

Научная статья
 УДК 631.171:633.11.321
 doi:10.35694/YARCX.2025.71.3.001

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО БИОСТИМУЛИРОВАНИЯ ПОСЕВОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

**И. Ф. Турканов¹, Е. В. Бондарчук², В. Г. Грязнов³, И. В. Кузьмина⁴, П. Н. Болоцкова⁵,
 И. М. Кайгородова⁶, А. С. Шабаетв⁷**

^{1, 2, 3, 4}АО «Концерн ГРАНИТ», Москва, Россия

⁵Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, Москва, Россия

⁶Федеральный научный центр овощеводства, Московская область, ВНИИССОК, Россия

⁷Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова,
 Нальчик, Россия

Автор, ответственный за переписку: Ирина Викторовна Кузьмина,
 Kuzmina.i@granit-concern.ru

Реферат. Внедрение беспилотных авиационных технологий в сельскохозяйственную практику является перспективным для развития отрасли, а использование обработки аппаратом «ТОР» с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА) – эффективный способ биостимулирования посевов, благодаря более точным техническим возможностям, позволяющим получить увеличение всхожести и качества посевов. Цель исследования – изучение использования беспилотных авиационных технологий для дистанционного биостимулирования посевов зерновых культур. Для данного исследования использовали: семена и проростки озимой пшеницы сорта Сократ селекции АО «Щелково Агрохим»; аппарат электромагнитного излучения (ЭМИ) «ТОР», установленный на БПЛА «Ось-25» производства АО «Концерн ГРАНИТ». Аппарат генерирует электромагнитное излучение с частотой импульсов до 150 Гц и имеет регистрационное удостоверение в Росздравнадзоре. Эксперименты проводились с использованием сухих семян и посевов в грунт. Семена подвергались воздействию электромагнитного излучения с высоты 300 и 600 метров. Посевы обрабатывались с высоты 200 и 350 метров. При этом контрольные образцы не подвергались обработке. Повторность экспериментов составила семь раз, с использованием по 50 семян на каждую повторность. В результате воздействия электромагнитным излучением с беспилотного летательного аппарата на семена и проростки с высоты 300 и 600 метров активировались метаболические процессы, и усилилось клеточное дыхание в них. Обработка с высоты 200 метров показала более выраженный эффект, предположительно из-за меньшего рассеивания сигнала. В результате обработки проростков пшеницы с помощью аппарата «ТОР» их средняя масса увеличилась примерно на 30% по сравнению с контрольной группой. Предварительная обработка семян пшеницы аппаратом «ТОР» с использованием БПЛА оказала положительное влияние на процессы ускоренного метаболизма растительных клеток. Таким образом, испытанная технология стимулирования с применением БПЛА позволяет увеличивать всхожесть сельскохозяйственных культур и их развитие при многократном увеличении производительности аппарата «ТОР».

Ключевые слова: аппарат «ТОР», электромагнитное излучение, пшеница озимая (*Triticum aestivum* L.), урожайность, всхожесть, газовая хроматография

USING UNMANNED AIRCRAFT TECHNOLOGIES FOR REMOTE BIOSIMULATION OF GRAIN CROP SOWINGS

**I. F. Turkanov¹, E. V. Bondarchuk², V. G. Gryaznov³, I. V. Kuzmina⁴, P. N. Bolotskova⁵,
 I. M. Kaygorodova⁶, A. S. Shabaev⁷**

^{1, 2, 3, 4}AO Concern GRANIT, Moscow, Russia

⁵Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

⁶Federal Scientific Vegetable Center, Moscow District, VNISSOK, Russia

⁷Kabardino-Balkarian State University named after H. M. Berbekov, Nalchik, Russia

Author responsible for the correspondence: Irina V. Kuzmina,
Kuzmina.i@granit-concern.ru

