

22 июня 2021 г., № 208. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100023659>. – Дата доступа: 10.07.2023.

7. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) [Electronic resource]. – 2010. – Mode of access: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32010L0075>. – Date of access: 17.07.2023.

8. Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz, BImSchG) [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.gesetze-im-internet.de/bimSchG/>. – Date of access: 17.07.2023.

УДК 551.5, 633.1

**В. И. МЕЛЬНИК, Ю. А. БОНДАРЕНКО**

Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

E-mail: v.melnik 2016@mail.ru

## **ОПТИМИЗАЦИЯ СРОКОВ СЕВА ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ТЕРРИТОРИИ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

**Введение.** Как известно, текущие погодные условия и изменение климата оказывают существенное влияние на сектор сельского хозяйства. В зависимости от складывающихся погодных условий валовой сбор зерна в Беларуси за последние 10 лет изменялся от 6,1 до 9,6 млн т (в 2021 г. – около 11 млн т). На долю озимых зерновых культур в среднем приходится 55–60 % валового сбора зерна. При этом урожайность озимых зерновых культур практически во все годы превосходит урожайность яровых. Это связано с тем, что озимые культуры в связи с более ранним развитием лучше используют весенние запасы влаги в почве и чаще уходят от засухи или менее резко реагируют на нее. Однако колебания урожайности озимых бывают значительными и объясняются как агрометеорологическими условиями весенне-летнего периода, так и условиями сева, осенней вегетации и перезимовки растений. Вклад условий осенне-зимнего периода в колебания урожайности в конкретные годы может составлять от 25 до 40 % [1]. В условиях современного потепления климата обеспеченность теплом растений осенью улучшилось за счет повышения температурного

режима (в большей степени) и увеличения продолжительности осенней вегетации. Суммы активных температур выше  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  за осенний период (с 1 сентября до даты перехода среднесуточной температуры воздуха через  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  осенью (прекращение вегетации)) за 2000–2020 гг. в северных и центральных районах составляют 500–600  $^{\circ}\text{C}$ ; в Гомельской, на большей части территории Брестской и в западной половине Гродненской области составляет 600–650  $^{\circ}\text{C}$ , в крайних южных и западных районах Брестской области – более 650  $^{\circ}\text{C}$ , максимум в Бресте – 735  $^{\circ}\text{C}$ .

Начало сева и последующая вегетация озимых культур в осенний период проходит 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 на песчаных и супесчаных почвах [2]. Для озимых зерновых культур оптимальными считаются сроки сева, при которых растения до прекращения вегетации хорошо раскустились и приобрели закалку к низким температурам в зимний период.

На основании литературных источников, данных наблюдений пунктов гидрометеорологической сети за фазами развития озимых культур осеннего периода, результатов исследований по кустистости для территории Беларуси были приняты следующие критерии сумм активных температур: для озимой пшеницы – 465  $^{\circ}\text{C}$  (начало сева) и 350  $^{\circ}\text{C}$  для периода «посев – начало кущения» (конец сева), для озимого тритикале – соответственно 435–320  $^{\circ}\text{C}$ , озимой ржи – 405–290  $^{\circ}\text{C}$  [3]. Указанные суммы температур обеспечивают не менее двух-трех побегов к моменту прекращения вегетации озимых культур. На основании указанных критериев были рассчитаны многолетние сроки начала и окончания сева озимых культур за период 2000–2020 гг., характеризующего последние изменения климата [3].

**Определение оптимальных сроков сева озимых по уравнениям.** С учетом установленных критериев по суммам температур, необходимых для наступления кущения озимых культур осенью до даты прекращения вегетации, за 2000–2020 гг. были рассчитаны ежегодные оптимальные сроки сева (расчеты оптимальных сроков сева за каждый год велись с использованием компьютерной программы, созданной в среде MATLAB; всего рассмотрено более 1000 годо-случаев). Проведенный анализ материалов за 2000–2020 гг. помог установить наиболее тесную связь между средней температурой воздуха за осенний период с 10 сентября по 15 ноября и оптимальным сроком начала сева озимых (озимой пшеницы) (рисунок).

