

<https://doi.org/10.47612/2079-3928-2024-1-88-94>
УДК 633.1:551.583(476)

Поступила в редакцию 18.03.2024
Received 18.03.2024

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СРОКОВ СЕВА ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ И ЛОКАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

В. И. Мельник, Ю. А. Бондаренко

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. В статье показана важность проведения сева озимых зерновых культур в осенний период в оптимальные сроки с учетом температуры воздуха, рельефа и механического состава почв. Показано изменение сроков сева озимой пшеницы по территории Беларуси при учете прогнозной температуры воздуха на сентябрь. Определены оптимальные сроки сева озимых культур для административных областей и районов с учетом прогнозируемой температуры воздуха на сентябрь. На основании литературных источников составлены поправочные значения к температуре воздуха в зависимости от различных типов рельефа и почв и их влияние на дату сева. На примере Логойского района Минской области рассчитаны сроки сева озимой пшеницы для конкретного поля с учетом прогноза температуры воздуха на сентябрь и микроклимата поля (рельеф, механический состав почвы). Анализ полученных данных показывает, что использование поправок в пределах хозяйства с учетом микроклимата поля (рельеф и почвы) и прогноза температуры воздуха на сентябрь может приводить к сдвигу сроков сева озимых культур до 8–10 дней в пределах хозяйства (района) по отношению к многолетним данным. Полученные результаты могут стать основой для планирования оптимальных сроков сева озимых зерновых культур на всех уровнях (от административных областей и районов до фермерских хозяйств).

Ключевые слова: оптимальные сроки сева; изменение климата; микроклимат.

Для цитирования. Мельник В. И., Бондаренко Ю. А. Определение оптимальных сроков сева озимых зерновых культур на территории Беларуси с учетом региональных и локальных климатических изменений // Природопользование. – 2024. – № 1. – С. 88–94.

THE DETERMINATION OF OPTIMAL TIMES FOR SOWING WINTER GRAIN CROPS IN THE TERRITORY OF BELARUS TAKING INTO ACCOUNT REGIONAL AND LOCAL CLIMATIC FEATURES

V. I. Melnik, Yu. A. Bondarenko

Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. The article shows the importance of sowing winter grain crops in autumn at optimal times, taking into account the relief and mechanical composition of the soil. The change of sowing dates of winter wheat on the territory of Belarus taking into account the forecast air temperature for September is shown. The optimal timing of sowing winter wheat for administrative regions and districts has been determined. Using the example of Logoisk district of Minsk region, the optimal timing of sowing winter wheat for a specific field was calculated, taking into account the forecast of air temperature for September and the microclimate of the field (topography, soil texture). The results obtained can become the basis for planning the optimal timing of sowing winter grain crops at all levels (from administrative regions and districts to farms).

Keywords: optimal timing of sowing; climate change; microclimate.

For citation. Melnik V. I., Bondarenko Yu. A. The determination of optimal times for sowing winter grain crops in the territory of Belarus taking into account regional and local climatic features. *Nature Management*, 2024, no.1, pp. 88–94.

Введение. Ведение сельскохозяйственного производства должно проводиться на основе новых знаний о климатических изменениях и связанных с ними количественных оценок изменения агроклиматических показателей. Сказанное относится не только к характеристике показателей вегетационного периода, но и к отдельным приемам и технологиям возделывания сельскохозяйственных культур, среди которых важным является выбор оптимальных сроков сева. На долю озимых зерновых культур

в республике в среднем приходится 55–60 % валового сбора. Как правило, 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 и 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 % [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. При этом сев озимых культур 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 [1].

Результаты предыдущих исследований. В ранее выполненных работах на основании литературных источников, последних исследований белорусских ученых, данных пунктов наблюдений гидрометеорологической сети за фазами развития озимых культур осеннего периода, результатов исследований по кустистости, для территории Беларуси установлены следующие критерии сумм активных температур, определяющие начало и конец сева озимых культур: для озимой пшеницы – 465 °С (начало сева) и 350 °С для периода «посев – начало кущения» (конец сева), для озимого тритикале – 435–320 °С, для озимой ржи – 405–290 °С соответственно [2, 3]. На основании принятых критериев были рассчитаны многолетние сроки начала и окончания сева озимых культур за период 2000–2020 гг., характеризующий последние изменения климата по областям и административным районам.

