

Естественные науки. 2022. № 3 (8). С. 33–40.

Yestestvennye nauki = Natural Sciences. 2022; no. 3(8):33–40 (In Russ.)

Научная статья

УДК 579.64

doi 10.54398/1818507X\_2022\_3\_33

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИАНОБАКТЕРИЙ В КАЧЕСТВЕ БИОРЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

**Батаева Юлия Викторовна<sup>1</sup>✉, Григорян Лилит Норайровна<sup>2</sup>,  
Вилкова Дарья Дмитриевна<sup>3</sup>, Братилова Джамия Мусаевна<sup>4,5</sup>**

<sup>1,2,4,5</sup>Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева,  
г. Астрахань, Россия

<sup>3</sup>Череповецкий государственный университет, г. Череповец, Россия

<sup>1</sup>aveatab@mail.ru ✉

**Аннотация.** Исследована эффективность применения цианобактерий в качестве биорегуляторов роста на перце Калифорнийское чудо и томатах Дар Заволжья. Микроделяночные опыты проведены в открытом грунте на территории технопарка Астраханского государственного университета им. В. Н. Татищева (п. Начало, Астраханская обл.). В работе исследованы химический и микробиологический составы почв опытного микроделяночного участка. Исследуемые почвы отнесены к агроземам с низким значением pH 5,0; величина плотного остатка составила 0,05 % (незасоленная). Содержание анионов, таких как сульфаты, и щёлочи составило 0,04 и 0,026 %, соответственно. Почва опытного участка содержит минеральные и органические компоненты: магний (0,009 %), кальций (0,020 %). Содержание гумуса составило 1,9 %, количество азота — 82,2 %, фосфора — 120,0 %. Численность эколого-трофических групп микроорганизмов в образцах почв была в пределах порядков  $10^4$  и  $10^8$ . Растения, обработанные суспензией цианобактерий, значительно превышали контрольные по длине корня и высоте растений на 104,7 и 118,5 %, соответственно. Урожайность перца при обработке суспензией составила 0,272 кг/куст, что превышало контроль на 90,2 %. При подсчёте перца с симптомами фузариоза, обнаружено, что количество обработанных суспензией цианобактерий растений составило 0 % (без симптомов), а в контроле — 9 % (с симптомами), что подтверждает высокую фунгицидную активность культуры цианобактерий. Количество микромицетов рода *Fusarium* в почве составил: в контроле  $10^4$  КОЕ/г, в варианте с обработкой цианобактериями —  $10^2$  КОЕ/г. В результате анализа опыта с томатами, количество урожайных кустов с обработкой цианобактериями составило 38,82 %, что на 7,1 % больше контроля. Урожайность томатов с бактеризацией цианобактериями составила 1,14 кг/куст, что на 0,83 кг/куст больше, чем в контроле (0,31 кг/куст). При обработке суспензией цианобактерий растения с симптомами фузариоза отсутствовали, в то время как в контроле составили 12 %, что подтверждает высокую фунгицидную активность культуры цианобактерий. Исследование в ризосфере микромицетов рода *Fusarium* показало их наличие в варианте опыта с обработкой растений цианобактериями в количестве  $10^2$  КОЕ/г, что меньше контроля на три порядка. Полевые опыты по влиянию цианобактерий на растения, показали, что культура *A. constricta* IPPAS В-2020 обладает активными фитостимулирующими и защитными свойствами, так же как и цианобактериальные сообщества.

**Ключевые слова:** цианобактерии, микробиологический анализ почв, фитостимулирующая активность, Астраханская область

**Для цитирования:** Батаева Ю. В., Григорян Л. Н., Вилкова Д. В., Братилова Д. М. Эффективность применения цианобактерий в качестве биорегуляторов роста овощных культур // *Естественные науки. 2022. № 3 (8). С. 33–40.* [https://doi.org/10.54398/1818507X\\_2022\\_3\\_33](https://doi.org/10.54398/1818507X_2022_3_33).

