменения температуры воздуха в осенний период. Для этого были разработаны расчетные методы определения оптимальных сроков сева озимых культур, с учетом прогноза температуры на осенний период² [13].

Проведенный анализ материалов за 2000–2020 гг. помог установить наиболее тесную связь между оптимальным сроком начала сева озимой пшеницы и озимой тритикале и средней температурой воздуха за осенний период с 10 сентября по 15 ноября (рис. 2, *a, b*), а также между средней температурой воздуха за период с 15 сентября по 15 ноября и оптимальным сроком начала сева озимой ржи (рис. 2, *c*).

В представленных на рис. 2 уравнениях зависимости D – *искомая дата начала оптимального срока сева озимой пшеницы, озимой тритикале, озимой ржи (количество дней, прошедших с 20 августа)*, T – *средняя температура воздуха за текущий период (с 10 сентября по 15 ноября для озимой пшеницы и озимой тритикале и с 15 сентября по 15 ноября для озимой ржи) на ближайшей метеорологической станции*. Коэффициенты детерминации (R^2) составляют 0,731–0,763 и характеризуют высокую зависимость дат начала сева озимых зерновых культур от средних температур воздуха за указанные периоды.

Аналогичным способом были рассчитаны и оптимальные сроки окончания сева озимых культур. В качестве критериев были использованы следующие суммы температур: озимая пшеница – 350 °С, озимая тритикале – 320 °С, озимая рожь – 290 °С.

В табл. 1 приведены оптимальные сроки начала и конца сева озимых зерновых культур за 2000–2020 гг. по областям Беларуси, рассчитанные с помощью уравнений.

Таблица 1. Оптимальные сроки начала и конца сева озимых зерновых культур за 2000–2020 гг. по областям Беларуси

Table 1. Optimal sowing time of winter grain crops in 2000–2020 in administrative regions of Belarus

Область	Озимые зерновые	В том числе		
		озимая пшеница	озимая тритикале	озимая рожь
Витебская	05.09–23.09	05.09–18.09	07.09–20.09	9.09–23.09
Минская	09.09–28.09	09.09–22.09	11.09–25.09	13.09–28.09
Гродненская	09.09–02.10	09.09–26.09	12.09–29.09	14.09–02.10
Могилевская	05.09–24.09	05.09–19.09	7.09–22.09	09.09–24.09
Брестская	13.09–07.10	13.09–01.10	16.09–04.10	18.09–07.10
Гомельская	10.09–02.10	10.09–26.09	13.09–29.09	15.09–02.10

Суммы накопленных температур для озимой пшеницы 465–350 °С, тритикале 435–320 °С, озимой ржи 405–290 °С.

Данные сроки сева озимых культур являются более точными по сравнению с указанными в отчете о НИР № ГР 20212460 и в работе [13] и хорошо согласуются с датами начала и окончания сроков сева озимых, приведенных в последних исследованиях РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» и рабочем плане проведения осенних полевых работ в сельскохозяйственных организациях республики в 2021 г. [10, 11, 14]. В отчете о НИР № ГР 20212460 и в [13] приведен подробный алгоритм расчета оптимальных сроков сева озимых зерновых культур с учетом поправки температуры воздуха на сентябрь. Несмотря на простоту расчетов,

¹ Оценка изменений агроклиматических ресурсов территории Республики Беларусь в период осеннего сева сельскохозяйственных культур: отчет о НИР (заключ.).

² Там же.