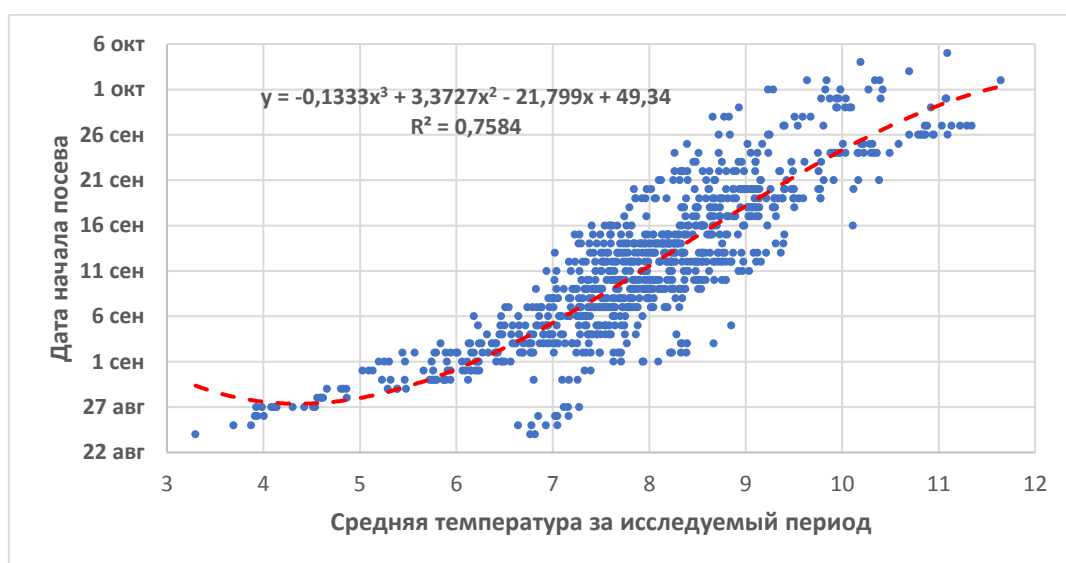


Рисунок – Зависимость даты начала сева озимой пшеницы от средней температуры воздуха за период с 10 сентября по 15 ноября (по данным пунктов наблюдений) за 2000–2020 гг.

Уравнение этой зависимости имеет следующий вид:

$$D = -0,13T^3 + 3,37T^2 - 21,8T + 49,34, \quad (1)$$

где  $D$  – искомая дата начала оптимального срока сева озимой пшеницы (количество дней, прошедших с 20 августа),  $T$  – средняя температура воздуха за текущий период (с 10 сентября по 15 ноября) по ближайшему пункту наблюдений (станции).

Аналогичные зависимости связи были установлены между средней температурой воздуха за период с 10 сентября по 15 ноября и оптимальным сроком начала сева озимого тритикале, а также между средней температурой воздуха за период с 15 сентября по 15 ноября и оптимальным сроком начала сева озимой ржи (уравнения 2, 3).

$$D = -0,14T^3 + 3,5T^2 - 22,28T + 51,27, \quad (2)$$

$$D = -0,17T^3 + 3,87T^2 - 22,67T + 50,67, \quad (3)$$

где  $D$  – искомая дата начала оптимального срока сева озимого тритикале (19), озимой ржи (20), считается по количеству дней, прошедших с 20 августа),  $T$  – средняя температура воздуха за текущий период (с 10 сентября по 15 ноября для озимого тритикале и с 15 сентября по 15 ноября для озимой ржи) на ближайшей станции.

Коэффициенты детерминации соответственно равны  $R_{пш}^2 = 0,758$ ,  $R_{тр}^2 = 0,731$ ,  $R_{рж}^2 = 0,763$ , что характеризует высокую зависимость дат начала сева от средних температур воздуха за указанные периоды.