Abstract. The introduction of unmanned aircraft technologies in agricultural practice is promising for the development of the industry, and the use of treatment by the "TOR" device using an unmanned aerial vehicle (UAV) is an effective method of crop biostimulation, thanks to more accurate technical capabilities that allow increasing the germination and quality of sowings. The purpose of the research was to study the use of unmanned aircraft technologies for remote biostimulation of grain crop sowings. For this study, the following were used: seeds and seedlings of winter wheat of the Sokrat variety selected by AO "Shchelkovo Agrochim", electromagnetic radiation device (EMD) "TOR" mounted on the UAV "Os-25" manufactured by AO "Concern GRANIT". The device generates electromagnetic radiation with a pulse frequency of up to 150 Hz and has a registration certificate from Roszdravnadzor. Experiments were carried out using dry seeds and sowings in the ground. The seeds were exposed to electromagnetic radiation at a height of 300 and 600 meters. Sowings were cultivated at a height of 200 and 350 meters. The control samples were not treated. The experiments were repeated seven times, using 50 seeds per replication. As a result of exposure to electromagnetic radiation from an unmanned aerial vehicle on seeds and seedlings at a height of 300 and 600 meters, metabolic processes were activated and cellular respiration in them increased. Treatment at a height of 200 meters showed a more pronounced effect, presumably due to less signal scattering. As a result of treating wheat seedlings with the "TOR" device, their average weight increased by about 30% compared to the control group. Pre-treatment of wheat seeds with the "TOR" device using UAVs had a positive impact on the processes of accelerated metabolism of plant cells. Thus, the tested stimulation technology using UAVs allows increasing the germination of crops and their development with a multiple increase in the productivity of the "TOR" device.

Keywords: "TOR" device, electromagnetic radiation, winter wheat (*Triticum aestivum* L.), yield, germination, gas chromatography

Введение. Для обеспечения продовольственной безопасности, увеличения производства сельскохозяйственной продукции и эффективного использования ресурсов в настоящее время востребованы различные методы повышения урожайности. Используемые для этого технологии имеют ряд недостатков: экологическая нагрузка, высокие затраты, ограниченная устойчивость растений к стрессам и болезням, истощение ресурсов, невозможность применимости в различных климатических условиях.

Применение физических воздействий, таких как магнитные и электрические поля, являются безопасными физическими факторами, которые испытываются и применяются в реальном сельскохозяйственном производстве. Повышение урожайности и качества продукции достигается за счёт более полной реализации генетического и физиологического потенциала растений после обработки электромагнитными излучениями (ЭМИ-обработка) в оптимальных дозах. В работах при испытании электромагнитного воздействия аппарата «ТОР» было показано, что обработка слабыми электромагнитными полями способствовала повышению урожайности различных сельскохозяйственных культур. Так, обработка клубней нескольких сортов картофеля аппаратом «ТОР» перед посадкой позволила увеличить их выход на 10% [1], на зерновых культурах (пшенице озимой и ячмене яровом) было отмечено увеличение урожайности на 40% [2]. С помощью газовой хроматографии было доказано влияние ЭМИ аппарата

«ТОР» на качество сельскохозяйственных почв и семян [3]. Помимо представленных способов использования аппарата «ТОР», таких как дистанционная обработка воздушно-сухих семян (клубней) перед посевом и обработка полей после посева, испытан ещё один перспективный способ – авиаобработка с использованием БПЛА. Это направление является перспективным, так как беспилотные технологии, применяемые в сельскохозяйственной практике, позволяют проводить обработки сельскохозяйственных угодий, осуществлять мониторинг посевов и имеют большие технические преимущества по сравнению с обычными способами, используемыми в сельскохозяйственной практике [4].

Цель исследования – изучение использования беспилотных авиационных технологий для дистанционного биостимулирования посевов зерновых культур.

В данной работе авторами проведена оценка способа праймирования семян пшеницы озимой аппаратом «ТОР» с использованием БПЛА. В отличие от наземной обработки, использование БПЛА позволит более равномерно обрабатывать посевные площади за счёт контроля качества потока ЭМИ на единицу площади.

Материалы и методы. Материал исследования – семена и проростки пшеницы озимой сорта Сократ (селекции АО «Щелково Агрохим»); аппарат электромагнитной обработки «ТОР» производства АО «Концерн ГРАНИТ», установленный на БПЛА (модель «Ось-25» производства АО «Кон-



Рисунок 1 – БПЛА (модель «Ось-25») со встроенным аппаратом «ТОР»

церна ГРАНИТ»), оснащённый датчиками контроля работы и точной системой навигации (рис. 1).

Скорость полёта БПЛА – не более 80 км/ч, взлётный вес в снаряжённом состоянии – до 28 кг, продолжительность полёта без подзарядки – до четырёх часов. Частота импульсов электромагнитного излучения аппарата «ТОР» – не более 150 Гц. Медицинская версия прибора зарегистрирована в Росздравнадзоре Минздрава РФ [5]. Суммарная экспозиция ЭМИ обработки образцов – 10 минут. Испытания проводились в марте и апреле 2025 года, каждый раз не менее чем с двух высотных эшелонов.

