

Научна статья
УДК 004.896:595.7.082.114
ББК 32.844.1:28.691.89
Т 34
DOI: 10.53598/2410-3225-2024-2-341-43-50

**Проектирование мобильной ловушки для насекомых
(для проведения исследований в полевых условиях)**
(Рецензирована)

**Семен Васильевич Теплоухов¹, Вячеслав Александрович Татаринцев²,
Андрей Сергеевич Белоусов³**

¹⁻³ Адыгейский государственный университет, Майкоп, Россия

¹ tepl_sv@adygnet.ru

² Tataroslav56@yandex.ru

³ jid012@qvaik.ru

Аннотация. В процессе поиска и поимки отдельных образцов насекомых для дальнейшего их изучения и классификации применяют различные виды пассивных и активных ловушек, однако для многих таких устройств необходимо непосредственное участие человека, кроме того, многие ловушки уничтожают насекомых, что не позволяет их использовать для дальнейшего изучения. Одним из эффективных инструментов поимки образцов является ловушка на основе эффекта положительного фототаксиса – свойства насекомых ориентироваться и двигаться по направлению к источнику света, однако для обеспечения ее автономности целесообразно применять возобновляемые источники энергии. В связи с этим в работе рассмотрен процесс проектирования мобильной автономной фотоловушки для насекомых, применение которой позволит эффективно собирать образцы, не повреждая их. Управление фотоловушкой осуществляет микроконтроллер ESP32, который определяет время функционирования устройства, кроме того, модульная конструкция ловушки позволяет ее модифицировать в зависимости от видов насекомых, например, осуществлять замену LED-ленты с требуемой длиной волны. Применение фотоэлектрической панели позволяет значительно повысить автономность устройства. Таким образом, спроектированная фотоловушка для поимки насекомых обладает модульной структурой, достаточной степенью автономности и может быть адаптирована для поимки насекомых различных видов.

Ключевые слова: микроконтроллер ESP32, 3D-печать, фотоловушка, положительный фототаксис

Для цитирования: Теплоухов С. В., Татаринцев В. А., Белоусов А. С. Проектирование мобильной ловушки для насекомых (для проведения исследований в полевых условиях) // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. : Естественно-математические и технические науки. 2024. Вып. 2 (341). С. 43–50. DOI: 10.53598/2410-3225-2024-2-341-43-50

Original Research Paper

Design of a portable insect trap (for field research)

Semen V. Teploukhov¹, Vyacheslav A. Tatarintsev², Andrey S. Belousov³

¹⁻³ Adyghe State University, Maykop, Russia

¹ tepl_sv@adygnet.ru

² Tataroslav56@yandex.ru

³ jid012@qvaik.ru

Abstract. In the process of searching and catching insect samples for further study and classification, various types of passive and active traps are used, but many such devices require direct human participation, and many traps destroy insects, which does not allow their use for further study. One of the effective tools for catching samples is a trap based on the effect of positive phototaxis – the

property of insects to orient and move towards a light source, but to ensure its autonomy it is advisable to use renewable energy sources. In this regard, the paper considers the process of designing a mobile autonomous insect trap, the use of which will allow effective collection of samples without damaging them. The trap is controlled by ESP32 microcontroller, which controls the time of operation of the device, in addition, the modular design of the trap allows its modification depending on the species of insects, for example, enable for replacement the LED-trap with the required wavelength. The use of a photovoltaic panel allows for a significant increase the autonomy of the device. Thus, the designed camera trap for catching insects has a modular structure, a sufficient degree of autonomy and can be adapted for catching insects of different species.

Keywords: ESP32 microcontroller, 3D printing, photo trap, positive phototaxis

For citation: Teploukhov S. V., Tatarintsev V. A., Belousov A. S. Design of a portable insect trap (for field research) // The Bulletin of the Adyghe State University. Ser. : Natural-Mathematical and Technical Sciences. 2024. Iss. 2 (341). P. 43–50. DOI: 10.53598/2410-3225-2024-2-341-43-50

Введение

Мероприятия по поиску и поимке образцов проводят для исследования биоразнообразия места проведения, для составления оценки количества популяции определенных видов насекомых, а также для обучения студентов. В полевых условиях осуществляется наблюдение за беспозвоночными в их естественных местообитаниях, а также сбор материалов для изучения. Для поиска и поимки образцов беспозвоночных используется как ручной отлов, так и специализированные инструменты и ловушки [1].

