

Оригинальная статья

УДК 633.34:621.3

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-3-47-54>

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПАРАМЕТРЫ РОСТА И РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

**М.Е. Бельшкина**

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; г. Москва, Российская Федерация;

vimsoya@yandex.ru; ORCID: 0000-0003-2876-1031

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы воздействия электромагнитного облучения семян на дальнейший рост и развитие растений сельскохозяйственных культур. При помощи электромагнитного облучения исследователи пытаются достичь ускорения ростовых процессов, а также сокращения периода вегетации и повышения урожая. Цель исследований – оценить влияние предпосевной подготовки посевного материала сельскохозяйственных культур: яровой пшеницы, ярового ячменя, озимой ржи и озимой пшеницы – посредством воздействия электромагнитного облучения на параметры роста, развития и фотосинтетическую деятельность растений, структуру урожая и биохимический состав зерна. Установлено, что воздействие электромагнитного облучения оказывает влияние на ускорение перехода к генеративному развитию у сортов яровых и озимых зерновых культур. Продолжительность вегетационного периода в вариантах с облучением сокращалась в среднем у яровых зерновых культур на 3-5 дней, у озимых – на 10-16 дней. При анализе основных показателей фотосинтетической деятельности была выявлена тенденция более высоких значений показателей в некоторых вариантах с облучением семян в электромагнитном поле. Облучение оказало влияние также на параметры структуры урожая по некоторым вариантам, а также на биохимический состав семян. В результате анализа биохимического состава зерна изучаемых культур были выявлены достоверные различия по содержанию белка в некоторых вариантах с облучением в электромагнитном поле; превышение в варианте с облучением составляло 0,5-4,5%.

**Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания ФГБНУ ФНАЦ ВИМ FGUN-2025-0016.**

**Ключевые слова:** электромагнитное воздействие, фотосинтетическая деятельность, яровая пшеница, яровой ячмень, озимая рожь, озимая пшеница, структура урожая, биохимический состав

**Формат цитирования:** Бельшкина М.Е. Оценка влияния экзогенных факторов на параметры роста и развития сельскохозяйственных культур. Природообустройство. 2026;Т.19(3):47-54. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-3-47-54>

Scientific article

## ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF EXOGENOUS PHYSICAL FACTORS ON THE PARAMETERS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL CROPS

**M.E. Belyshkina**

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

vimsoya@yandex.ru; ORCID: 0000-0003-2876-1031

**Abstract.** The article discusses the effects of electromagnetic irradiation of seeds on the further growth and development of plants grain crops. With the help of electromagnetic radiation, researchers are trying to accelerate growth processes, as well as shorten the growing season and increase yields. The purpose of this study was to evaluate the impact of pre-sowing preparation of grain crops: spring wheat, spring barley, winter rye and winter wheat, through exposure to electromagnetic radiation, the parameters of plant growth, development and photosynthetic activity, crop structure and biochemical composition of grain. It was found that the effect of electromagnetic radiation has an effect on accelerating the transition to generative development in spring and winter grain varieties, the duration of the growing season in the irradiated variants was reduced in spring crops by an average of 3-5 days, in winter crops – by an average of 10-16 days.

When analyzing the main indicators of photosynthetic activity, a tendency of higher values of indicators was revealed in some variants with irradiation of seeds in an electromagnetic field. Irradiation also affected the parameters of the crop structure in some variants, as well as the biochemical composition of seeds. As a result of the analysis of the biochemical composition of the grain of the studied crops, significant differences in protein content were revealed in some variants with irradiation in an electromagnetic field, the excess in the irradiated variant was 0.5-4.5%.

**The work was carried out with the support of the Russian Ministry of Education and Science as part of the state assignment of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center VIM FGUN-2025-0016.**

**Keywords:** spring wheat, spring barley, winter rye, winter wheat, electromagnetic effect, photosynthetic activity, crop structure, biochemical composition

**For citation:** Belyshkina M.E. Assessment of the influence of exogenous physical factors on the parameters of growth and development of agricultural crops. *Prirodoobustroystvo*. 2026;19(3):47-54. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-3-47-54>

**Введение.** Одним из способов повышения экономической эффективности выращивания сельскохозяйственных культур является предпосевное облучение семян. Целью этого агроприема является ускорение роста и развития растений, сокращение периода вегетации и повышение урожая. Однако ввиду нестабильности стимулирующего эффекта в полевых и лабораторных условиях технология предпосевого облучения семян так и не стала широко распространенной. В связи с этим требуются исследования для анализа механизмов стимуляции и обоснования применения технологии предпосевого облучения семян [1, 2].