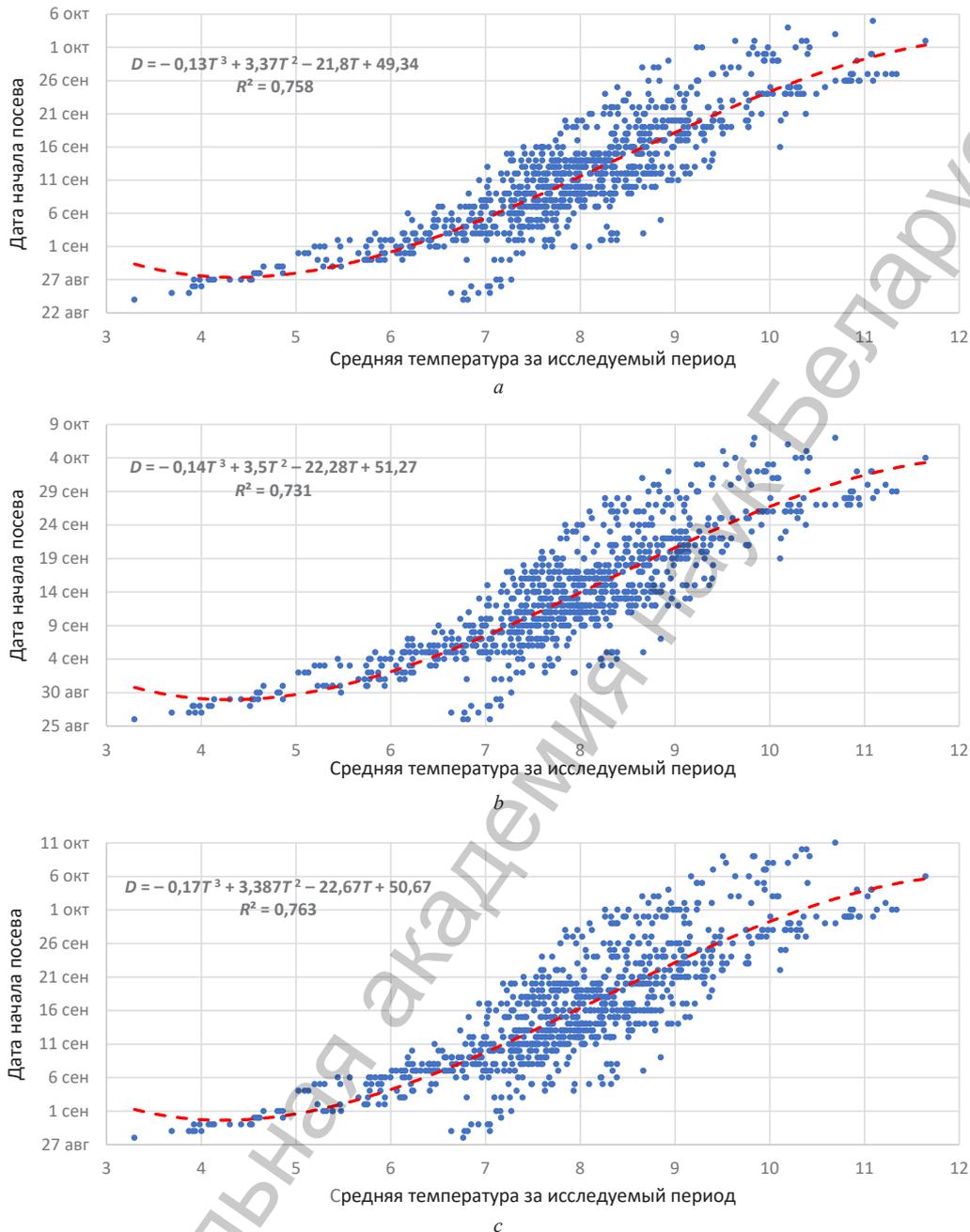


Рис. 2. Зависимость даты начала сева озимой пшеницы (а) и озимой тритикале (b) от средней температуры воздуха за период с 10 сентября по 15 ноября, озимой ржи (с) от средней температуры воздуха за период с 15 сентября по 15 ноября (по данным пунктов наблюдений) за 2000–2020 гг.

Fig. 2. Dependence of the beginning date of winter wheat (a) and winter triticale (b) sowing on the average air temperature from September 10th to November 15th, and winter rye (c) sowing from the average air temperature from September 15th to November 15th (according to the data from observation points) in 2000–2020

использование большого количества вспомогательных таблиц и уравнений может создать для потребителей определенные затруднения при определении начала сроков сева. Для упрощения расчетов нами по указанному алгоритму произведены вычисления оптимальных сроков сева с учетом увеличения (уменьшения) температуры воздуха в сентябре по прогнозу на 1–2 °С. В табл. 2 представлены значения оптимальных сроков сева озимых зерновых культур, которые можно использовать ежегодно с учетом возможной прогнозной температуры сентября. При ожидаемой температуре сентября около нормы используются средние многолетние значения оптимальных сроков сева.

Таблица 2. Оптимальные сроки сева озимых зерновых культур в Беларуси с учетом прогноза температуры воздуха на сентябрь

Table 2. Optimal sowing time of winter crops in Belarus, taking into account the air temperature forecast for September