Способ сбора образцов беспозвоночных зависит от того, каких насекомых необходимо собирать, где их предстоит собирать, а также с какой целью их предстоит собирать. Ручной сбор, а также использование некоторых специализированных инструментов, концентрирующихся на поимке насекомых по одному, не позволяет получить точных количественных данных о биоразнообразии того или иного вида. В связи с этим используются другие инструменты и технологии – ловушки разных видов, которые позволяют подойти к процессу сбора опытных образцов более комплексно и уменьшают количество ручных операций.

Опыты исследователей показывают [2], что для изучения летающих насекомых, активных в ночное время суток, наиболее эффективно использовать фотоловушки (ловушки, использующие эффект фототаксиса). В связи с этим целесообразно исследовать ловушки такого типа и спроектировать фотоловушку, которая имеет модульную структуру, автономное питание, а также малые габариты.

Основные положения

Большинство насекомых имеют фотовосприимчивые органы: «фасеточные глаза» и «простые глазки / оцеллии» [3]. При этом спектральная чувствительность фоторецепторов определяет длину волны видимого света для насекомых, который часто расширяется в ультрафиолетовую (УФ) область. Фототаксис позволяет насекомым ориентироваться вдоль вектора света в трех измерениях. Искусственные источники света мешают ночным насекомым правильно ориентироваться в пространстве. Их полет становится «извилистым» и в случаях положительного фототаксиса – направленным в сторону источника излучения.

Доказано, что разные виды насекомых предпочитают свет разных длин волн [2]. Например, «Табачная белокрылка» и «Тепличная белокрылка» показывают более благоприятную реакцию на зеленый (520 нм) и синий (470 нм) светодиоды при интенсивности яркости 40 лк, чем на красные (625 нм) и желтые (590 нм) светодиоды, но при этом красный светодиод (625 нм) более эффективен в привлечении «Кукурузного долгоносика». В качестве примера чувствительности насекомых на разную длину волны могут послужить пчелы *Apis mellifera* (рисунок 1). Учитывать эту особенность насекомых крайне важно при выборе источника освещения в фотоловушке, кроме того, необ-

ходимо предусмотреть возможность смены источника для адаптации к конкретному типу насекомых.

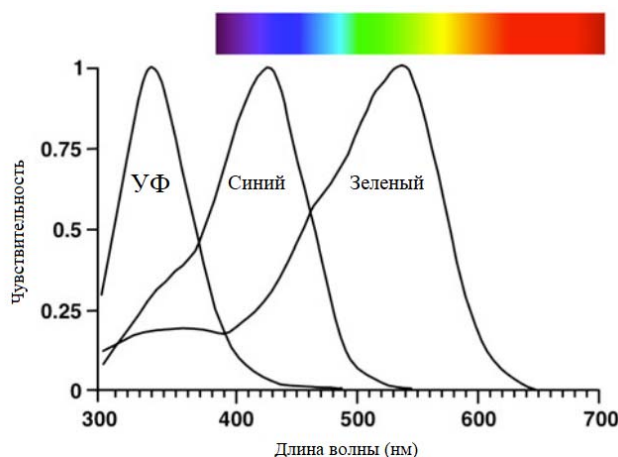


Рис. 1. Кривые спектральной чувствительности к свету пчелы вида *Apis mellifera*

Fig. 1. Curves of spectral sensitivity to light of the bee species *Apis mellifera*

Проанализируем существующие ловушки на основе положительного фототаксиса, которые предлагаются различными производителями как отечественными, так и зарубежными (таблица 1).