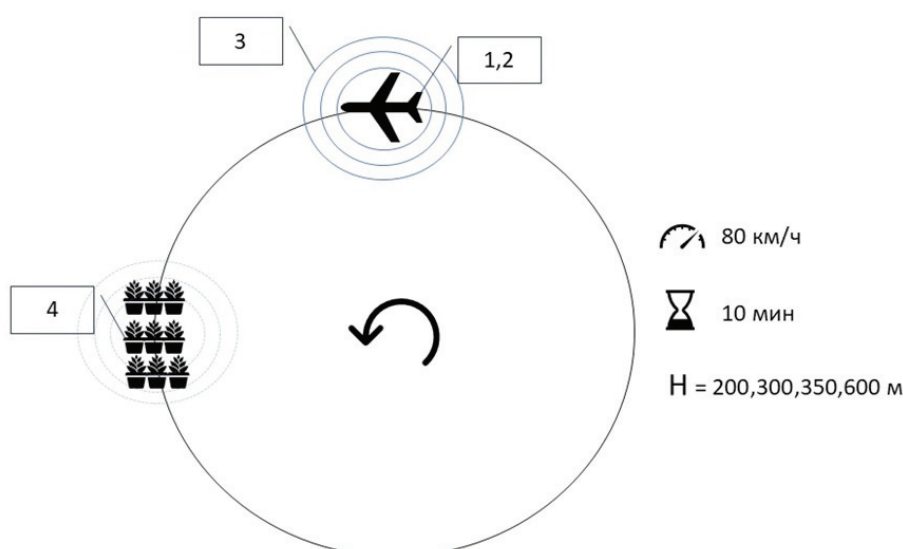
Опыт 1 – сухие семена, обработанные ЭМИ аппарата «ТОР», встроенного в БПЛА, при высоте 300 и 600 м; контроль – без обработки.

Опыт 2 – семена, посеянные в грунт в контейнеры, обработанные ЭМИ аппарата «ТОР», установленного на БПЛА, с высоты 200 и 350 м; контроль – без обработки.

Повторность – семикратная. Число семян в повторности – 50 шт. Схема полёта БПЛА показана на рисунке 2.

Учёты и наблюдения. Опыт 1. Хроматографический анализ газовой пробы на содержание H_2 , CO_2 , NH_3 , O_2 в контрольных и опытных образцах с помощью хроматографа ЦВЕТ-800 на 1-е, 2-е, 6-е, 8-е и 15-е сутки. Определение относительного изменения объёма выделяемого газа за промежуток времени, рассчитанное по формуле:

$$(n - k) / k, \quad (1)$$



1 – БПЛА; 2 – аппарат «ТОР»; 3 – «конус» покрытия электромагнитным полем, генерируемым аппаратом «ТОР»; 4 – воздушно-сухие семена и семена, посеянные в грунт в контейнеры пшеницы озимой.