Проведенный анализ материалов помог установить наиболее тесную связь между оптимальным сроком начала сева озимых культур и средней температурой воздуха за конкретный осенний период. Ниже приведен график зависимости начала сева озимой пшеницы от средней температуры воздуха за период с 10 сентября по 15 ноября (рис. 1).

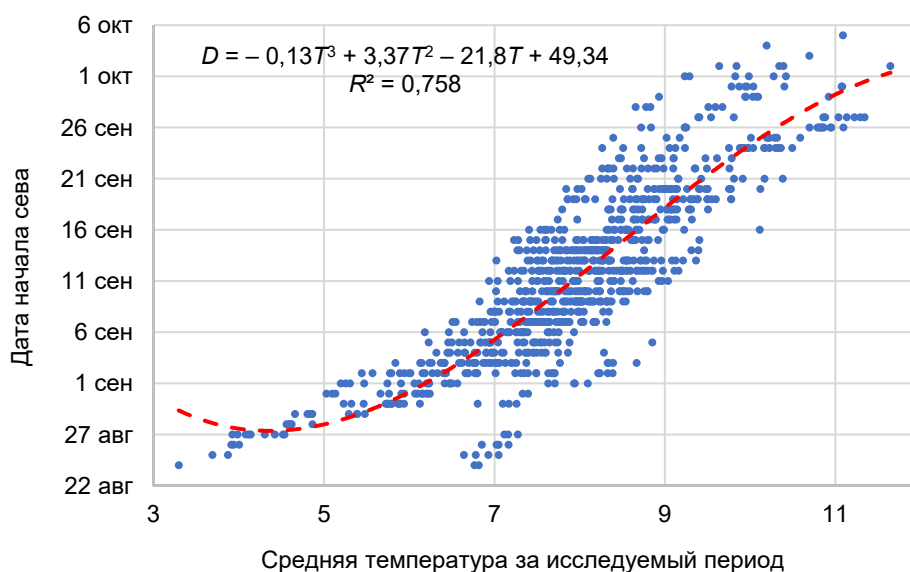


Рис. 1. Зависимость даты начала сева озимой пшеницы от средней температуры воздуха за период с 10 сентября по 15 ноября, 2000–2020 гг.

Fig. 1. Dependence of the start date of winter wheat sowing on the average air temperature for the period from September 10 to November 15, 2000–2020

В представленном на рис. 1 уравнении: D – искомая дата начала оптимального срока сева озимой пшеницы (количество дней, прошедших с 20 августа); T – средняя температура воздуха за период (с 10 сентября по 15 ноября) по ближайшему пункту наблюдений. Аналогичным способом были рассчитаны и оптимальные сроки окончания сева озимых культур. Рассчитанные многолетние сроки начала и окончания сева озимых культур за период 2000–2020 гг. по областям приведены в табл. 1 и отражают средние климатические условия указанного периода.

Таблица 1. Оптимальные сроки начала и конца сева озимых зерновых культур за 2000–2020 гг. по областям Беларуси**Table 1. Optimal dates for the start and end of sowing winter grain crops for 2000–2020 by regions of Belarus**

Область	Озимые зерновые	В том числе		
		озимая пшеница	озимое тритикале	озимая рожь
Витебская	05.09–23.09	05.09–18.09	07.09–20.09	10.09–23.09
Минская	08.09–30.09	08.09–23.09	10.09–25.09	12.09–30.09
Гродненская	08.09–02.10	08.09–27.09	10.09–29.09	13.09–02.10
Могилёвская	06.09–27.09	06.09–21.09	08.09–23.09	10.09–27.09
Брестская	13.09–08.10	13.09–01.10	16.09–06.10	18.09–08.10
Гомельская	10.09–02.10	10.09–26.09	13.09–29.09	15.09–02.10

Результаты и их обсуждение. Оптимальные сроки сева озимых культур для каждого района были рассчитаны с помощью интерполирования соседних станционных данных [4].