Многими исследователями доказаны высокая эффективность и экологичность предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур [3, 4]. Магнитобиологический эффект предпосевной обработки семян зависит от вида и сорта культуры, активации в клетке биологического комплекса, инициирующего развитие проростка, качества и влажности семян, наличия на поверхности микроорганизмов, в том числе патогенных, источников и энергетических параметров облучения [5, 6].

**Цель исследований:** оценить влияние предпосевной подготовки посевного материала сельскохозяйственных культур: яровой пшеницы, ярового ячменя, озимой ржи и озимой пшеницы – посредством воздействия электромагнитного облучения на посевные качества семян, параметры роста, развития и фотосинтетическую деятельность растений, структуру урожая и биохимический состав зерна.

**Материалы и методы исследований.** Исследования по агроэкологическому испытанию сортов яровых и озимых зерновых сельскохозяйственных культур проводились в 2023-2024 гг. на экспериментальной базе Института

семеноводства и агротехнологий – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», расположенного в с. Подвязье Рязанского района.

Почва опытного участка – темно-серая лесная, тяжелосуглинистая. Реакция почвенного раствора pH<sub>сол</sub>. (ГОСТ 26483) – 5,2; содержание гумуса по методу Тюрина (ГОСТ 26213) – 5,8%; содержание подвижного фосфора по методу Кирсанова (ГОСТ Р 54650-2011) – 191,4 мг/кг, содержание обменного калия по Масловой (ГОСТ 26210) – 108,5 мг/кг, азота нитратного – 8,4 мг/кг (ГОСТ 26951-86), азота аммонийного – 1,57 мг/кг почвы (ГОСТ 26489-85).

Исследования проводились с сортами яровых и озимых зерновых сельскохозяйственных культур [7, 8]. Яровая пшеница была представлена сортами Эстер, Радмира и Рима, яровой ячмень – сортами Надежный и Знатный, озимая рожь – сортами Московская 12 и Московская 18, озимая пшеница – сортами Немчиновская 85, Поволжская Нива и Московская 39. Все изучаемые сорта относятся к группе среднеспелых с продолжительностью вегетационного периода от 71-107 дней у яровых и 263-337 дней у озимых зерновых культур.

Облучение проводилось посредством оборудования для электромагнитного воздействия, которое является собственной разработкой ФНАЦ ВИМ. Пробы отбирались в соответствии с ГОСТ 12036-85 «Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб». Для облучения отобранные пробы семян засыпались в отсеки опытного образца установки (рис. 1).

Установлено, что оптимальная толщина слоя семян, при которой остается способность клеточных структур сохранять стабильность после электромагнитного воздействия, составляет



Рис. 1. Исследуемый семенной материал в бункере установки

Fig. 1. The studied seed material in the bunker of the installation

70 мм. Тогда, учитывая встречное воздействие электромагнитного поля на слой семян между двух облучателей, толщину такого слоя приняли равной 150 мм.

Режим облучения семян имел следующие параметры: частота колебаний электромагнитного поля (F) – 16 Гц; индукция магнитного поля (B) – 10 мТл. Период облучения (T) был разным: у яровых зерновых культур он составлял 25 мин, у озимых зерновых культур – 10 и 25 мин. Контрольный вариант у всех видов изучаемых культур – без облучения.

Закладка полевых опытов, выполнение биометрических исследований, учетов и обработка полученных данных выполнялись в соответствии с требованиями методики полевого опыта [9-11].

Посев озимых культур проводился в сентябре 2023 г. при температуре почвы на глубине заделки семян на уровне +10...+12°C сеялкой навесной СН-16. Способ посева – обычный рядовой с шириной междурядий 15 см, повторность – четырехкратная, норма высева – 5 млн всхожих семян на 1 га, размещение делянок – систематическое, площадь учетной делянки – 18 м<sup>2</sup>. В опыте были следующие варианты: озимая рожь – сорт Московская 12, сорт Московская 18; озимая пшеница – сорт Немчиновская 85, сорт Поволжская Нива и сорт Московская 39.

Посев яровых культур проводился в мае 2024 г. при прогревании почвы на глубине заделки семян на уровне 12-15°C сеялкой навесной СН-16. Способ посева – обычный рядовой с шириной междурядий 15 см; повторность – четырехкратная; норма высева яровой пшеницы – 6 млн всхожих семян на 1 га, ярового ячменя – 5 млн всхожих семян на 1 га; размещение

делянок – систематическое; площадь учетной делянки – 18 м<sup>2</sup>. В опыте были следующие варианты: яровая пшеница – сорт Эстер, сорт Радмира и сорт Рима; яровой ячмень – сорт Надежный и сорт Знатный.