Рисунок 2 – Схема обработки

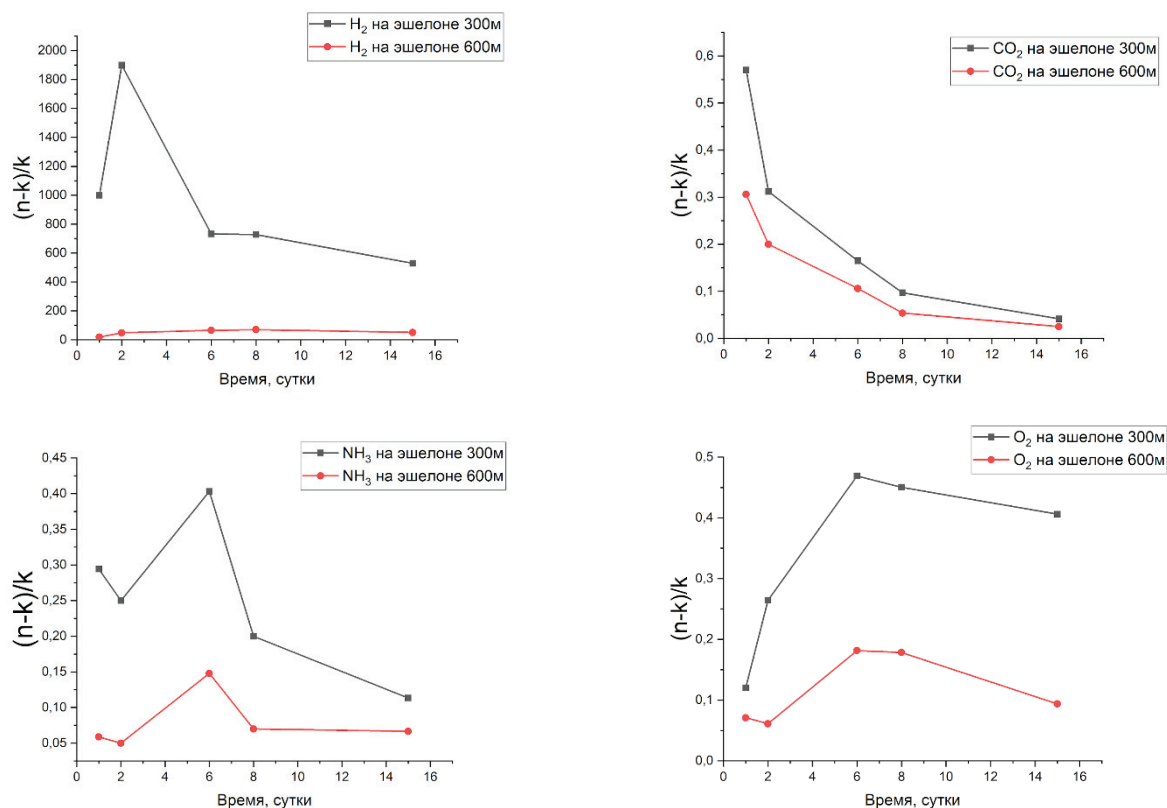


Рисунок 3 – Динамика изменения содержания газов H₂, CO₂, NH₃, O₂ в пробах обработанных образцов с течением времени относительно содержания газов в контрольных пробах без обработки

где n – объём выделяемого газа после обработки на определённой высоте; k – объём выделяемого газа в контроле.

Опыт 2. Оценка посевных качеств (всхожести) и сырой массы проростков пшеницы озимой опытных и контрольных образцов.

Результаты и обсуждения. Опыт 1. Выделение газов H₂, CO₂, NH₃, O₂ в пробах образцов

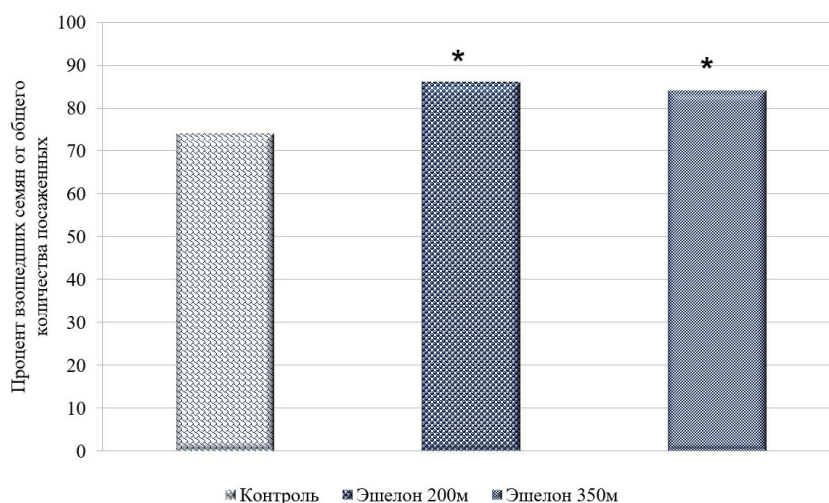
после обработки было больше, чем в образцах контрольной группы (рис. 3).

Обработка образцов на высоте 300 м оказывает более значительное воздействие на рост образцов по сравнению с обработкой на высоте 600 м.

Выделение клетками растений данных газов говорит о качественных морфологических изменениях испытуемого образца. Повышенное выде-



Рисунок 4 – Проростки пшеницы озимой: контроль; опытные варианты, обработанные с высоты 200 и 350 м



Примечание: здесь и далее * – $P \leq 0,05$ – по сравнению с контролем.

Рисунок 5 – Всхожесть семян пшеницы озимой после воздействия аппарата «ТОР» с использованием БПЛА

ление углекислого газа (CO_2) указывает на большую активность метаболических процессов, таких как фотосинтез и клеточное дыхание. Усиленное выделение водорода и аммиака (H_2 , NH_3) говорит о стрессовом состоянии проростка, но также об ускоренном метаболизме в его клетках. При воздействии ЭМИ может ускоряться распад аминокислот (при эустрессе), что временно увеличивает выделение NH_3 . Если растение здоровое, ЭМИ может стимулировать ассимиляцию азота, снижая потери NH_3 .