Таблица 1

Обзор фотоловушек
 Table 1. Camera trap review

Название и ссылка	Описание	Цена	Ограничения
«Гектарная солнечная ловушка для насекомых» [4]	Свет ультрафиолетовой лампы привлекает насекомых, которые затем тонут в лотке с водой и отравой, расположенном под лампой.	₽6420	Ловушка спроектирована для истребления насекомых на аграрных участках. Отсутствие хранилища.
“Hot-Sell-OEM-Wholesale-Solar-Insect” [5]	Ультрафиолетовая лампа привлекает насекомых, которые затем умирают от разряда тока и падают в контейнер.	₽26395	Ловушка спроектирована для истребления насекомых на аграрных участках. Удар тока повреждает образцы насекомых. Имеет большие габариты.
«Ловушка для насекомых WELL WE-100-210» [6]	Уничтожает насекомых с помощью сетки внутри ловушки, на которую подается высокое напряжение – около 3800–4000 Вольт.	₽19176	Предназначена для уничтожения всех видов летающих насекомых, повреждает образцы. Питание от сети.
«Ловушка Малеза» [7]	Состоит из трех стенок, самая высокая из которых выполняет роль преграды. Насекомые из-за дневного света поднимаются вверх и не находят никакого выхода, кроме небольшого отверстия, ведущего в ловчий стакан с фиксатором на кровлеобразной вершине.	₽4750	Эффективна только в дневное время суток, так как использует фототаксис косвенно. Сложна для установки новичком. Целесообразно менять местоположение ловушки.

В результате анализа можно сделать ряд выводов:

1. Некоторые ловушки повреждают образцы насекомых, что неприемлемо для исследований.

2. Габариты ловушки являются важным фактором, поскольку крупная ловушка зачастую сложна в транспортировке и установке.

3. Ряд ловушек питаются от сети напряжения, что не подходит для полевых испытаний.

4. Необходимо хранилище, которое позволяет накапливать образцы насекомых.

Отсюда сделаем вывод о необходимости компактной, мобильной ловушки для насекомых, функционирующей на основе фототаксиса, а также имеющей модульную структуру и автономное питание.

Проектирование фотоловушки

Ловушка на основе положительного фототаксиса должна накапливать энергию от солнечной панели в дневное время. С наступлением темноты происходит включение светодиодной ленты, которая привлекает к себе образцы насекомых. Лента должна функционировать два часа после захода солнца и два часа до восхода солнца, так как именно в это время насекомые наиболее активны. Насекомые, прилетевшие на свет светодиодов, должны попадать в хранилище, что расположено под лентой. В хранилище будет располагаться отравка (инсектицид), чтобы образцы не могли выбраться наружу или пожарить других насекомых, повреждая при этом образцы.

На основании вышеизложенных положений была спроектирована функциональная схема устройства (рисунок 2).

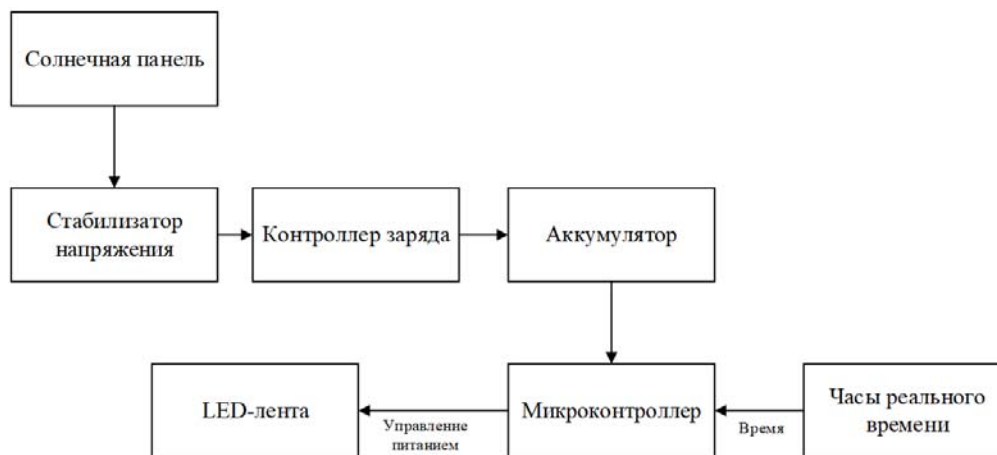


Рис. 2. Функциональная схема модели фотоловушки

Fig. 2. Functional diagram of the camera trap model

Ловушка состоит из солнечной панели, контроллера заряда аккумуляторов, Li-ion аккумуляторов, микроконтроллера, LED-ленты и часов реального времени. В дневное время солнечная панель подает питание на контроллер заряда, который заряжает аккумулятор. Аккумулятор подает питание на микроконтроллер. После захода солнца часы реального времени сообщают об этом микроконтроллеру, после чего загорается подключенная LED-лента. Светодиоды горят в течение двух часов после захода, после чего часы реального времени подают сигнал, говорящий микроконтроллеру, что два часа истекло, и лапа выключается. За два часа перед восходом часы реального времени вновь подают сигнал микроконтроллеру, и LED-лента горит еще два часа перед рассветом до очередного сигнала часов реального времени.