Определение лабораторной всхожести, выполнение биометрических наблюдений, учет структуры урожая и биологической урожайности, а также биохимический анализ семян осуществлялись в лаборатории ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. Массу 1000 семян определяли по ГОСТ 12042-80 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян». Площадь листьев определялась на фотопланиметре Li-3100. Элементы структуры урожая определялись по пробным снопам из 25 растений с каждой делянки опыта. Содержание сухого вещества определялось весовым методом при температуре 105°C (ГОСТ 31640-2012). Учет структуры урожая производился в лабораторных условиях с определением биологической урожайности. Биохимический анализ выполнялся на анализаторе кормов FOSS NIRS DS2500. Статистический анализ результатов выполняли с применением лицензионных математических программных пакетов для ПЭВМ: «Microsoft Excel», «STATISTICA-6.0», MathCAD14.0.

**Результаты и их обсуждение.** В результате анализа агроклиматических условий за период с 1981 по 2024 гг. была установлена тенденция локального потепления климата на фоне его аридизации на территории Центрального района Нечерноземной зоны. В частности, в Рязанской области значения сумм активных температур возросли до 2200-2400°C. При этом сократилось количество выпадающих осадков за вегетационный период в среднем на 20-40 мм, не превышая 190-230 мм; гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (ГТК) в среднем снизился на 0,3-0,4 пункта, и его значение находится в диапазоне 0,8-1,4 [12].

Посев озимых зерновых культур проводился в третьей декаде сентября 2023 г. В этот период сложились благоприятные температурные условия для прорастания семян. Среднемесячная температура в сентябре составила +17,8°C, превышая среднемноголетнюю на 6,6°C. Однако в этом месяце практически не было осадков, что впоследствии сказалось на «дружности» всходов. В последующем, в октябре, осадков выпало значительно больше нормы при достаточно высоких температурах для этого месяца, что в целом способствовало хорошему развитию всходов.

Метеорологические условия 2024 г. в период посева яровых зерновых культур были

достаточно неблагоприятными. В первые две декады мая среднесуточная температура воздуха не превышала  $+10^{\circ}\text{C}$ , что ниже среднееголетних значений на  $2^{\circ}\text{C}$ . При этом в первой декаде мая было зафиксировано большое количество выпавших осадков, которое превысило норму на 32,5 мм. При пониженных температурах наблюдались осадки в виде мокрого снега. Посев яровой пшеницы и ярового ячменя пришлось на первую декаду мая и сопровождался неблагоприятными климатическими условиями, что в последующем привело к задержке появления всходов. Метеорологические условия летнего периода 2024 г. были достаточно благоприятными для роста и развития яровых и озимых зерновых культур. Среднемесячные температуры превышали среднееголетние на  $2,0...2,8^{\circ}\text{C}$ .

В процессе фотосинтетической деятельности посевов образуется сухое вещество растений и формируется потенциальная урожайность [13]. В то же время следует отметить, что данная взаимосвязь не является прямой. Поэтому большую роль при проведении полевых исследований играет оценка продукционного процесса, а именно показатели, характеризующих фотосинтетическую деятельность растений в посевах [14, 15].

У всех исследуемых сортов яровых и озимых зерновых культур продолжительность вегетационного периода в вариантах с облучением сокращалась: в среднем у яровых зерновых культур – на 3-5 дней, у озимых – на 10-16 дней. Сокращение вегетационного периода было обусловлено сокращением периода кущения-выхода в трубку в вариантах с электромагнитным воздействием.

Продолжительность периода кущения-выхода в трубку в вариантах без облучения у яровых зерновых культур составила в среднем 24 дня, у озимой ржи – 192 дня, у озимой

пшеницы – 198 дней. В то же время в вариантах с облучением продолжительность этого периода составила в среднем у яровых зерновых культур 21 день, у озимой ржи – 182 дня при обоих вариантах облучения, а у озимой пшеницы – 184 дня при облучении в течение 10 мин и 182 дня при облучении в течение 25 мин.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что воздействие электромагнитного облучения оказывает влияние на ускорение перехода к генеративному развитию у сортов яровых и озимых зерновых культур.

Прогностическим показателем потенциальной продуктивности растений в период вегетации является площадь листовой поверхности отдельного растения и агроценоза. В целом динамика формирования листовой поверхности агроценоза соответствовала формированию ассимиляционного аппарата одного растения, и максимальных значений она достигала в фазу колошения, составив у яровой пшеницы 20,5-22,1 тыс.  $\text{м}^2/\text{га}$ , у ярового ячменя – 17,9-18,4 тыс.  $\text{м}^2/\text{га}$  (рис. 2).

Максимальные значения площади листовой поверхности в агроценозе среди исследуемых вариантов сформировали сорта яровой пшеницы Рима (21,9-22,1 тыс.  $\text{м}^2/\text{га}$ ) и озимой пшеницы Немчиновская 85 (23,8-24,6 тыс.  $\text{м}^2/\text{га}$ ). При этом у вариантов достоверных различий по динамике нарастания листовой поверхности в зависимости от электромагнитного воздействия не выявлено. В вариантах с яровым ячменем и озимой рожью не было выявлено достоверных различий; площадь листовой поверхности в агроценозе составила 17,9-18,4 и 20,1-20,6 тыс.  $\text{м}^2/\text{га}$  соответственно.