Пункт наблюдений	Оптимальные сроки сева озимых зерновых культур				
	Средние многолетние значения	При увеличении (+) температуры воздуха в сентябре по прогнозу		При уменьшении (-) температуры воздуха в сентябре по прогнозу	
		на 1 °С	на 2 °С	на 1 °С	на 2 °С
Озимая пшеница					
<i>Витебская область</i>					
Езерище	05.09–14.09	07.09–16.09	09.09–17.09	03.09–13.09	02.09–11.09
Верхнедвинск	07.09–16.09	09.09–17.09	11.09–19.09	05.09–14.09	03.09–13.09
Полоцк	06.09–15.09	08.09–16.09	10.09–18.09	04.09–13.09	03.09–12.09
Шарковщина	09.09–18.09	11.09–19.09	13.09–21.09	07.09–16.09	05.09–15.09
Витебск	08.09–17.09	10.09–19.09	12.09–20.09	06.09–16.09	04.09–14.09
Лынтупы	06.09–15.09	08.09–17.09	10.09–18.09	05.09–14.09	03.09–13.09
Докшицы	07.09–16.09	09.09–17.09	11.09–19.09	05.09–14.09	03.09–13.09
Лепель	07.09–16.09	08.09–17.09	10.09–19.09	05.09–14.09	03.09–13.09
Сенно	08.09–18.09	10.09–19.09	12.09–21.09	06.09–16.09	04.09–15.09
Березинский заповедник	06.09–14.09	08.09–16.09	10.09–17.09	04.09–13.09	02.09–12.09
Орша	06.09–15.09	08.09–16.09	10.09–18.09	04.09–13.09	02.09–12.09
<i>Минская область</i>					
Вилейка	10.09–19.09	12.09–20.09	14.09–22.09	08.09–17.09	06.09–16.09
Борисов	09.09–18.09	11.09–19.09	13.09–21.09	07.09–16.09	05.09–15.09
Воложин	10.09–19.09	12.09–21.09	14.09–23.09	08.09–18.09	06.09–16.09
Минск	11.09–20.09	13.09–21.09	15.09–23.09	09.09–18.09	07.09–17.09
Березино	09.09–18.09	11.09–19.09	13.09–21.09	07.09–16.09	05.09–15.09
Марьина Горка	11.09–21.09	13.09–22.09	15.09–24.09	09.09–19.09	07.09–18.09
Столбцы	12.09–21.09	14.09–23.09	16.09–24.09	10.09–20.09	08.09–18.09
Слуцк	13.09–22.09	15.09–24.09	17.09–25.09	11.09–21.09	09.09–19.09
<i>Гродненская область</i>					
Ошмяны	09.09–19.09	11.09–20.09	13.09–22.09	07.09–17.09	05.09–16.09
Лида	13.09–23.09	15.09–25.09	17.09–26.09	11.09–21.09	09.09–20.09
Гродно	15.09–25.09	17.09–26.09	19.09–28.09	13.09–23.09	10.09–22.09
Новогрудок	10.09–20.09	12.09–21.09	14.09–23.09	08.09–18.09	06.09–17.09
Волковыск	16.09–26.09	18.09–27.09	20.09–29.09	14.09–24.09	12.09–23.09
<i>Могилевская область</i>					
Горки	05.09–14.09	07.09–15.09	09.09–17.09	03.09–12.09	02.09–11.09
Мстиславль	08.09–16.09	10.09–18.09	12.09–19.09	06.09–15.09	04.09–13.09
Могилев	07.09–16.09	09.09–18.09	11.09–19.09	05.09–15.09	03.09–13.09
Кличев	09.09–18.09	11.09–20.09	13.09–21.09	07.09–17.09	05.09–15.09
Славгород	09.09–19.09	12.09–20.09	14.09–22.09	08.09–17.09	06.09–16.09
Костюковичи	08.09–17.09	10.09–19.09	12.09–20.09	06.09–16.09	04.09–14.09
Бобруйск	09.09–19.09	12.09–20.09	14.09–22.09	08.09–17.09	06.09–16.09
<i>Брестская область</i>					
Барановичи	14.09–24.09	16.09–25.09	18.09–27.09	12.09–22.09	10.09–21.09
Ганцевичи	13.09–23.09	15.09–25.09	17.09–26.09	11.09–22.09	09.09–20.09
Ивацевичи	16.09–26.09	18.09–28.09	20.09–29.09	14.09–25.09	12.09–23.09
Пружаны	16.09–26.09	18.09–27.09	20.09–29.09	14.09–24.09	11.09–23.09