Работу ловушки можно описать как работу в двух режимах. Первый режим – это режим зарядки. В это время устройство от солнечной панели заряжает свои аккумуляторы. Второй режим – это режим непосредственного отлова. Горит светодиодная лампа, аккумуляторы разряжаются. Переключается ловушка между двумя режимами при помощи часов реального времени.

На основе функциональной схемы была построена принципиальная электрическая схема устройства (с одним аккумулятором), которая представлена на рисунке 3.

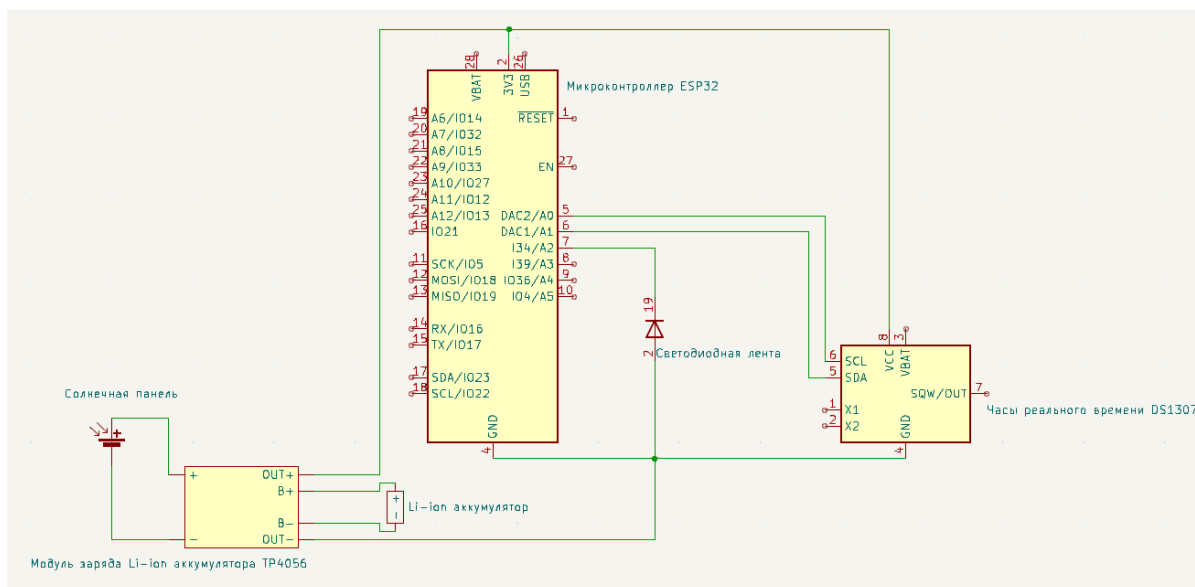


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема фотоловушки

Fig. 3. Circuit diagram of the camera trap

На выбор компонентов ловушки повлияла необходимость в компактности аппаратной части и в возможности потенциальной сборки нескольких ловушек на основе положительного фототаксиса.

Основные элементы:

- Микроконтроллер ESP32 – недорогой микропроцессор с малым энергопотреблением, управляет включением LED-ленты;
- Светодиодная лента. Может иметь разную длину волны (в том числе и УФ);
- Аккумуляторы 18650 подключены к контроллеру заряда TP4056, получая питание от солнечной панели в дневное время суток. Являются источником питания микроконтроллера ESP32;

– Солнечная панель Yashel DELTA 30-12P. Имеет номинальное напряжение 12 В и номинальную мощность 30 Вт [8]. Указанные характеристики позволяют получать достаточно энергии для функционирования фотоловушки.

После выбора компонентов важным этапом проектирования является разработка корпуса устройства, который должен быть компактным и модульным. В результате были построены 3D-модели: крышка ловушки; верхняя часть хранилища с отверстиями для насекомых; полый стержень – «сердечник»; хранилище насекомых. Модели представлены на рисунке 4.

Для производства корпуса прототипа устройства был использован 3D-принтер и PLA пластик для 3D-принтера [9]. В результате был собран прототип устройства, который представлен на рисунке 5.