Накопление общей сухой биомассы сортами яровых и озимых зерновых культур происходило в соответствии с формированием фотосинтетического аппарата (рис. 3). Максимальных значений

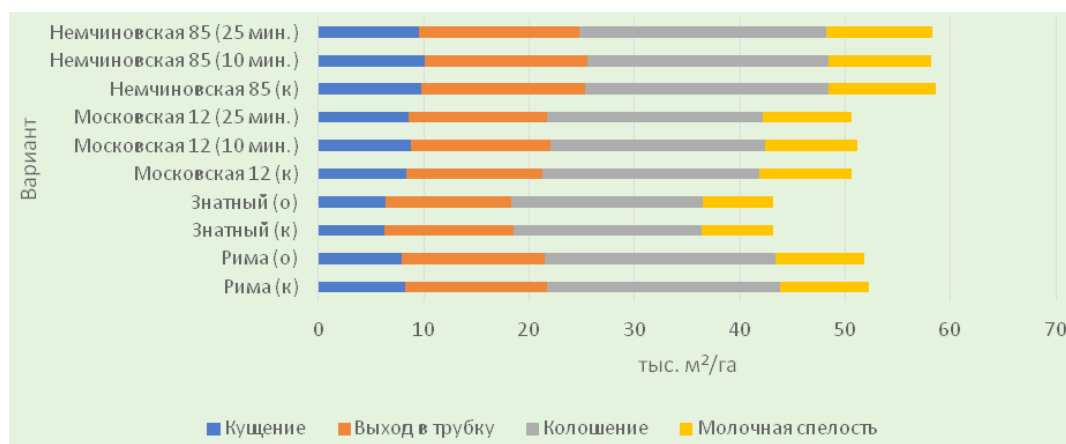


Рис. 2. Динамика нарастания площади листовой поверхности растений в агроценозе

Fig. 2. Dynamics of the increase in the leaf surface area of plants in the agrocenosis

сухая биомасса достигала к фазе молочной спелости, составив в среднем по вариантам 3-5 т/га. Максимальную сухую биомассу сформировали следующие варианты: яровая пшеница – сорт Рима (5,34-5,38 т/га); яровой ячмень – сорт Знатный (4,08-4,12 т/га); озимая пшеница – сорт Немчиновская 85 (5,87-5,96 т/га). Относительно озимой ржи между вариантами существенных различий не выявлено; максимальная сухая биомасса составила 4,62-4,72 т/га. Наименьшая сухая биомасса была сформирована в варианте с яровым ячменем сорта Надежный, составив 3,88-3,96 т/га.

В исследованиях были проанализированы основные показатели фотосинтетической деятельности посева. Максимальные значения основных показателей фотосинтетической деятельности были зафиксированы среди яровых зерновых культур у яровой пшеницы сорта Рима (780-820 тыс. м<sup>2</sup> дней/га и 6,8-6,5 г/м<sup>2</sup> в сутки), среди озимых зерновых культур – у сорта озимой пшеницы Немчиновская 85 (1840-1860 тыс. м<sup>2</sup> дней/га и 3,2 г/м<sup>2</sup> в сутки).

Наименьший фотосинтетический потенциал был зафиксирован у сортов ярового ячменя, составив 600-640 тыс. м<sup>2</sup> дней/га. При этом чистая продуктивность фотосинтеза была достаточно высокой и составила 6,1-6,7 г/м<sup>2</sup> в сутки. В результате анализа основных показателей фотосинтетической деятельности была выявлена тенденция более высоких значений показателей в некоторых вариантах с облучением семян в электромагнитном поле.

Среди яровых зерновых культур наилучшие значения показателей структуры урожая были зафиксированы у яровой пшеницы сорта

Рима в контрольном варианте без облучения: масса зерен с растения составила 0,82 г, масса 1000 зерен – 32,4 г, биологическая урожайность – 3,38 т/га; у ярового ячменя сорта Знатный в варианте с облучением масса зерен с растения составила 0,83 г, масса 1000 зерен – 46,5 г, биологическая урожайность – 2,80 т/га (табл. 1).

Среди озимых зерновых культур наилучшие значения показателей структуры урожая были зафиксированы у озимой ржи сорта Московская 12 в варианте с облучением и интервалом 25 мин, когда масса зерен с растения составила 1,38 г, масса 1000 зерен – 42,4 г, биологическая урожайность – 4,90 т/га. У озимой пшеницы сорта Немчиновская 85 в варианте с облучением и интервалом 10 мин масса зерен с растения составила 1,18 г, масса 1000 зерен – 39,2 г, биологическая урожайность – 4,15 т/га; масса зерен с растения сорта Поволжская Нива в варианте с облучением и интервалом 25 мин составила 1,26 г, масса 1000 зерен – 42,4 г, биологическая урожайность – 4,58 т/га (табл. 2).