## EFFICIENCY OF CYANOBACTERIA AS BIOREGULATORS OF VEGETABLE GROWTH

*Batayeva Yulia V.*<sup>1✉</sup>, *Grigoryan Lilit N.*<sup>2</sup>, *Vilkova Daria D.*<sup>3</sup>,  
*Bratilova Jamilya Musaevna*<sup>4,5</sup>

<sup>1,2,4,5</sup>Astrakhan State University named by V. N. Tatishchev, Astrakhan, Russia

<sup>3</sup>Cherepovets State University, Cherepovets, Russia

<sup>1</sup>aveatab@mail.ru ✉

**Abstract.** The effectiveness of the use of cyanobacteria as bioregulators of growth on pepper "California miracle" and tomatoes "Dar Zavolzhyia" was studied. Microplot experiments were carried out in the open ground on the territory of the technopark of the Astrakhan State University named after V. N. Tatishcheva, the beginning of the Astrakhan region. In the work, the chemical and microbiological compositions of the soils of the experimental microplot-night plot were studied. The studied soils are classified as agrozems with a low pH value of 5.0; the value of the dense residue was 0.05 % (non-saline). The content of anions, such as sulfates, and alkali was 0.04 % and 0.026 %, respectively. The soil of the experimental site contains mineral and organic components: magnesium (0.009 %), calcium (0.020 %). The content of humus was 1.9 %, the amount of nitrogen — 82.2%, phosphorus — 120.0 %. The number of ecological and trophic groups of microorganisms in soil samples was within the order of  $10^4$  and  $10^8$ . Plants treated with a suspension of cyanobacteria significantly exceeded the control ones in root length and plant height by 104.7 % and 118.5 %, respectively. The yield of pepper when treated with a suspension was 0.272 kg/bush, which exceeded the control by 90.2 %. When counting peppers with Fusarium symptoms, it was found that the number of plants treated with a suspension of cyanobacteria was 0 % (without symptoms), and in the control 9 % (with symptoms), which confirms the high fungicidal activity of the cyanobacteria culture. The number of micromycetes of the genus Fusarium in the soil was: in the control 104 CFU/g, in the variant with treatment with cyanobacteria —  $10^2$  CFU/g. As a result of the analysis of the experience with tomatoes, the number of productive bushes treated with cyanobacteria was 38.82 %, which is 7.1 % more than the control. The yield of tomatoes with bacterization by cyanobacteria was 1.14 kg/bush, which is 0.83 kg/bush more than in the control (0.31 kg/bush). When treated with a suspension of cyanobacteria, plants with symptoms of Fusarium were absent, while in the control they accounted for 12 %, which confirms the high fungicidal activity of the cyanobacteria culture. A study of micromycetes of the genus Fusarium in the rhizosphere showed their presence in the variant of the experiment with the treatment of plants with cyanobacteria in an amount of  $10^2$  CFU/g, which is three orders of magnitude less than the control. Field experiments on the effect of cyanobacteria on plants have shown that the *A. constricta* IPPAS B-2020 culture has active phytostimulating and protective properties, as well as cyanobacterial communities.

**Keywords:** cyanobacteria, soil microbiological analysis, phytostimulating activity, Astrakhan region

**For citation:** Bataeva Yu. V., Grigoryan L. N., Vilkova D. V., Bratilova J. M. The effectiveness of the use of cyanobacteria as bioregulators of the growth of vegetable crops. *Yestestvennye nauki = Natural Sciences. 2022; no. 3(8):33–40.* [https://doi.org/10.54398/1818507X\\_2022\\_3\\_33](https://doi.org/10.54398/1818507X_2022_3_33).

**Введение.** Почвы Астраханской области испытывают недостаток влаги, содержат высокие концентрации солей, что создаёт экстремальные условия для существования живых организмов. Это привело к формированию специфических микробных сообществ.

Важной группой организмов в таких аридных зонах являются фототрофы — почвенные водоросли и цианобактерии, которые вносят существенный вклад в развитие почвенных экосистем вследствие образования первичной продукции органического вещества, фиксации молекулярного азота, синтеза метаболитов и т. д. Они колонизируют почву быстрее, чем остальные микроорганизмы, являются пионерами освоения различного рода субстратов [1].

Цианобактерии применяют в агротехнологиях [9], они известны фитостимулирующей активностью в отношении пшеницы [10; 11], бобовых культур [3; 4].

**Цель и задачи исследования:** оценка эффективности применения цианобактерий в качестве биорегуляторов роста на перце Калифорнийское чудо и томатах Дар Заволжья.