Аналогичным способом были рассчитаны и оптимальные сроки окончания сева озимых культур. Связь между средней температурой за период и оптимальными датами окончания сева озимых выражается уравнениями:

$$D = -0,21T^3 + 4,6T^2 - 26T + 58, \quad (4)$$

$$D = -0,19T^3 + 4,3T^2 - 24T + 55, \quad (5)$$

$$D = -0,22T^3 + 4,8T^2 - 26T + 60, \quad (6)$$

где  $D$  – искомая дата окончания срока сева озимой пшеницы (4); озимого тритикале (5); озимой ржи (6). Считается по количеству дней, прошедших с 20 августа),  $T$  – средняя температура воздуха за период с 20 сентября по 10 ноября.

Для определения начала оптимального сева в конкретном году надо знать среднюю температуру за осенний период по близлежащему пункту наблюдений и прогноз погоды на сентябрь, который дается в конце августа. Средняя температура октября и ноября берется по многолетним данным. С учетом прогноза на сентябрь рассчитывается средняя температура за осенний период для каждой культуры, которая затем используется в расчетах даты начала сева. В работе [3] приведен подробный алгоритм расчета оптимальных сроков сева озимых зерновых культур с учетом поправки температуры воздуха на сентябрь.

Для упрощения расчетов нами с помощью уравнений (1–6) произведены вычисления оптимальных сроков сева озимых культур с учетом увеличения (уменьшения) температуры воздуха в сентябре по прогнозу на 1–2 °С. В таблице представлены значения оптимальных сроков сева озимой пшеницы, рассчитанные по пунктам наблюдений для Брестской области с учетом прогноза температуры воздуха на сентябрь. При ожидаемой температуре сентября около нормы используются средние многолетние значения оптимальных сроков сева.

В настоящее время такие расчеты выполнены для всех районов Брестской области. В хозяйствах для полей и участков с выраженным рельефом желательно вводить соответствующие поправки к срокам сева озимых с учетом рельефа поля. На пологих северных склонах (крутизна меньше 10°), получающих меньше тепла, ровное место сев следует начинать на 3–4 дня раньше, чем указано в таблице, а на южных склонах той же крутизны, наоборот, можно сеять на 3–4 дня позднее [3]. Чем

разнообразные почвенно-климатические условия области (района), тем продолжительнее оптимальные сроки сева озимых культур в пределах области (района).

Таблица – Оптимальные сроки сева озимой пшеницы в Брестской области с учетом прогноза температуры воздуха на сентябрь

Область / пункт наблюдений	Оптимальные сроки сева озимых зерновых культур				
	Средние многолетние значения	При увеличении (+) температуры воздуха в сентябре по прогнозу на		При уменьшении (-) температуры воздуха в сентябре по прогнозу на	
		1 °С	2 °С	1 °С	2 °С
Озимая пшеница					
Брестская	13.09–01.10	15.09–03.10	17.09–4.10	11.09–30.09	9–29.09
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
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

В настоящее время в Институте природопользования НАН Беларуси разработана и внедрена в Белгидромете программа расчета оптимальных сроков сева озимых культур с учетом прогноза температуры воздуха на сентябрь. С помощью указанной программы можно рассчитать оптимальные сроки сева для каждого административного района, используя уравнения и распределение сумм температур осеннего периода. Для автоматизации всего процесса расчета оптимальных сроков сева озимых культур (от конкретного поля до области) в настоящее время проводится работа по детальному учету сведений по конкретному полю: местоположение, рельеф, тип почвы.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моисейчик, В. А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур / В. А. Моисейчик. – Л. : Гидрометеиздат, 1975. – 294 с.
2. Оценка изменений агроклиматических ресурсов территории Республики Беларусь в период осеннего сева озимых зерновых культур / В. И. Мельник и [др.] // Природ. ресурсы. – 2022. – № 1. – С. 5–15.
3. Определение оптимальных сроков сева озимых культур на территории Беларуси в условиях современного изменения климата / В. И. Мельник // Гидрометеорол. исслед. и прогнозы. – 2022. – № 1 (383). – С. 108–125.