Наименьшие значения показателей структуры урожая были зафиксированы у ярового ячменя сорта Надежный в варианте с облучением: масса зерен с растения составила 0,54 г, масса 1000 зерен – 34,6 г, биологическая урожайность – 1,77 т/га; у озимой пшеницы сорта Московская 39 в варианте без облучения масса зерен с растения составила 0,98 г, масса 1000 зерен – 37,5 г, биологическая урожайность – 3,22 т/га.

В результате анализа биохимического состава зерна изучаемых культур были выявлены достоверные различия по содержанию белка в некоторых вариантах с облучением в электромагнитном поле; превышение в варианте с облучением составляло 0,5-4,5%. Наибольшее

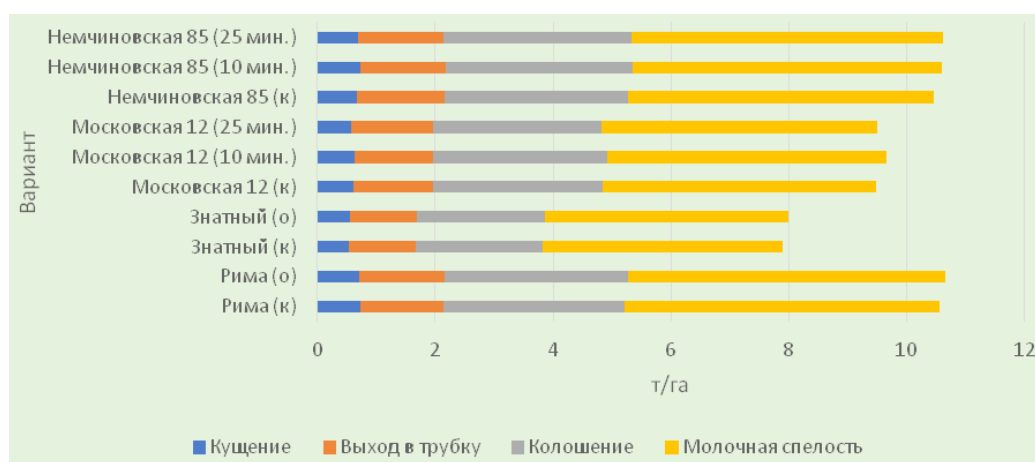


Рис. 3. Динамика накопления сухой биомассы сортами яровых и озимых зерновых культур по фазам роста и развития

Fig. 3. Dynamics of accumulation of dry biomass by varieties of spring and winter grain crops by growth and development phases

Таблица 1. Элементы структуры урожая и урожайность сортов яровых зерновых культур

Table 1. Elements of the crop structure and yield of spring grain varieties

| Культура / Crop                       | Вариант / Variant          | Высота растений, см / Plant height, cm | Число колосьев, шт./раст. / Number of ears, pcs / plant | Число зерен в колосе, шт./раст. / Number of grains per ear, pcs / plant | Масса зерен, г/раст. / Grain weight, g / plant | Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g | Биологическая урожайность, т/га / Biological yield, t / ha |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Яровая пшеница / Spring wheat         | Эстер (к) / Ester (c)      | 92                                     | 1,1                                                     | 22,8                                                                    | 0,44                                           | 22,3                                           | 1,83                                                       |
|                                       | Эстер (о) / Ester (o)      | 76                                     | 1,2                                                     | 24,4                                                                    | 0,49                                           | 24,8                                           | 2,07                                                       |
|                                       | Радмира (к) / Radmira (c)  | 84                                     | 1,0                                                     | 29,3                                                                    | 0,82                                           | 28,2                                           | 2,95                                                       |
|                                       | Радмира (о) / Radmira (o)  | 90                                     | 1,1                                                     | 24,9                                                                    | 0,71                                           | 29,6                                           | 2,59                                                       |
|                                       | Рима (к) / Rima (c)        | 83                                     | 1,0                                                     | 26,7                                                                    | 0,82                                           | 32,4                                           | 3,38                                                       |
|                                       | Рима (о) / Rima (o)        | 94                                     | 1,2                                                     | 25,8                                                                    | 0,64                                           | 25,8                                           | 2,54                                                       |
| Яровой ячмень / Spring barley         | Надежный(к) / Nadezhny(c)  | 39                                     | 1,0                                                     | 15,8                                                                    | 0,65                                           | 40,4                                           | 2,37                                                       |
|                                       | Надежный(о) / Nadezhny (o) | 32                                     | 1,1                                                     | 15,9                                                                    | 0,54                                           | 34,6                                           | 1,77                                                       |
|                                       | Знатный (к) / Znatny (c)   | 37                                     | 1,2                                                     | 18,0                                                                    | 0,87                                           | 48,6                                           | 2,66                                                       |
|                                       | Знатный (о) / Znatny (o)   | 44                                     | 1,2                                                     | 18,1                                                                    | 0,83                                           | 46,5                                           | 2,80                                                       |
| НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> |                            | 3,6                                    | 0,04                                                    | 0,8                                                                     | 0,04                                           | 1,8                                            | 0,14                                                       |