Таким образом, в семенах и проростках после воздействия электромагнитным излучением с БПЛА на высоте 300 и 600 м активируются метаболические процессы, и усиливается клеточное дыхание. Повышение выделения газов (водорода, аммиака) можно интерпретировать как стрессовую реакцию растений на воздействие ЭМИ. Также отмечено, что со временем объем выделения

исследуемых газов сокращается и приближается к контрольным значениям.

Опыт 2. Отмечены различия между контрольными и опытными образцами, обработанными на разных высотах. Особенно это наблюдалось на посевных качествах семян после обработки и морфометрических параметрах исследуемых объектов (рис. 4).

Образцы, подверженные обработке аппаратом «ТОР» с использованием БПЛА, имели более развитую корневую систему, чем у контрольных образцов, а число проростков после воздействия аппарата увеличилось почти на 10% для обоих эшелонов воздействия (рис. 5).

Увеличение средней массы проростков пшеницы при воздействии аппарата «ТОР» составило около 30% по отношению к контролю (рис. 6). В данных экспериментах обработка с высоты полёта БПЛА 200 м позволила получить более

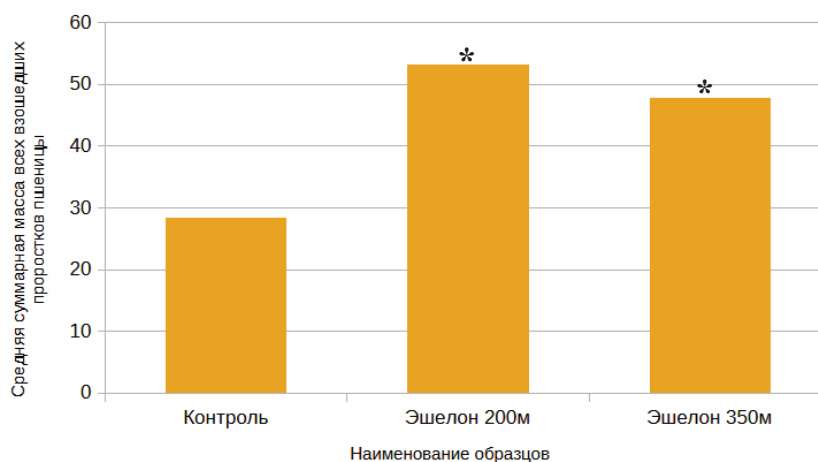


Рисунок 6 – Масса проростков пшеницы озимой после воздействия аппарата «ТОР» с использованием БПЛА

выраженный эффект, вероятно, из-за меньшего рассеивания сигнала. На высоте 350 м воздействие было слабее, но также имело статистическую значимость.

Выводы. В результате проведённых исследований было отмечено, что обработка сельскохозяйственных культур на примере пшеницы озимой сорта Сократ аппаратом «ТОР» с использованием БПЛА имела высокую эффективность. Это показала оценка качества состояния семян и проростков пшеницы с использованием метода газовой хроматографии, которая позволила зафиксировать существенно большее выделение газов (H_2 , CO_2 , NH_3 , O_2) в пробах у опытных образцов. Также было

подтверждено положительное влияние обработки на уровень всхожести семян, а также на массу проростков и позволила им сформировать более развитую корневую систему. Полученные результаты требуют более глубокого изучения, но уже уверенно можно сказать, что предварительная обработка семян пшеницы аппаратом «ТОР» с использованием БПЛА положительно влияет на процессы ускоренного метаболизма растительных клеток.

Таким образом, испытанная технология стимулирования с применением БПЛА позволяет увеличивать всхожесть сельскохозяйственных культур и их развитие при многократном увеличении производительности аппарата «ТОР».