**Задачи исследования:** исследовать количественный химический анализ почвенных образцов и изучить их микробиологический состав; определить биологическую эффективность цианобактерий в качестве биорегуляторов роста на перце Калифорнийское чудо и томатах Дар Заволжья.

**Условия исследования.** Микроделяночные опыты проводили в открытом грунте на территории технопарка Астраханского государственного университета им. В. Н. Татищева (п. Начало, Астраханская обл.) на перце сорта Калифорнийское чудо и томатов сорта Дар Заволжья.

**Материалы и методы исследования.** Материалом исследований служили цианобактерии, перец Калифорнийское чудо, томаты Дары заволжья. Отбор почвенных образцов для химического и микробиологического анализов проводили согласно ГОСТ 17.4.4.02-2017 с глубины 0–10 см. Количественный химический анализ почвенных образцов проводили традиционными методами анализа почв [5]. Микробиологические исследования проводили сразу после взятия проб по классическим методам глубинного и поверхностного посевов почвенных суспензий [6; 7].

Растения высаживали на трёхрядовых делянках. Расстояние между растениями 40 см. В каждом варианте высаживали 50 растений в трёхкратной повторности. Продолжительность опыта — 4 мес. Схема опыта включала варианты: двукратная обработка цианобактериями — бактеризация семян и пролив в фазу 2–4 настоящего листа (без внесения удобрений); контроль — без внесения удобрений. Значение температуры в течение опыта составило от 10 до 40 °С.

Для обработки семян и растений использовали культуру цианобактерий *Anabaena constricta* IPPAS В-2020 в виде суспензии (5 г абсолютно сухой биомассы цианобактерий на 1 л стерильной дистиллированной воды). Перед посевом проводили бактеризацию семян, которые выдерживали в течение 1 ч в суспензии с цианобактериями, а контрольные семена — в воде.

В течение опыта на стадии плодоношения измеряли длину корня, высоту растений, массу одного плода, количество плодов и урожайность.

Количество микромицетов рода *Fusarium* в почве определяли высевом почвенных разведений на бобовый агар и микроскопированием [6].

**Результаты исследования.** Исследуемые почвы относятся к агрозёмам с низким значением рН 5,0 (табл. 1). Возможно, это связано с активной обработкой почв минеральными удобрениями. Почва незасоленная с величиной плотного остатка 0,05 %. Содержание анионов, таких как сульфаты, и щёлочи составило 0,04 и 0,026 %, соответственно. Почва опытного участка содержит минеральные и органические компоненты: магний (0,009 %), кальций (0,020 %). Содержание гумуса составило 1,9 %, азота — 82,2 %, фосфора — 120,0 %.

Таблица 1

**Химический состав исследуемых почвенных образцов (%)**

Наименование объекта	Плотный остаток	Анионы			Катионы		рН	Азот	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Гумус
		Щёлочи	Хлориды	Сульфаты	Кальций	Магний				
Технопарк АГУ	0,05	0,026	0,05	0,04	0,020	0,009	5,0	82,2	120,0	1,90

Численность эколого-трофических групп микроорганизмов в образцах почв была в пределах порядков 10<sup>4</sup> и 10<sup>8</sup> (табл. 2).

Таблица 2

**Микробиологический состав исследуемых почвенных образцов**

Среда	Почва	Опытный участок технопарка АГУ	
		ОМЧ, КОЕ/г почвы	Морфотипы
ГРМ		1,5·10 <sup>8</sup> ± 0,25	кокки Грам <sup>+</sup> палочки Грам <sup>-</sup>
ГРМ/10		9,0·10 <sup>5</sup> ± 0,20	кокки Грам <sup>+</sup>
Селибера		1,5·10 <sup>6</sup> ± 0,25	кокки Грам <sup>+</sup> и Грам <sup>-</sup> палочки Грам <sup>-</sup>
Гаузе		1,6·10 <sup>5</sup> ± 0,55	палочки Грам <sup>+</sup> кокки Грам <sup>+</sup>
Чапека		3,5·10 <sup>4</sup> ± 1,50	гифы грибов
Эшби		3,7·10 <sup>6</sup> ± 0,10	палочки Грам <sup>-</sup> кокки Грам <sup>+</sup>
Голодный		2,9·10 <sup>6</sup> ± 0,25	палочки Грам <sup>+</sup> кокки Грам <sup>+</sup>

Примечание: Г<sup>+</sup> — грамположительные, Г<sup>-</sup> — грамотрицательные.