Для каждого конкретного года проведение сроков сева должно базироваться на складывающихся текущих агрометеорологических условиях с учетом возможного изменения температуры воздуха в осенний период. Для этого были разработаны алгоритмы коррекции и расчетные методы определения оптимальных сроков сева озимых культур с учетом прогноза температуры воздуха на сентябрь [5, 6].

Анализ данных показывает, что в большинстве случаев увеличение (уменьшение) температуры воздуха в сентябре на 1–2 °C приводит к сдвигу сроков сева соответственно на 2–4 дня позже (раньше) по отношению к средним многолетним значениям.

Для прогнозирования 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 °C) или получить из таблицы (см. приложение) по административным районам. Для примера на рис. 2 наглядно показано изменение сроков сева озимой пшеницы по территории Беларуси при учете прогнозной температуры воздуха на сентябрь (увеличение температуры воздуха на +2 °C).

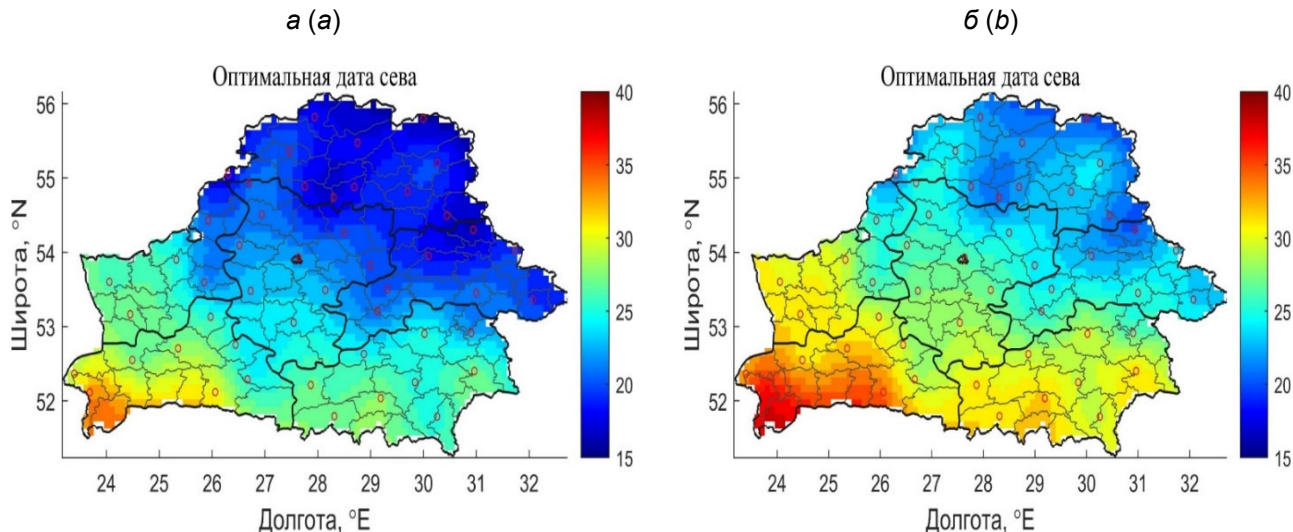


Рис. 2. Оптимальные сроки сева озимой пшеницы для территории Республики Беларусь:
а – средние многолетние значения; б – значения с учетом прогноза температуры воздуха на сентябрь.
 Цветом отмечено количество дней с 20 августа

Fig. 2. Optimal timing of sowing winter wheat for the territory of the Republic of Belarus:
а – average long-term values; б – term values taking into account the air temperature forecast for September.
 The color indicates the number of days since August 20

Расчеты оптимальных сроков сева озимых зерновых культур для конкретного поля. При переходе на более дифференцированный уровень проведения агротехнических мероприятий, соответствующий конкретным полям хозяйства, важное значение приобретает учет микроклимата полей. Так, например, в сентябре на южных склонах с уклоном 10° суммарная радиация на 5–9 % больше,

а на северных склонах – на 7–11 % меньше, чем на горизонтальной поверхности. Супесчаные и легкосуглинистые почвы обычно теплее глинистых и тяжелосуглинистых [7–9]. На основании литературных источников составлена табл. 2 поправок температуры на рельеф и тип почвы. Поправочные значения для сроков сева в зависимости от рельефа и почвы рассчитаны в совокупности с прогнозом температуры воздуха только на сентябрь как наиболее теплую часть осеннего периода (см. приложение).