Таблица 2. Элементы структуры урожая и урожайность сортов озимых зерновых культур

Table 2. Elements of the crop structure and yield of winter grain varieties

| Культура / Crop                       | Вариант / Variant                                        | Высота растений, см / Plant height, cm | Число колосьев, шт./раст. / Number of ears, pcs / plant | Число зерен в колосе, шт./раст. / Number of grains per ear, pcs / plant | Масса зерен, г/раст. / Grain weight, g / plant | Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g | Биологическая урожайность, т/га / Biological yield, t / ha |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Озимая рожь / Winter rye              | Московская 12 (контроль) / Moskovskaya 12 (control)      | 113                                    | 1,5                                                     | 29,8                                                                    | 1,38                                           | 43,5                                           | 4,55                                                       |
|                                       | Московская 12 (10 мин.) / Moskovskaya 12 (10 min.)       | 121                                    | 1,3                                                     | 32,8                                                                    | 1,12                                           | 36,5                                           | 4,00                                                       |
|                                       | Московская 12 (25 мин.) / Moskovskaya 12 (25 min.)       | 117                                    | 1,5                                                     | 30,4                                                                    | 1,38                                           | 42,4                                           | 4,90                                                       |
|                                       | Московская 18 (контроль) / Moskovskaya 18 (control)      | 105                                    | 1,6                                                     | 32,4                                                                    | 1,38                                           | 39,8                                           | 4,34                                                       |
|                                       | Московская 18 (10 мин.) / Moskovskaya 18 (10 min.)       | 109                                    | 1,5                                                     | 31,8                                                                    | 1,12                                           | 36,2                                           | 3,56                                                       |
|                                       | Московская 18 (25 мин.) / Moskovskaya 18 (25 min.)       | 115                                    | 1,3                                                     | 29,6                                                                    | 0,94                                           | 33,4                                           | 3,24                                                       |
| Озимая пшеница / Winter wheat         | Немчиновская 85 (контроль) / Nemchinovskaya 85 (control) | 96                                     | 1,1                                                     | 28,4                                                                    | 1,08                                           | 37,6                                           | 3,81                                                       |
|                                       | Немчиновская 85 (10 мин.) / Nemchinovskaya 85 (10 min.)  | 84                                     | 1,0                                                     | 31,1                                                                    | 1,18                                           | 39,2                                           | 4,15                                                       |
|                                       | Немчиновская 85 (25 мин.) / Nemchinovskaya 85 (25 min.)  | 93                                     | 1,1                                                     | 30,2                                                                    | 1,14                                           | 37,8                                           | 3,54                                                       |
|                                       | Поволжская Нива (контроль) / Povolzhskaya Niva (control) | 98                                     | 1,3                                                     | 27,2                                                                    | 1,05                                           | 38,8                                           | 3,83                                                       |
|                                       | Поволжская Нива (10 мин.) / Povolzhskaya Niva (10 min.)  | 100                                    | 1,3                                                     | 27,8                                                                    | 1,03                                           | 37,4                                           | 3,63                                                       |
|                                       | Поволжская Нива (25 мин.) / Povolzhskaya Niva (25 min.)  | 107                                    | 1,3                                                     | 30,2                                                                    | 1,26                                           | 42,4                                           | 4,58                                                       |
|                                       | Московская 39 (контроль) / Moskovskaya 39 (control)      | 98                                     | 1,1                                                     | 26,4                                                                    | 0,98                                           | 37,5                                           | 3,22                                                       |
|                                       | Московская 39 (10 мин.) / Moskovskaya 39 (10 min.)       | 95                                     | 1,2                                                     | 28,3                                                                    | 1,12                                           | 40,2                                           | 3,54                                                       |
|                                       | Московская 39 (25 мин.) / Moskovskaya 39 (25 min.)       | 90                                     | 1,3                                                     | 30,3                                                                    | 1,10                                           | 38,6                                           | 3,63                                                       |
| НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> |                                                          | 5,1                                    | 0,05                                                    | 1,3                                                                     | 0,04                                           | 1,9                                            | 0,21                                                       |

содержание белка в зерне было выявлено у яровой пшеницы сортов Эстер и Рима в вариантах с облучением, составив 13,6 и 13,41% соответственно, у ярового ячменя сорта Надежный в варианте без облучения и сорта Знатный в варианте с облучением – 14,34 и 14,84% соответственно. Среди озимых зерновых культур наибольшее содержание белка было зафиксировано у озимой ржи сорта Московская 18 в варианте с облучением и интервалом 10 мин, а также у озимой пшеницы сорта Московская 39 в варианте без облучения – 13,15%.