Анализ общей численности эколого-трофических групп показал преобладание сапротрофных микроорганизмов на среде ГРМ (1,5·10<sup>8</sup> КОЕ/г), которые превышают на несколько порядков другие группы, участвующие в деструкции органических веществ в почве. Олиготрофы, выделенные на «голодном» агаре, находились в пределах 2,9·10<sup>6</sup> КОЕ/г. Они являются автохтонной микрофлорой и развиваются на этой среде исключительно

за счёт веществ, содержащихся в почве. Численность липолитических бактерий, разлагающих жиры, на среде Селибера составила  $1,5 \cdot 10^6$  КОЕ/г. Численность амилолитических микроорганизмов на среде Гаузе в почве опытного участка равна  $1,6 \cdot 10^5$  КОЕ/г. Актиномицеты и актиномицетоподобные формы активно развиваются в почвах, обогащённых крахмальными и углеводными органическими субстратами, а также в экстремальных аридных и агрогенных условиях Астраханской области [8]. Количество азотфиксирующих микроорганизмов на среде Эшби составило  $3,7 \cdot 10^6$  КОЕ/г. Наименьшее количество сахаролитических микроорганизмов выделено на среде Чапека —  $3,5 \cdot 10^4$  КОЕ/г почвы, но, возможно, и невысокий четвёртый порядок численности оказывает влияние на понижение pH.

На средах ГРМ и ГРМ/10 выявлены грамположительные кокки, собранные в группы, и тонкие одиночные грамотрицательные палочки. На «голодном» агаре выделены одиночные грамположительные палочки и кокки. На среде Селибера обнаружены грамположительные, грамотрицательные кокки и грамотрицательные палочки. На среде Гаузе выявлены полиморфные клетки.

Таким образом, при определении микробиологического состава почвы были выделены все исследуемые группы микроорганизмов. Практически везде обнаружены и палочки и кокки, как грамположительные, так и грамотрицательные. Большое количество грамположительных кокковых форм.

Растения, обработанные суспензией цианобактерий, значительно превышали контрольные по длине корня и высоте растений на 104,7 и 118,5 %, соответственно (табл. 3).

Таблица 3

**Длина корня и высота растений перца при внекорневой подкормке суспензией цианобактерий *Anabaena constricta* IPPAS B-2020**

Вариант опыта	Длина корня, см	Высота растения, см
Контроль	$10,5 \pm 0,24$	$28,6 \pm 0,17$
Обработка суспензией цианобактерий	$21,5 \pm 0,18$	$62,5 \pm 0,36$

Отмечено ускоренное созревание плодов у обработанных растений на 5–8 дней по сравнению с контролем. Масса одного плода перца и количество плодов при обработке суспензией цианобактерий превышает контрольную массу на 19,2 и 70,0 %, соответственно (табл. 4).

Таблица 4

**Урожайность перца при внекорневой подкормке суспензией цианобактерий *Anabaena constricta* IPPAS B-2020**

Вариант опыта	Масса плода, кг	Количество плодов, шт./куст	Урожайность, кг/куст
Контроль	$0,52 \pm 12,03$	$2,0 \pm 0,70$	$0,143 \pm 0,27$
Обработка суспензией цианобактерий	$0,62 \pm 14,60$	$3,4 \pm 0,47$	$0,272 \pm 0,12$

Урожайность перца при обработке суспензией составила 0,272 кг/куст, что превышало контроль на 90,2 %.

При подсчёте растений с симптомами фузариоза обнаружено, что количество обработанных суспензией цианобактерий растений составило 0 % (без симптомов), а в контроле — 9 % (с симптомами), что подтверждает

высокую фунгицидную активность культуры цианобактерий. Количество микромицетов рода *Fusarium* в почве составил: в контроле  $10^4$  КОЕ/г, в варианте с обработкой цианобактериями —  $10^2$  КОЕ/г.

В результате анализа опыта с томатами, количество урожайных кустов с обработкой цианобактериями составило 38,82 %, что на 7,1 % больше контроля (табл. 5).