Таблица 2. Поправочные значения к температуре воздуха в зависимости от различных типов рельефа и почв и их влияние на дату сева

Table 2. Correction values for air temperature depending on different types of terrain and soils and their influence on the sowing date

Показатель	Поправка (изменение) температуры, °C	Изменение даты начала сроков сева озимых, дни
<i>Форма рельефа</i>		
Вершины холмов и южные склоны крутизной до 10°	1	–1...–3
Северные склоны крутизной до 10° и прилегающие части дна нешироких долин	–1	+2...+3
Западные и восточные части склонов, равнины	0	0
<i>Почва</i>		
Песчаная, супесчаная	+2,0	–3...–5
Легкосуглинистая	+1,0	–1...–3
Среднесуглинистая	0	0
Тяжелосуглинистая, глинистая	–1,0	+1...+3

В хозяйствах для полей с выраженным рельефом желательно вводить соответствующие поправки к срокам сева озимых на рельеф конкретного поля с учетом типа почвы. На пологих северных склонах (крутизна до 10°), получающих меньше тепла, чем ровное место, сев следует начинать на 2–3 дня раньше, чем указано в таблице (см. приложение), а на южных склонах той же крутизны, наоборот, можно сеять на 2–3 дня позднее. На тяжелых суглинистых почвах сев необходимо начинать на 2–3 дня раньше. Чем разнообразнее почвенно-климатические условия области (района), тем более дифференцированы сроки сева культур.

Пример расчета начала оптимального срока сева озимой пшеницы в Логойском районе на поле с легкосуглинистой почвой на южном склоне при прогнозе температуры воздуха на сентябрь на 2 °C выше нормы.

1. По таблице (см. приложение) находим средний многолетний срок начала сева озимой пшеницы для Логойского района – 8 сентября.

2. По прогнозу температура сентября ожидается на 2 °C выше нормы, для легкосуглинистой почвы поправка еще +1 °C (см. табл. 2) и, учитывая южный склон, вводим поправку еще +1 °C, т. е. всего увеличение температуры воздуха для конкретного места (поля) в целом составит 4 °C.

3. По таблице (см. приложение) находим уточненный срок оптимального сева для данного года при увеличении суммарной поправки на 4 °C – 16 сентября.

4. Для полей с северным склоном крутизной не более 10° и тяжелой почвой в указанном районе уточненный оптимальный срок начала сева озимой пшеницы в соответствии с таблицей (см. приложение) составит 8 сентября (+2 °C – поправка на прогноз, –1 °C поправка на почву и –1 °C поправка на рельеф). Суммарная поправка равна 0 °C.

Анализ полученных данных показывает, что использование поправок в пределах хозяйства с учетом микроклимата поля (рельеф и почвы) и прогноза температуры воздуха на сентябрь может приводить к сдвигу оптимальных сроков сева озимых культур до 8–10 дней в пределах хозяйства (района) по отношению к многолетним данным. Недоучет поправок и, соответственно, посев озимых раньше или позже оптимальных сроков, согласно исследованиям, может привести впоследствии к снижению урожая до 10 % [1]. В настоящее время в Институте природопользования НАН Беларуси разработан программный продукт расчета оптимальных сроков сева озимых зерновых культур для области, района и конкретного поля с учетом прогноза температуры воздуха на сентябрь и микроклимата поля.

Приложение
Application

Оптимальные сроки сева озимой пшеницы с учетом суммарной поправки для отдельных районов Минской области

Optimal timing for sowing winter wheat, taking into account the total amendment for individual districts of the Minsk region