Продолжение табл. 2

Пункт наблюдений	Оптимальные сроки сева озимых зерновых культур				
	Средние многолетние значения	При увеличении (+) температуры воздуха в сентябре по прогнозу		При уменьшении (-) температуры воздуха в сентябре по прогнозу	
		на 1 °С	на 2 °С	на 1 °С	на 2 °С
Высокое	18.09–28.09	20.09–29.09	22.09–01.10	16.09–27.09	14.09–25.09
Полесская	13.09–23.09	15.09–25.09	17.09–26.09	11.09–22.09	09.09–20.09
Пинск	18.09–29.09	20.09–30.09	22.09–01.10	16.09–27.09	14.09–26.09
Брест	21.09–01.10	23.09–03.10	25.09–04.10	19.09–30.09	17.09–29.09
Гомельская область					
Чечерск	10.09–21.09	12.09–22.09	15.09–24.09	08.09–19.09	06.09–17.09
Жлобин	13.09–23.09	15.09–25.09	18.09–26.09	11.09–22.09	09.09–20.09
Октябрь	13.09–23.09	15.09–24.09	17.09–26.09	11.09–21.09	09.09–20.09
Гомель	15.09–25.09	17.09–27.09	19.09–28.09	13.09–24.09	11.09–22.09
Василевичи	14.09–24.09	16.09–25.09	18.09–27.09	12.09–22.09	09.09–21.09
Житковичи	15.09–25.09	17.09–27.09	19.09–28.09	13.09–24.09	11.09–22.09
Мозырь	16.09–26.09	18.09–27.09	20.09–29.09	14.09–24.09	12.09–23.09
Брагин	14.09–23.09	16.09–25.09	18.09–26.09	12.09–22.09	09.09–20.09
Лельчицы	15.09–26.09	17.09–28.09	19.09–29.09	13.09–25.09	11.09–23.09
Озимая тритикале					
Витебская область					
Езерище	07.09–17.09	09.09–18.09	11.09–20.09	05.09–15.09	04.09–14.09
Верхнедвинск	09.09–18.09	11.09–20.09	13.09–21.09	07.09–17.09	05.09–15.09
Полоцк	08.09–17.09	10.09–19.09	12.09–20.09	06.09–16.09	05.09–14.09
Шарковщина	11.09–20.09	13.09–22.09	15.09–24.09	09.09–19.09	07.09–17.09
Витебск	10.09–20.09	12.09–21.09	14.09–23.09	08.09–18.09	06.09–17.09
Лынтупы	09.09–18.09	11.09–19.09	13.09–21.09	07.09–16.09	05.09–15.09
Докшицы	09.09–18.09	11.09–20.09	13.09–21.09	07.09–17.09	05.09–15.09
Лепель	09.09–18.09	11.09–20.09	13.09–21.09	07.09–17.09	05.09–15.09
Сенно	10.09–20.09	12.09–22.09	14.09–23.09	08.09–19.09	06.09–17.09
Березинский заповедник	08.09–17.09	10.09–18.09	12.09–20.09	06.09–15.09	04.09–14.09
Орша	08.09–17.09	10.09–19.09	12.09–20.09	06.09–16.09	05.09–14.09
Минская область					
Вилейка	12.09–22.09	14.09–23.09	16.09–25.09	10.09–20.09	08.09–18.09
Борисов	11.09–20.09	13.09–22.09	15.09–24.09	09.09–19.09	07.09–17.09
Воложин	13.09–22.09	15.09–24.09	17.09–25.09	10.09–21.09	08.09–19.09
Минск	13.09–23.09	15.09–24.09	17.09–26.09	11.09–21.09	09.09–19.09
Березино	11.09–20.09	13.09–22.09	15.09–24.09	09.09–19.09	07.09–17.09
Марьина Горка	14.09–23.09	16.09–25.09	18.09–27.09	11.09–22.09	09.09–20.09
Столбцы	14.09–24.09	16.09–26.09	18.09–27.09	12.09–22.09	10.09–21.09
Слуцк	15.09–25.09	17.09–27.09	19.09–28.09	13.09–24.09	11.09–22.09
Гродненская область					
Ошмяны	12.09–21.09	14.09–23.09	16.09–24.09	10.09–20.09	08.09–18.09
Лида	16.09–26.09	18.09–27.09	20.09–29.09	14.09–24.09	11.09–23.09
Гродно	17.09–27.09	19.09–29.09	21.09–30.09	15.09–26.09	13.09–24.09
Новогрудок	13.09–22.09	15.09–24.09	17.09–25.09	10.09–21.09	08.09–19.09
Волковыск	18.09–29.09	20.09–30.09	22.09–02.10	16.09–27.09	14.09–26.09