Таблица 5

**Урожайность томатов при внекорневой подкормке  
суспензией цианобактерий *Anabaena constricta* IPPAS B-2020**

Вариант опыта	Урожайность, кг/куст	Количество урожайных кустов, %
Контроль	$0,31 \pm 11,12$	$31,73 \pm 2,54$
Обработка цианобактериями	$1,14 \pm 0,29$	$38,82 \pm 3,85$

Урожайность томатов с бактеризацией цианобактериями составила 1,14 кг/куст, что на 0,83 кг/куст больше, чем в контроле (0,31 кг/куст). При обработке суспензией цианобактерий растения с симптомами фузариоза отсутствовали, в то время как в контроле составили 12 %, что подтверждает высокую фунгицидную активность культуры цианобактерий.

Исследование в ризосфере микромицетов рода *Fusarium* показало их наличие в варианте опыта с обработкой растений цианобактериями в количестве  $10^2$  КОЕ/г, что меньше контроля на три порядка.

**Выводы.** Полевые опыты по влиянию цианобактерий на растения, показали, что культура *Anabaena constricta* IPPAS B-2020 обладает активными фитостимулирующими и защитными свойствами, также как и цианобактериальные сообщества. Принято считать, что с экологической точки зрения, микробные сообщества в силу обилия видов обладают более полезными свойствами в различных экосистемах, чем чистые культуры. Мы в опытах использовали не аксеничную культуру цианобактерий, освобождённую от бактериальных спутников, а альгологически чистую культуру. В гликокаликсе цианобактерий содержится большое количество гетеротрофных микроорганизмов, способных к деградации органических соединений, которые могут стать доступными для питания растений.

*Работа выполнена в рамках реализации проекта «Разработка экологически безопасного средства защиты растений на основе почвенных актинобактерий для восстановления агроэкосистем» по Программе развития Астраханского государственного университета им. В. Н. Татищева на 2021–2030 гг. («Приоритет 2030»).*

**Список литературы**

1. Новичкова-Иванова, Л. Н. Почвенные водоросли фитоценозов Сахаро-Гобийской пустынной области / Л. Н. Новичкова-Иванова. — Ленинград : Наука, 1980. — 256 с.
2. Пивоварова, Ж. Ф. Особенности таксономической структуры почвенных фототрофов при освоении первичных субстратов / Ж. Ф. Пивоварова, Л. В. Факторович, А. Г. Благодатнова // Растительный мир Азиатской России. — 2012. — Т. 1, № 9. — С. 16–21.
3. Панкратова, Е. М. Цианобактерия *Nostoc paludosum* Kutz как основа для создания агрономически полезных микробных ассоциаций на примере бактерий рода *Rhizobium* /

Е. М. Панкратова, Л. В. Трефилова, Р. Ю. Зяблых, И. А. Устюжанин // Микробиология. — 2008. — Т. 77, № 2. — С. 266–272.

4. Трефилова, Л. В. Эффективность использования цианоризобияльного консорциума при выращивании гороха посевного / Л. В. Трефилова, М. Н. Патрушева // Теоретическая и прикладная экология. — 2009. — № 3. — С. 67–75.

5. Воробьева, Л. А. Теория и практика химического анализа почв / Л. А. Воробьева. — Москва : ГЕОС, 2006. — 400 с.

6. Теппер, Е. З. Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова, Г. И. Переверзева. — Москва : Колос, 2004. — 256 с.

7. Нетрусов, А. И. Практикум по микробиологии : учеб. пособие / А. И. Нетрусов, М. А. Егорова, Л. М. Захарчук. — Москва : Академия, 2005. — 608 с.

8. Григорян, Л. Н. Микробиологический состав засоленных почв аридных территорий / Л. Н. Григорян, Ю. В. Батаева, Л. В. Яковлева, В. А. Шляхов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». — 2018. — № 12. — С. 6–14.

9. Bataeva, Y. V. Composition of phototrophs in different soil types of Astrakhan oblast / Y. V. Bataeva, I. S. Dzerzhinskaya, L. V. Yakovleva // Euras. Soil Sci. — 2017. — Vol. 50, № 8. — P. 943–951.

10. Fadl-Allah, E. M. In vitro creation of artificial nitrogen fixing Cyanobacterium (*Nostoc muscorum*) association with wheat / E. M. Fadl-Allah, H. M. El-komy, N. A. Al-Harbi, E. N. Sholkamy // African Journal of Microbiology Research. — 2011. — Vol. 5, № 3. — P. 302–310.