Район Минской области	Средняя темпера- тура, °C	Средние многолетние значения	Суммарная поправка температуры*, °										
			–5	–4	–3	–2	–1	0	1	2	3	4	5
Борисовский	7,45	08.09–17.09	31.08– 09.09	01.09– 10.09	03.09– 12.09	04.09– 13.09	06.09– 15.09	08.09– 17.09	10.09– 19.09	12.09– 21.09	14.09– 23.09	16.09– 25.09	18.09– 26.09
Воложинский	7,83	10.09–20.09	01.09– 11.09	03.09– 12.09	05.09– 14.09	06.09– 16.09	08.09– 18.09	10.09– 20.09	13.09– 22.09	15.09– 23.09	17.09– 25.09	19.09– 27.09	21.09– 29.09
Дзержинский	8,00	12.09–21.09	02.09– 12.09	04.09– 13.09	06.09– 15.09	08.09– 17.09	09.09– 19.09	12.09– 21.09	14.09– 23.09	16.09– 25.09	18.09– 26.09	20.09– 28.09	22.09– 30.09
Крупский	7,44	08.09–17.09	31.08– 09.09	01.09– 10.09	03.09– 12.09	04.09– 13.09	06.09– 15.09	08.09– 17.09	10.09– 19.09	12.09– 21.09	14.09– 23.09	16.09– 25.09	18.09– 26.09
Логойский	7,49	08.09–17.09	31.08– 09.09	01.09– 10.09	03.09– 12.09	05.09– 14.09	06.09– 15.09	08.09– 17.09	10.09– 19.09	12.09– 21.09	14.09– 23.09	16.09– 25.09	19.09– 27.09
Любанский	8,28	13.09–23.09	04.09– 14.09	05.09– 16.09	07.09– 17.09	09.09– 19.09	11.09– 21.09	13.09– 23.09	15.09– 25.09	18.09– 27.09	20.09– 28.09	22.09– 30.09	23.09– 02.10
Пуховичский	7,95	11.09–21.09	02.09– 12.09	04.09– 13.09	05.09– 15.09	07.09– 17.09	09.09– 19.09	11.09– 21.09	13.09– 22.09	15.09– 24.09	17.09– 26.09	20.09– 28.09	21.09– 30.09

*Суммарная поправка приведена с учетом прогноза температуры на сентябрь, поправки на рельеф и тип почвы.

Заключение. Полученные результаты исследований могут быть использованы для планирования оптимальных сроков сева озимых зерновых культур на всех уровнях (от административных областей и районов до фермерских хозяйств) с учетом прогноза температуры воздуха на сентябрь и микроклимата поля.

Список использованных источников

1. Зерновые культуры / Д. Шпаар [и др.] ; под ред. Д. Шпаара. – Минск : ФУАинформ, 2000. – 442 с.
2. Оценка изменений агроклиматических ресурсов территории Республики Беларусь в период осеннего сева озимых зерновых культур / В. И. Мельник [и др.] // Природные ресурсы. – 2022. – № 1. – С. 5–15.
3. 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. – 2014. – Вып. 50. – С. 179–187.
4. Отчет о НИР «Диагноз, моделирование и прогнозирование естественных и антропогенных изменений климата с целью оценки их воздействий на окружающую среду и условия жизнедеятельности населения Беларуси». ГПНИ Природные ресурсы и окружающая среда подпрограмма 10.1 «Природные ресурсы и их рациональное использование», задание № 1.04 «Модельные оценки влияния процессов обводнения и заболачивания территорий Беларуси на микроклимат прилегающей местности» (промежуточный). – Минск, 2023. – Гл. 4. – С. 96–107.
5. Определение оптимальных сроков сева озимых культур на территории Беларуси в условиях современного изменения климата / В. И. Мельник [и др.] // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2022. – № 1 (383). – С. 108–125.
6. Сроки сева озимых культур на территории Беларуси и рекомендации по их оптимизации в условиях современного изменения климата / В. И. Мельник [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. агр. навук. – 2023. – Т. 61, № 3. – С. 222–233. doi:10.29235/1817-7204-2023-61-3-222-233
7. Ковриго, П. А. Метеорология и климатология : учеб. / П. А. Ковриго. – Минск : Вышэйшая школа, 2022. – 414 с.
8. Щербань, М. И. Микроклиматология / М. И. Щербань. – Киев : Вища школа головное издательство, 1985. – 224 с.
9. Справочник по климату Беларуси / под общ. ред. В. И. Мельника. – Минск : Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 2007. – Ч. 5 : Влажность воздуха Солнечное сияние. Метеорологическая дальность видимости. – 68 с.