По содержанию жира среди всех анализируемых вариантов можно выделить яровой ячмень со значениями показателя в интервале 3,11-3,23%. Содержание жира у сортов яровой пшеницы находилось в интервале 2,55-2,89%, в то время как у озимых культур значение показателя составило только 1,52-1,74%.

Содержание крахмала было наименьшим у сортов ярового ячменя, составив 43,28-49,10%. У остальных изучаемых яровых и озимых зерновых культур значение показателя находилось в интервале 61,13-67,38%; достоверных различий в зависимости от варианта облучения выявлено не было.

### Выводы

Выявлена тенденция более высоких значений показателей в некоторых вариантах с облучением семян в электромагнитном поле.

### Список использованных источников

- Афони́на С.О., Атамановская Г.А., Комарова Л.Н. Исследование влияния гамма-облучения на морфологические и генетические показатели ячменя обыкновенного // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2024. № 3. С. 166-174
- Касаткина Н.И., Нелюбина Ж.С., Кондратьева Н.П., Руденок В.А. Влияние предпосевной обработки семян многолетних бобовых культур на их прорастание // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 5. С. 30-33
- Савченко В.В., Синявский А.Ю. Влияние магнитного поля на концентрацию кислорода в клетках семян сельскохозяйственных культур // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 2 (31). С. 238-243. EDN: ZZLZMD
- Трифонов М.Ф., Бляндур О.В., Соловьев А.М., Фирсов И.П. и др. Физические факторы в растениеводстве. М.: Колос, 1998. 352 с.
- Аксенов А.Г., Бельшклина М.Е., Чаплыгин М.Е., Серебрякова О.В., Шаабан М. Анализ влияния экзогенных факторов на посевные качества и ростовые процессы семян сельскохозяйственных культур // Аграрная Россия. 2024. № 1. С. 25-29. EDN: CXIJHN
- Дорохов А.С., Чаплыгин М.Е., Аксенов А.Г., Шибряева Л.С. и др. Обработка семян зерновых культур в низкочастотном электромагнитном поле // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17, № 4. С. 4411. EDN: SLKEWQ

Максимальные значения основных показателей фотосинтетической деятельности: фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза – были зафиксированы среди яровых зерновых культур: у яровой пшеницы сорта Рима (780-820 тыс. м<sup>2</sup> дней/га и 6,8-6,5 г/м<sup>2</sup> в сутки), среди озимых зерновых культур – у сорта озимой пшеницы Немчиновская 85 (1840-1860 тыс. м<sup>2</sup> дней/га и 3,2 г/м<sup>2</sup> в сутки).

Наилучшие значения показателей структуры урожая были зафиксированы у яровой пшеницы сорта Рима в контрольном варианте без облучения: биологическая урожайность составила 3,38 т/га; у ярового ячменя сорта Знатный в варианте с облучением этот показатель составил 2,80 т/га. Среди озимых зерновых культур наилучшие значения показателей структуры урожая были зафиксированы у озимой ржи сорта Московская 12 в варианте с облучением и интервалом 25 мин, когда биологическая урожайность составила 4,90 т/га; у озимой пшеницы сорта Немчиновская 85 в варианте с облучением и интервалом 10 мин – 4,15 т/га, сорта Поволжская Нива в варианте с облучением и интервалом 25 мин – 4,58 т/га.

В результате анализа биохимического состава зерна изучаемых культур были выявлены достоверные различия по содержанию белка в некоторых вариантах с облучением в электромагнитном поле; превышение в варианте с облучением составляло 0,5-4,5%.