Продолжение табл. 2

Пункт наблюдений	Оптимальные сроки сева озимых зерновых культур				
	Средние многолетние значения	При увеличении (+) температуры воздуха в сентябре по прогнозу		При уменьшении (-) температуры воздуха в сентябре по прогнозу	
		на 1 °С	на 2 °С	на 1 °С	на 2 °С
Могилевская область					
Горки	07.09–16.09	09.09–18.09	11.09–19.09	05.09–15.09	04.09–13.09
Мстиславль	10.09–19.09	12.09–21.09	15.09–22.09	08.09–17.09	06.09–16.09
Могилев	09.09–18.09	11.09–20.09	13.09–22.09	07.09–17.09	05.09–15.09
Кличев	11.09–21.09	13.09–22.09	15.09–24.09	09.09–19.09	07.09–18.09
Славгород	12.09–22.09	14.09–23.09	16.09–25.09	10.09–20.09	08.09–18.09
Костюковичи	10.09–20.09	12.09–21.09	14.09–23.09	08.09–18.09	06.09–17.09
Бобруйск	12.09–22.09	14.09–23.09	16.09–25.09	10.09–20.09	08.09–18.09
Брестская область					
Барановичи	16.09–26.09	18.09–28.09	20.09–29.09	14.09–25.09	12.09–23.09
Ганцевичи	16.09–26.09	18.09–28.09	20.09–29.09	14.09–24.09	11.09–23.09
Ивацевичи	19.09–29.09	21.09–01.10	23.09–02.10	17.09–28.09	14.09–26.09
Пружаны	18.09–29.09	20.09–30.09	22.09–01.10	16.09–27.09	14.09–26.09
Высокое	20.09–01.10	22.09–02.10	24.09–04.10	18.09–30.09	16.09–28.09
Полесская	16.09–26.09	18.09–28.09	20.09–29.09	13.09–24.09	11.09–23.09
Пинск	21.09–01.10	23.09–03.10	25.09–04.10	19.09–30.09	17.09–29.09
Брест	24.09–04.10	26.09–05.10	27.09–06.10	22.09–03.10	20.09–02.10
Гомельская область					
Чечерск	13.09–23.09	15.09–25.09	17.09–26.09	11.09–22.09	09.09–20.09
Жлобин	16.09–26.09	18.09–27.09	20.09–29.09	14.09–24.09	12.09–23.09
Октябрь	15.09–26.09	17.09–27.09	20.09–29.09	13.09–24.09	11.09–22.09
Гомель	18.09–28.09	20.09–29.09	22.09–01.10	16.09–26.09	14.09–25.09
Василевичи	16.09–26.09	18.09–28.09	20.09–29.09	14.09–25.09	12.09–23.09
Житковичи	18.09–28.09	20.09–30.09	22.09–01.10	15.09–26.09	13.09–25.09
Мозырь	18.09–29.09	21.09–30.09	23.09–02.10	16.09–27.09	14.09–26.09
Брагин	16.09–26.09	18.09–28.09	20.09–29.09	14.09–25.09	12.09–23.09
Лельчицы	18.09–29.09	20.09–30.09	22.09–02.10	15.09–27.09	13.09–26.09
Озимая рожь					
Витебская область					
Езерище	09.09–19.09	11.09–21.09	13.09–22.09	08.09–17.09	06.09–16.09
Верхнедвинск	11.09–21.09	13.09–22.09	15.09–24.09	10.09–19.09	08.09–18.09
Полоцк	10.09–20.09	12.09–21.09	14.09–23.09	09.09–18.09	07.09–17.09
Шарковщина	13.09–23.09	15.09–25.09	17.09–26.09	12.09–21.09	10.09–20.09
Витебск	12.09–22.09	14.09–24.09	16.09–26.09	11.09–21.09	09.09–19.09
Лынтупы	11.09–20.09	13.09–22.09	15.09–24.09	09.09–19.09	08.09–17.09
Докшицы	11.09–21.09	13.09–22.09	15.09–24.09	10.09–19.09	08.09–18.09
Лепель	11.09–21.09	13.09–23.09	15.09–24.09	09.09–19.09	08.09–18.09
Сенно	13.09–23.09	14.09–25.09	16.09–26.09	11.09–21.09	09.09–20.09
Березинский заповедник	10.09–19.09	12.09–21.09	13.09–23.09	08.09–18.09	07.09–16.09
Орша	10.09–20.09	12.09–21.09	14.09–23.09	09.09–18.09	07.09–17.09
Минская область					
Вилейка	14.09–24.09	16.09–26.09	18.09–28.09	13.09–23.09	11.09–21.09
Борисов	13.09–23.09	15.09–25.09	17.09–26.09	11.09–21.09	10.09–20.09
Воложин	15.09–25.09	16.09–27.09	18.09–28.09	13.09–23.09	11.09–22.09