Список источников

1. Зайнуллин В. Г., Турлакова А. М., Пожирицкая А. Н. [и др.] Влияние предпосевной обработки переменными магнитными полями и повышенных доз органических удобрений на урожай картофеля // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2024. № 7 (73). С. 48–53. DOI 10.19110/1994-5655-2024-7-48-53.
2. Турканов И. Ф., Галкина Е. А., Зайнуллин В. Г. [и др.] Влияние дистанционной обработки слабыми нетепловыми импульсными электромагнитными полями на рост и урожайность зерновых культур // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 6 (110). С. 158–164. DOI 10.37670/2073-0853-2024-110-6-158-164. EDN REEANO.
3. Хаширова С. Ю., Шабаетов А. С., Бондарчук Е. В. [и др.] Газохроматографический анализ сельскохозяйственных почв и семян, обработанных слабыми неионизирующими нетепловыми электромагнитными полями // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2025. № 1 (77). С. 120–126. DOI 10.19110/1994-5655-2025-1-120-126. EDN WMINXO.
4. Zhang C., Kovacs J. M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review // Precision Agriculture. 2012. Vol. 13. P. 693–712. DOI: 10.1007/s11119-012-9274-5
5. Пат. 2765973 Российская Федерация, МПК А61N 5/00 (2006.01), СПК А61N 5/00 (2022.01) Устройство подавления жизнедеятельности патогенных микроорганизмов и вирусов электромагнитным излучением; патентообладатель АО «Концерн ГРАНИТ». № 2020124927; заявл. 27.07.2020; опубл. 07.02.2022, Бюл. № 4. 7 с.

References

1. Zajnnullin V. G., Turlakova A. M., Pozhiritskaya A. N. [i dr.] Vliyanie predposevnoj obrabotki peremennymi magnitnymi polyami i povyshennyh doz organicheskikh udobrenij na urozhaj kartofelya // Izvestiya Komi nauchnogo centra UrO RAN. 2024. № 7 (73). S. 48–53. DOI 10.19110/1994-5655-2024-7-48-53.
2. Turkanov I. F., Galkina E. A., Zajnnullin V. G. [i dr.] Vliyanie distancionnoj obrabotki slabymi neteplovymi impul'snymi elektromagnitnymi polyami na rost i urozhajnost' zernovykh kul'tur // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024. № 6 (110). S. 158–164. DOI 10.37670/2073-0853-2024-110-6-158-164. EDN REEANO.
3. Khashirova S. Yu., Shabaev A. S., Bondarchuk E. V. [i dr.] Gazohromatograficheskij analiz sel'skohozyajstvennykh pochv i semyan, obrabotannykh slabymi neioniziruyushchimi neteplovymi elektromagnitnymi polyami // Izvestiya Komi nauchnogo centra UrO RAN. 2025. № 1 (77). S. 120–126. DOI 10.19110/1994-5655-2025-1-120-126. EDN WMINXO.
4. Zhang C., Kovacs J. M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review // Precision Agriculture. 2012. Vol. 13. P. 693–712. DOI: 10.1007/s11119-012-9274-5
5. Pat. 2765973 Rossijskaya Federaciya, MPK A61N 5/00 (2006.01), SPK A61N 5/00 (2022.01) Ustrojstvo podavleniya zhiznedejatel'nosti patogennykh mikroorganizmov i virusov elektromagnitnym izlucheniem; patentoobladatel' AO «Koncern GRANIT». № 2020124927; zayavl. 27.07.2020; opubl. 07.02.2022, Byul. № 4. 7 s.

Сведения об авторах

Игорь Федорович Турканов – руководитель научного центра, АО «Концерн ГРАНИТ».

Елена Владимировна Бондарчук – главный акционер, АО «Концерн ГРАНИТ».

Валерий Георгиевич Грязнов – кандидат физико-математических наук, руководитель отдела волновых технологий научного центра, АО «Концерн ГРАНИТ».

Ирина Викторовна Кузьмина – кандидат биологических наук, научный консультант научного центра, АО «Концерн ГРАНИТ».

Полина Николаевна Болоцкова – аспирант кафедры физики, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», spin-код: 3113-7394.

Ирина Михайловна Кайгородова – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства бобовых культур, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства», spin-код: 5250-2641.

Альберт Семенович Шабает – кандидат химических наук, старший научный сотрудник центра прогрессивных материалов и аддитивных технологий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова», spin-код: 9383-0317.

Information about the authors

Igor F. Turkanov – Head of the Scientific Center, AO Concern GRANIT.

Elena V. Bondarchuk – the main shareholder, AO Concern GRANIT.

Valeriy G. Gryaznov – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Wave Technology Department at the Scientific Center, AO Concern GRANIT.

Irina V. Kuzmina – Candidate of Biological Sciences, Scientific Consultant, AO Concern GRANIT.

Polina N. Bolotskova – postgraduate student of the Department of Physics, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Bauman Moscow State Technical University”, spin-code: 3113-7394.

Irina M. Kaygorodova – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Breeding and Seed Production of Legumes, Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Vegetable Center”, spin-code: 5250-2641.

Albert S. Shabaev – Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher of the Center for Advanced Materials and Additive Technologies, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kabardino-Balkarian State University named after H. M. Berbekov”, spin-code: 9383-0317.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