11. Prasanna, R. Evaluating the potential of rhizo-cyanobacteria as inoculants for rice and wheat / R. Prasanna, P. Jaiswal, J. Shrikrishna, M. Joshi, L. Nain, A. Rana, Y.S. Shivay // Journal of Agricultural Technology. — 2012. — Vol. 8, № 1. — P. 157–171.

### References

1. Novichkova-Ivanova, L. N. Pochvennye vodorosli fitotsenozov sakharo gobiyskoy pustynnoy oblasti. *Nauka = Science*. 1980:256.

2. Pivovarova, Zh. F., Faktorovich, L. V., Blagodatnova, A. G. Osobennosti taksonomicheskoy struktury pochvennykh fotoavtotrofov pri osvoenii pervichnykh substratov rastitelnyy. *Mir aziatsko Rossii = Flora of Asiatic Russia*. 2012, no. 9:16–21.

3. Pankratova, E. M., Pankratova, E. M., Trefilova, L. V., Zyablykh, R.Yu., Ustyuzhanin, I. A. Tsianobakteriya *Nostoc paludosum* Kutz kak osnova dlya sozdaniya agronomicheskii poleznykh mikrobynykh assotsiatsiy na primere bakteriy roda *Rhizobium*. *Mikrobiologiya = Microbiology*. 2008, vol. 77, no. 2:266–272.

4. Trefilova, L. V., Patrusheva, M. N. Ehffektivnost ispolzovaniya cianorizobialnogo konsortsiума pri vyrashchivanii gorokha posevnogo. *Teoreticheskaya i prikladnaya ehkologiya = Theoretical and applied ecology*. 2009, no. 3:67–75.

5. Vorobyeva, L. A. Teoriya i praktika khimicheskogo analiza pochv. *GEOS*. 2006:400.

6. Tepper, E. Z., Shilnikova, V. K., Pereverzeva, G. *Praktikum po-mikrobiologii*. Moscow: Kolos; 2004:256.

7. Netrusov, A. I., Egorova, M. A., Zakharchuk, L. M. *Praktikum po mikrobiologii*. Moscow: Academy; 2005:608.

8. Grigoryan, L. N. Bataeva, Yu. V., Yakovleva, L. V., Shlyakhov, V. A. Microbiological composition of saline soils in arid territories. *Sovremennaya nauka. Aktualnye problemy teorii i praktiki seriya estestvennye i tekhnicheskije nauki = Modern science: actual problems of theory and practice. Series "Natural and technical sciences"*. 2018, no. 12:6–14.

9. Bataeva, Y. V., Dzerzhinskaya, I. S., Yakovleva, L. V. Composition of phototrophs in different soil types of Astrakhan oblast. *Euras. Soil Sci*. 2017, vol. 50, no. 8:943–951.

10. Fadi-Allah, E. M., El-komy, H. M., Al-Harbi, N. A., Sholkamy, E. N. In vitro creation of artificial nitrogen fixing Cyanobacterium (*Nostoc muscorum*) association with wheat. *African Journal of Microbiology Research*. 2011, vol. 5, no. 3:302–310.

11. Prasanna, R. Jaiswal, P., Shrikrishna, J., Joshi, M., Nain, L., Rana, A., Shivay, Y. S. Evaluating the potential of rhizo-cyanobacteria as inoculants for rice and wheat. *Journal of Agricultural Technology*. 2012, vol. 8, no. 1:157–171.

#### **Информация об авторах**

Батаева Ю. В. — заведующий кафедрой;  
Григорян Л. Н. — ведущий научный сотрудник;  
Вилкова Д. Д. — научный сотрудник;  
Братилова Д. М. — магистрант.

#### **Information about the authors**

Bataeva Yu. V. — Head of the department;  
Grigoryan L. N. — Leading Researcher;  
Vilkova D. D. — Researcher;  
Bratilova D. M. — undergraduate.

#### **Вклад авторов**

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Contribution of the authors**

The authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 16.09.2022; одобрена после рецензирования 19.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.

The article was submitted 16.09.2022; approved after reviewing 19.09.2022; accepted for publication 20.09.2022.