Окончание табл. 2

Пункт наблюдений	Оптимальные сроки сева озимых зерновых культур				
	Средние многолетние значения	При увеличении (+) температуры воздуха в сентябре по прогнозу		При уменьшении (-) температуры воздуха в сентябре по прогнозу	
		на 1 °С	на 2 °С	на 1 °С	на 2 °С
Минск	15.09–25.09	17.09–27.09	19.09–29.09	13.09–24.09	12.09–22.09
Березино	13.09–23.09	15.09–25.09	17.09–26.09	11.09–22.09	10.09–20.09
Марына Горка	16.09–26.09	18.09–28.09	19.09–29.09	14.09–25.09	12.09–23.09
Столбцы	16.09–27.09	18.09–28.09	20.09–30.09	15.09–25.09	13.09–23.09
Слуцк	17.09–28.09	19.09–30.09	21.09–01.10	16.09–26.09	14.09–25.09
Гродненская область					
Ошмяны	14.09–24.09	16.09–26.09	18.09–27.09	12.09–22.09	11.09–21.09
Лида	18.09–29.09	20.09–30.09	22.09–02.10	16.09–27.09	15.09–25.09
Гродно	20.09–30.09	21.09–02.10	23.09–03.10	18.09–29.09	16.09–27.09
Новогрудок	15.09–25.09	17.09–27.09	18.09–28.09	13.09–23.09	11.09–22.09
Волковыск	21.09–02.10	23.09–03.10	24.09–04.10	19.09–30.09	17.09–29.09
Могилевская область					
Горки	09.09–19.09	11.09–20.09	13.09–22.09	08.09–17.09	06.09–16.09
Мстиславль	12.09–22.09	14.09–23.09	16.09–25.09	11.09–20.09	09.09–18.09
Могилев	11.09–21.09	13.09–23.09	15.09–24.09	10.09–20.09	08.09–18.09
Кличев	13.09–24.09	15.09–25.09	17.09–27.09	12.09–22.09	10.09–20.09
Славгород	14.09–24.09	16.09–26.09	18.09–28.09	12.09–23.09	11.09–21.09
Костюковичи	12.09–22.09	14.09–24.09	16.09–26.09	11.09–21.09	09.09–19.09
Бобруйск	14.09–24.09	16.09–26.09	18.09–28.09	12.09–23.09	11.09–21.09
Брестская область					
Барановичи	19.09–29.09	20.09–01.10	22.09–02.10	17.09–28.09	15.09–26.09
Ганцевичи	18.09–29.09	20.09–30.09	22.09–02.10	17.09–27.09	15.09–26.09
Ивацевичи	21.09–02.10	23.09–03.10	25.09–05.10	20.09–01.10	18.09–29.09
Пружаны	21.09–01.10	22.09–03.10	24.09–04.10	19.09–30.09	17.09–28.09
Высокое	23.09–04.10	25.09–05.10	26.09–06.10	21.09–02.10	20.09–01.10
Полесская	18.09–29.09	20.09–30.09	22.09–02.10	16.09–27.09	15.09–26.09
Пинск	23.09–04.10	25.09–06.10	27.09–07.10	22.09–03.10	20.09–01.10
Брест	27.09–07.10	28.09–08.10	29.09–09.10	25.09–06.10	23.09–05.10
Гомельская область					
Чечерск	15.09–26.09	17.09–28.09	19.09–29.09	14.09–24.09	12.09–23.09
Жлобин	18.09–29.09	20.09–30.09	22.09–02.10	16.09–27.09	15.09–26.09
Октябрь	18.09–28.09	20.09–30.09	21.09–02.10	16.09–27.09	14.09–25.09
Гомель	20.09–01.10	22.09–02.10	24.09–04.10	18.09–29.09	16.09–28.09
Василевичи	19.09–29.09	20.09–01.10	22.09–02.10	17.09–28.09	15.09–26.09
Житковичи	20.09–01.10	22.09–02.10	24.09–04.10	18.09–29.09	17.09–28.09
Мозырь	21.09–02.10	22.09–03.10	24.09–04.10	19.09–30.09	17.09–29.09
Брагин	18.09–29.09	20.09–30.09	22.09–02.10	17.09–27.09	15.09–26.09
Лельчицы	21.09–02.10	22.09–03.10	24.09–05.10	19.09–30.09	17.09–29.09

Анализ данных показывает, что в большинстве случаев увеличение (уменьшение) температуры воздуха в сентябре на 1–2 °С приводит к сдвигу сроков сева соответственно на 2–4 дня позже (раньше) по отношению к средним многолетним значениям. Для получения оптимальных сроков сева озимых культур по административным областям необходимо средние оптимальные сроки сева по каждой культуре, указанные в табл. 1, сдвинуть на 2–4 дня в зависимости от прогнозной температуры на сентябрь (1–2 °С) или получить из табл. 2 по пунктам наблюдений.