### References

- Afonina S.O., Atamanovskaya G.A., Komarova L.N. Investigation of the effect of gamma radiation on morphological and genetic parameters of common barley // Nuclear power engineering. 2024. No. 3. P. 166-174.
- Kasatkina N.I., Nelyubina Zh.S., Kondratieva N.P., Rudenok V.A. The influence of pre-sowing treatment of seeds of perennial legumes on their germination // Bulletin of Russian Agricultural Science. 2020. No. 5. P. 30-33.
- Savchenko V.V., Sinyavsky A.Yu. The influence of a magnetic field on the oxygen concentration in the cells of agricultural seeds // Innovations in agriculture. 2019. No. 2 (31). P. 238-243. EDN: ZZLZMD
- Trifonova M.F., Blyandur O.V., Solovyov A.M., Firsov I.P., Sirotin A.A., Sirotina L.B. Physical factors in crop production. Moscow: Kolos, 1998. 352 p.
- Aksenov A.G., Belyshkina M.E., Chaplygin M.E., Serebryakova O.V., Shaaban M. Analysis of the influence of exogenous factors on the sowing qualities and growth processes of agricultural seeds // Agrarian Russia. 2024. No. 1. P. 25-29. EDN: CXIJHN
- Dorokhov A.S., Chaplygin M.E., Aksenov A.G., Shibryayeva L.S., Blinov N.D., Chulkov A.S., Podzorov A.V. Processing of grain seeds in a low-frequency electromagnetic field // Agricultural machinery and technologies. 2023. Vol. 17. No. 4. P. 4-11. EDN: SLKEWQ
- Alt V.V., Isakova S.P. Planning of work in the cultivation of grain crops: software components // Agricultural machinery and technology. 2023. Vol. 17. No. 4. P. 12-18. EDN: GQRORK

7. Альт В.В., Исакова С.П. Планирование работ при возделывании зерновых культур: программные компоненты // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17, № 4. С. 12-18. EDN: GQRORK

8. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений // Электронный ресурс: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektcionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/> (дата обращения: 11.10.2023)

9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1989. 335 с.

10. Бельшклина М.Е. Биология и морфология полевых культур: Учебное пособие. Иркутск: Изд-во ООО «Мегапринт», 2018. 139 с. EDN: RURIIN

11. Шитикова А.В., Бельшклина М.Е., Мельников В.Н. Технология производства продукции растениеводства: Учебное пособие. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2018. 150 с. EDN: DGFVZV

12. Бельшклина М.Е. Анализ изменения агроклиматических условий в Центральном районе Нечерноземной зоны и оценка возможности интродукции сои в новые регионы возделывания // Природообустройство. 2023. № 4. С. 21-27. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-4-21-27

13. Бугаев П.Д., Абдельхамид С.Э.А. Влияние протравителя Поларис и микроудобрения Силиплант на фотосинтетическую активность и урожайность ярового ячменя // Плодородие. 2019. № 4 (109). С. 11-15. EDN: CPTNBW

14. Чаплыгин М.Е., Жалнин Э.В., Шибряева Л.С., Подзоров А.В. Закономерности влияния густоты посева озимой пшеницы на ее урожайность // Инженерные технологии и системы. 2023. Т. 33, № 4. С. 490-507. EDN: SBDAKV

15. Сафаралихоннов А.Б. Динамика дневного и сезонного хода интенсивности транспирации листьев растений пшеницы при предпосевном УФ-облучении семян // Субтропическое и декоративное садоводство. 2017. № 60. С. 123-130. EDN: YKRQTD

#### Сведения об авторе

Марина Евгеньевна Бельшклина, 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; vimsoya@yandex.ru

8. The State Register of breeding achievements approved for use. Volume 1. Plant varieties // Electronic resource: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektcionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/> (Date of request: 10/11/2023)

9. Dospekhov B.A. Methodology of field experience. Moscow: Kolos, 1989. 335 p.

10. Belyshkina M.E. Biology and morphology of field crops. The training manual. Irkutsk: Publishing house of Megaprint LLC. 2018. 139 p.

11. Shitikova A.V., Belyshkina M.E., Melnikov V.N. Technology of crop production: textbook. Moscow: Publishing house of the Russian State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2018. 150 p. EDN: DGFVZV

12. Belyshkina M.E. Analysis of changes in agro-climatic conditions in the Central region of the Non-Chernozem zone and assessment of the possibility of introducing soybeans into new cultivation regions // Prirodoobustrojstvo. 2023. No. 4. P. 21-27.

13. Bugaev P.D., Abdelhamid S.E.A. The effect of Polaris mordant and Siliplant micronutrient on photosynthetic activity and yield of spring barley // Fertility. 2019. No. 4 (109). P. 11-15. EDN: CPTNBW

14. Chaplygin M.E., Zhalnin E.V., Shibryaeva L.S., Podzоров A.V. Patterns of influence of winter wheat sowing density on its yield // Engineering technologies and systems. 2023. Vol. 33. No. 4. P. 490-507. EDN: SBDAKV

15. Safaralikhonov A.B. Dynamics of the daily and seasonal course of transpiration intensity of wheat plant leaves under pre-sowing UV irradiation of seeds // Subtropical and decorative gardening. 2017. No. 60. P. 123-130. EDN: YKRQTD

#### Information about the author

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

Поступила в редакцию / 15.11.2025

Поступила после рецензирования / Received 20.03.2026

Принята к публикации после доработки / Accepted 25.05.2026