References

1. Shpaar D., Adam L., Ginapp C. [et al.]. *Zernovye kul'tury* [Grain crops]. Ed. by D. Shpaar. Minsk, 2000, 442 p. (in Russian).
2. Melnik V. I., Brovka Yu. A., Bondarenko Yu. A., Buyakov I. V., Shumskaya T. G. *Ocenka izmenenij agroklimaticheskikh resursov territorii Respubliki Belarus' v period osennego seva ozimyh zernovykh kul'tur* [Assessment of changes in agro-climatic 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).
3. Shashko K. G., Privalov F. I., Kholodinsky V. V. *Optimizatsiya srokov seva ozimyh zernovykh kul'tur v svyazi s potepieniem klimata Belarusi* [Optimization of solving terms of winter cereal crops due to climate warning in Belarus]. *Zemledelie i selekciya Belarusi = Arable Farming and Plant Breeding in Belarus*, 2014, vol. 50, pp. 179–187 (in Russian).
4. *Otchet o NIR "Diagnoz, modelirovanie i prognozirovanie estestvennykh i antropogennykh izmenenij klimata s cel'yu ocenki ih vozdeystviy na okruzhayushchuyu sredu i usloviya zhiznedeyatel'nosti naseleniya Belarusi". GPNI Prirodnye resursy i okruzhayushchaya sreda podprogramma 10.1 "Prirodnye resursy i ih racional'noe ispol'zovanie", zadanie № 1.04 "Model'nye ocenki vliyaniya processov obvodneniya i zabolachivaniya territorij Belarusi na mikroklimat prilgayushchej mestnosti" (promezhutochnyj)* [Research report "Diagnosis, modeling and forecasting of natural and anthropogenic climate changes in order to assess their impacts on the environment and living conditions of the population of Belarus". State Public Research Institute Natural Resources and Environment subprogram 10.1 "Natural resources and their rational use", task no. 1.04 "Model assessments of the impact of watering and swamping processes in the territories of Belarus on the microclimate of the surrounding area" (interim).]. Minsk, 2023, ch. 4, pp. 96–107 (in Russian).
5. Melnik V. I., Bondarenko Yu. A., Brovka Yu. A., Khitrykau M. A. *Opredelenie optimal'nykh srokov seva ozimyh kul'tur na territorii Belarusi v usloviyakh sovremennogo izmeneniya klimata* [Determination of optimal sowing periods for winter crops on the territory of Belarus in the context of modern climate change]. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy = Hydrometeorologist. Research and forecasts*, 2022, no. 1 (383), pp. 108–125 (in Russian).
6. Melnik V. I., Bondarenko Yu. A., Brovka Yu. A., Khitrykau M. A. *Sroki seva ozimyh kul'tur na territorii Belarusi i rekomendatsii po ih optimizatsii v usloviyakh sovremennogo izmeneniya klimata* [The timing of sowing winter crops on the territory of Belarus and recommendations for their optimization in the conditions of modern climate change]. *Vesci Natsyonal'naj 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. doi:10.29235/1817-7204-2023-61-3-222-233 (in Russian).

7. Kovrigo P. A. *Meteorologiya i klimatologiya: uchebnik* [Meteorology and climatology: textbook]. Minsk, Higher School Publ., 2022, 414 p. (in Russian).
8. Shcherban M. I. *Mikroklimatologiya* [Microclimatology]. Kiev, Vishcha School Head Publ., 1985, 224 p. (in Russian).
9. *Spravochnik po klimatu Belarusi* [Handbook on the Climate of Belarus]. Ed. by V. I. Melnik. Minsk, Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus Publ., 2007, *chast' 5. Vlazhnost' vozduha Solnechnoe siyanie. Meteorologicheskaya dal'nost' vidimosti* [part 5. Air humidity Sunshine. Meteorological visibility range], 68 p. (in Russian).

Информация об авторах

Мельник Виктор Иванович – кандидат географических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь. E-mail: v.melnik2016@mail.ru

Бондаренко Юрий Александрович – младший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: bondarenyura@gmail.com

Information about authors

Viktor I. Melnik – Ph. D. (Geography), Associate professor, Leading Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skorina St., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: v.melnik2016@mail.ru

Yuri A. Bondarenko – Junior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skorina St., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: bondarenyura@gmail.com