Для районов, не имеющих пунктов наблюдений, рекомендуется использовать данные по срокам сева по близлежащим станциям, указанным в табл. 2. Рекомендуется также использовать данные распределения сумм температур осеннего периода (с 1 сентября до даты прекращения вегетации осенью) за период 2000–2020 гг., приведенные на рис. 1. Административные районы и отдельные пункты, попадающие в границы одних сумм температур, наиболее близки по теплообеспеченности и, соответственно, по срокам начала сева озимых культур. Сроки сева озимых культур в каждой области могут отличаться в пределах 1–3 дней. В хозяйствах для полей и участков с выраженным рельефом желательны вводить соответствующие поправки к срокам сева озимых с учетом орографии участка. На пологих северных склонах (крутизна меньше 10°), получающих меньше тепла, чем ровное место, сев следует начинать на 3–4 дня раньше, чем указано в табл. 2, а на южных склонах той же крутизны, наоборот, можно сеять на 3–4 дня позднее [6]. На тяжелых суглинистых почвах сев необходимо начинать на 2–3 дня раньше. Чем разнообразнее почвенно-климатические условия области (района), тем дифференцированнее оптимальные сроки сева озимых культур в пределах области (района).

Заключение. 1. Впервые рассчитаны значения оптимальных сроков начала и конца сева озимых зерновых культур на территории Республики Беларусь с учетом прогнозируемой температуры воздуха на сентябрь.

2. Даны рекомендации по расчету оптимальных сроков сева озимых зерновых культур для пунктов, не имеющих гидрометеорологических наблюдений, а также с возможным учетом местоположения поля.

Список использованных источников

1. Оценка изменений агроклиматических ресурсов на территории Республики Беларусь в период осеннего сева озимых зерновых культур / В. И. Мельник [и др.] // Природ. ресурсы. – 2022. – № 1. – С. 5–15.
2. Оценка агроклиматических ресурсов территории Беларуси за период с 1989 по 2015 г. / В. И. Мельник [и др.] // Природ. ресурсы. – 2018. – № 2. – С. 88–101.
3. Федосеев, А. П. Агротехника и погода / А. П. Федосеев. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 240 с.
4. Зерновые культуры / Д. Шпаар [и др.]; под ред. Д. Шпаара. – 2-е изд., дораб. и доп. – Минск: ФУАинформ, 2000. – 421 с.
5. Мельник, В. И. Влияние изменения климата на агроклиматические ресурсы и продуктивность сельскохозяйственных культур Беларуси: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.23 / В. И. Мельник; Ин-т проблем использования природ. ресурсов и экологии. – Минск, 2004. – 21 с.
6. Пятовская, Л. К. Агрометеорологическое обоснование сроков сева / Л. К. Пятовская. – Минск: Ураджай, 1977. – 103 с.
7. Страшная, А. И. О сроках сева озимых культур в условиях изменения климата и их прогнозирование в Приволжском федеральном округе / А. И. Страшная, Т. А. Максименкова, О. В. Чуб // Тр. Гидрометеорол. науч.-исслед. центра Рос. Федерации. – 2011. – Вып. 345. – С. 155–170.
8. Елисеев, С. Л. О сроках посева озимой ржи в Предуралье / С. Л. Елисеев // Аграр. вестн. Урала. – 2011. – № 1 (80). – С. 5–6.
9. Саранин, К. И. Озимая пшеница / К. И. Саранин. – М.: Моск. рабочий, 1973. – 151 с.
10. Ретроспективный анализ оптимальности сроков сева озимых зерновых в Республике Беларусь за 1996–2011 годы в связи с потеплением климата / К. Г. Шашко [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2012. – № 3. – С. 6–8.
11. Шашко, К. Г. Оптимизация сроков сева озимых зерновых культур в связи с потеплением климата Беларуси / К. Г. Шашко, Ф. И. Привалов, В. В. Холодинский // Земледелие и селекция Беларуси: сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2012. – Вып. 50. – С. 179–187.
12. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от сроков сева / В. В. Кот [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2021. – Вып. 57. – С. 77–87.
13. Определение оптимальных сроков сева озимых культур на территории Беларуси в условиях современного изменения климата / В. И. Мельник [и др.] // Гидрометеорол. исслед. и прогнозы. – 2022. – № 1 (383). – С. 108–127. <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2022-1-108-127>
14. Рабочий план проведения осенних полевых работ в сельскохозяйственных организациях республики в 2021 году [Электронный ресурс] / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь. – Минск, 2021. – Режим доступа: https://mshp.gov.by/documents/plant/rabochiy_plan_osennego_seva_v_21_g2.pdf. – Дата доступа: 22.10.2021.