Итоговые габариты устройства: Д*Ш*В – 230 мм*230 мм*400 мм.

Масса в полной комплектации без солнечной панели – менее 1 кг.

Указанные габариты и масса позволяют легко переносить устройство, а его модульная (сборная) конструкция дает возможность более компактного хранения. Также возможна печать более крупных ловушек путем увеличения масштаба 3D-моделей. Кроме того, возможно в качестве хранилища использовать другие комплектующие, например, плотные мешки.

В ловушке использовались 4 батареи по 3,7 В и 3000 мА*ч, общее напряжение и емкость – 7,4 В и 6000 мА*ч. Солнечная панель в 30 Вт с максимальным напряжением 18,07 В и максимальной силой тока 1,95 А.

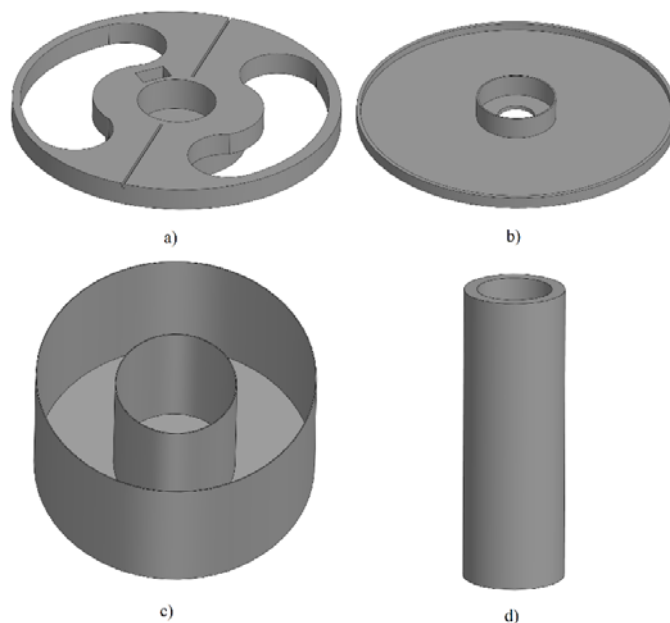


Рис. 4. 3D-модели элементов фотоловушки:
а) крышка ловушки; б) верхняя часть хранилища с отверстиями для насекомых;
с) полый стержень – «сердечник»; д) хранилище насекомых

Fig. 4. 3D models of the camera trap elements:
a) the lid of the trap; b) the top of the insect vault with holes for the insects;
c) hollow rod – “core”; d) insect repository



Рис. 5. Прототип фотоловушки
Fig. 5. Prototype camera trap

Без солнечной панели ловушка обеспечивает свыше 12 часов бесперебойной работы, что позволяет говорить об удобстве ее использования в полевых условиях, в том числе и при непрерывном функционировании ночью.

Итоговая стоимость устройства составила 8000 рублей с учетом солнечной панели (таблица 2). В случае ее отсутствия (например, не требуется длительная автономная работа) стоимость составит 3500 рублей. Это позволяет говорить о доступности такой фотоловушки.

Стоимость комплектующих

Table 2. Cost of components

Наименование	Цена	Кол-во	Стоимость
ESP32	500	1	500
Аккумулятор 18650	300	4	1200
Контроллер заряда TP4056	300	1	300
Светодиодная лента 24 В, 14,4 Вт/м	500	1	500
Солнечная панель 50 Вт	4500	1	4500
PLA пластик	1000	1	1000
Итого:			8000

Заключение

Таким образом, была спроектирована мобильная ловушка для насекомых (для проведения исследований в полевых условиях), которая функционирует на основе эффекта положительного фототаксиса.

Ловушка обладает модульной конструкцией, которую можно модифицировать, используя 3D-принтер. Кроме того, такая ловушка обладает возможностью достаточно легкой смены LED-ленты, что важно для исследователей. Малые габариты и вес дают возможность более компактного хранения. А невысокая стоимость с учетом долгой автономности позволяет использовать устройство в полевых условиях. Также важно отметить, что для достижения максимальной эффективности сбора насекомых целесообразно применять сразу несколько ловушек, в том числе со светодиодами разной длины волны [10].

Примечания

1. Селиховкин А. В. Лесная энтомология и беспозвоночные: учеб. пособие по организации и проведению учебной практики для студентов бакалавриата очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 35.03.01 «Лесное дело». СПб.: СПбГЛТУ, 2019. 24 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/125214> (дата обращения: 03.04.2024).

2. Park J. H., Lee H. S. Phototactic behavioral response of agricultural insects and stored-product insects to light-emitting diodes (LEDs) // *Appl Biol Chem*. 2017. No. 60. P. 137–144. URL: <https://doi.org/10.1007/s13765-017-0263-2> (дата обращения: 16.04.2024).

3. Shimoda M., Honda Ki. Insect reactions to light and its applications to pest management // *Appl Entomol Zool*. 2013. No. 48. P. 413–421. URL: <https://doi.org/10.1007/s13355-013-0219-x> (дата обращения: 13.04.2024).

4. Hectare Solar Trap. URL: <https://www.hectare.in/product/solar-trap/> (дата обращения: 15.05.2024).

5. Solar Insect Light Trap. URL: https://www.alibaba.com/product-detail/Hot-Sell-OEM-Wholesale-Solar-Insect_1601030556343.html (дата обращения: 8.05.2024).

6. WELL WE-100-210. URL: <https://well-we.ru/catalog/promyshlennye-vysokovoltnye-lovushki/well-we-100-210/> (дата обращения: 14.05.2024).

7. Белая ловушка Малеза Naturaliste. URL: <https://naturaliste.ru/catalog/2070> (дата обращения 16.05.2024).

8. Солнечная панель DELTA 30-12P. URL: <https://yashel.shop/product/solnechnaya-batareya-delta-sm-30-12-p> (дата обращения: 16.05.2024).

9. КОМПАС-3D. URL: <https://kompas.ru/> (дата обращения: 15.05.2023).

10. Корб С. К. Об эффективном использовании мобильных автоматических светоловушек для исследований чешуекрылых (Lepidoptera), привлекаемых УФ-излучением, в горных условиях // *Полевой журнал биолога*. 2021. Т. 3, № 4. С. 339–349.

References

1. Selikhovkin A. V. Forest entomology and invertebrates: textbook on the organization and conduct of training practice for full-time and part-time undergraduate students in the direction of train-

ing 35.03.01 “Forestry”. SPb. SPbGLTU, 2019. 24 p. URL: <https://e.lanbook.com/book/125214> (access date: 03/04/2024).

2. Park J. H., Lee H. S. Phototactic behavioral response of agricultural insects and stored-product insects to light-emitting diodes (LEDs) // Appl Biol Chem. 2017. No. 60. P. 137–144. URL: <https://doi.org/10.1007/s13765-017-0263-2> (access date: 16/04/2024).

3. Shimoda M., Honda Ki. Insect reactions to light and its applications to pest management // Appl Entomol Zool. 2013. No. 48. P. 413–421. URL: <https://doi.org/10.1007/s13355-013-0219-x> (access date: 13/04/2024).

4. Hectare Solar Trap. URL: <https://www.hectare.in/product/solar-trap/> (access date: 15/05/2024).

5. Solar Insect Light Trap. URL: https://www.alibaba.com/product-detail/Hot-Sell-OEM-Wholesale-Solar-Insect_1601030556343.html (access date: 8/05/2024).

6. WELL WE-100-210. URL: <https://well-we.ru/catalog/promyshlennye-vysokovoltnye-lovushki/well-we-100-210/> (access date: 14/05/2024).

7. White trap Malesa Naturaliste. URL: <https://naturaliste.ru/catalog/2070> (access date: 16/05/2024).

8. DELTA 30-12P solar panel. URL: <https://yashel.shop/product/solnechnaya-batareya-delta-sm-30-12-p> (access date: 16/05/2024).

9. COMPAS-3D. URL: <https://kompas.ru/> (access date: 15/05/2023).

10. Korb S. K. On the effective use of mobile automatic light traps for studies of scales (Lepidoptera) attracted by UV radiation in mountainous conditions // Field Journal of Biologist. 2021. Vol. 3, No. 4. P. 339–349.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 17.05.2024; одобрена после рецензирования 27.05.2024; принята к публикации 28.05.2024.

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 17.05.2024; approved after reviewing 27.05.2024; accepted for publication 28.05.2024.

© С. В. Теплоухов, В. А. Татаринцев, А. С. Белоусов, 2024