References

1. Melnik V. I., Brovka Yu. A., Bondarenko Yu. A., Buyakov I. V., Shumskaya T. G. Assessment of changes in agroclimatic resources on the territory of Belarus during the autumn sowing of winter grain crops. *Prirodnye resursy = Natural Resources*, 2022, no. 1, pp. 5–15 (in Russian).

2. Melnik V. I., Danilovich I. S., Kuliashova I. Y., Komarouskaya A. V., Melchakova N. V. Assessment of the agroclimatic resources of the territory of Belarus for the period 1989–2015. *Prirodnye resursy = Natural Resources*, 2018, no. 2, pp. 88–101 (in Russian).
3. Fedoseev A. P. *Agricultural technology and weather*. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1979. 240 p. (in Russian).
4. Shpaar D. (ed.). *Grain crops*. Minsk, FUAinform Publ., 2000. 421 p. (in Russian).
5. Melnik V. I. *Effect of climate change on agroclimatic resources and productivity of crops in Belarus*. Minsk, 2004. 21 p. (in Russian).
6. Pyatovskaya L. K. *Agrometeorological basis of sowing terms*. Minsk, Uradzhai Publ., 1977. 103 p. (in Russian).
7. Strashnaya A. A., Maksimenkova T. A., Chub O. V. Terms of sowing of winter crops in the climate change conditions and their forecasting in Privolzhsky federal district. *Trudy Gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo tsentra Rossiiskoi Federatsii = Proceedings of Hydrometcentre of Russia*, 2011, iss. 345, pp. 155–170 (in Russian).
8. Eliseev S. L. Time of winter rye sowing in Preduralje. *Agrarnyi vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2011, no. 1 (80), pp. 5–6 (in Russian).
9. Saranin K. I. *Winter wheat*. Moscow, Moskovskii rabochii Publ., 1973. 151 p. (in Russian).
10. Shashko K. G., Privalov F. I., Kholodinskii V. V., Volkova A. I., Satsyuk I. V., Schastnaya A. A., Akulich I. S., Kulaeva A. A. Retrospective analysis of winter grain crops optimum sowing terms in the Republic of Belarus for 1996–2011 period in connection with climate warming. *Ziemlyarobstva i akhova raslin [Agriculture and Plant Protection]*, 2012, no. 3, pp. 6–8 (in Russian).
11. Shashko K. G., Privalov F. I., Kholodinskii V. V. Optimization of sowing terms of winter cereal crops due to climate warming in Belarus. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi: sbornik nauchnykh trudov [Arable Farming and Plant Breeding in Belarus: collection of scientific papers]*. Minsk, 2012, iss. 50, pp. 179–187 (in Russian).
12. Kot V. V., Satsyuk I. V., Gordei S. I., Shanbanovich A. Yu., Luchenok A. N., Ardashnikova A. E., Trushko V. Yu. Winter wheat yield in relation to sowing dates. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi: sbornik nauchnykh trudov [Arable Farming and Plant Breeding in Belarus: collection of scientific papers]*. Minsk, 2021, iss. 57, pp. 77–87 (in Russian).
13. Melnik V. I., Bondarenko Yu. A., Brovka Yu. A., Khitrykau M. A. Determination of optimal sowing periods for winter crops on the territory of Belarus in the context of modern climate change. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy = Hydrometeorological Reserach and Forecasting*, 2022, no. 1 (383), pp. 108–127 (in Russian). <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2022-1-108-127>
14. *Work plan of autumn field works in agricultural organizations of the republic in 2021*. Minsk, 2021. Available at: https://mshp.gov.by/documents/plant/rabochiy_plan_osennego_seva_v_21_g2.pdf (accessed 12 October 2021) (in Russian).

Информация об авторах

Мельник Виктор Иванович – кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, Минск, Республика Беларусь). E-mail: v.melnik2016@mail.ru

Бровка Юлия Александровна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, Минск, Республика Беларусь). E-mail: brovka.yuliya@mail.ru

Бондаренко Юрий Александрович – младший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, Минск, Республика Беларусь). E-mail: bondarenuyura@gmail.com

Хитриков Максим Александрович – кандидат географических наук, научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, Минск, Республика Беларусь). E-mail: m.a.hitrykau@gmail.com

Information about the authors

Viktar I. Melnik – Ph. D. (Geography), Senior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: v.melnik2016@mail.ru

Yuliya A. Brovka – Ph. D. (Geography), Senior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: brovka.yuliya@mail.ru

Yury A. Bondarenko – Junior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: bondarenuyura@gmail.com

Maksim A. Khitrykau – Ph. D. (Geography), Junior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: m.a.hitrykau@gmail.com