

Естественные науки. 2023. № 2 (11). С. 38–46.

Yestestvennyye nauki = Natural Sciences. 2023; 2 (11): 38–46 (In Russ.)

Научная статья

УДК 613.432

doi 10.54398/1818507X_2023_2_38

**ВЛИЯНИЕ ПИРОГЕННОГО ФАКТОРА
НА ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ЕНОТАЕВСКОГО РАЙОНА
АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Данченко Иван Алексеевич^{1✉}, *Яковлева Людмила Вячеславовна*^{2©}

¹Государственный центр агрохимической службы «Астраханский»,
г. Астрахань, Россия

²Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева,
г. Астрахань, Россия

¹agrohim_30@mail.ru✉

Аннотация. В результате природных пожаров наравне с флорой и фауной страдает и почвенный покров. Почва как постоянно развивающееся биокосное вещество нуждается в постоянной подпитке, а вследствие пирогенной деятельности и выгорания растительного покрова теряет главный источник материала для своего саморазвития. Послепожарные изменения свойств почвы происходят вследствие быстрой минерализации её органической части, образующиеся продукты частично усваиваются растениями через корни, а частично — в виде растворения соединений выщелачиваются в почву, выходя из ризосферы, или вымываются с площади водами поверхностного стока. В работе представлены результаты исследования постпирогенных изменений бурых полупустынных почв в Астраханской области. Элементный анализ верхних горизонтов почв показал, что степные пожары обогащают почву зольными элементами питания, но приводят к дестабилизации системы органического вещества почв.

Ключевые слова: степные пожары, пирогенез почв, гумус, подвижный фосфор, обменный калий

Для цитирования: Данченко И. А., Яковлева Л. В. Влияние пирогенного фактора на почвенный покров Енатаевского района Астраханской области // Естественные науки. 2023. № 2 (11). С. 38–46. https://doi.org/10.54398/1818507X_2023_2_38.

**INFLUENCE OF THE PYROGENIC FACTOR
ON THE SOIL COVER OF THE ENATAEVSK DISTRICT
OF THE ASTRAKHAN REGION**

Danchenko Ivan A.^{1✉}, *Yakovleva Lyudmila V.*²

¹State Center for Agrochemical Service “Astrakhansky”, Astrakhan, Russia

²Tatishchev Astrakhan State University, Astrakhan, Russia

¹agrohim_30@mail.ru✉

Abstract. As a result of natural fires, the soil cover suffers along with flora and fauna. The soil, as a constantly developing bio-inert substance, needs constant replenishment, and due to pyrogenic activity and burnout of the vegetation cover, it loses the main source of material for its self-development. Post-fire changes in soil properties occur due to the rapid mineralization of its organic part, the resulting products are partially absorbed by plants through the roots, and partially, in the form of dissolution of compounds, they are leached into the soil, leaving the rhizosphere, or washed out of the area by surface runoff waters. The paper presents the results of a study of post-pyrogenic changes in brown semi-desert soils in the Astrakhan region. The elemental analysis of the upper soil horizons showed that steppe fires enrich the soil with ash nutrients, but lead to destabilization of the soil organic matter system.

Keywords: steppe fires, soil pyrogenesis, humus, mobile phosphorus, exchangeable potassium

For citation: Danchenko I. A., Yakovleva L. V. Influence of the pyrogenic factor on the soil cover of the Enatayevsky district of the Astrakhan region. *Yestestvennyye nauki = Natural Sciences*. 2023; 2 (11): 38–46. https://doi.org/10.54398/1818507X_2023_2_38.

Введение. В условиях засушливого климата Астраханской области проблема пожаров, возникающих как по естественным природным причинам, так и в результате антропогенной деятельности, является весьма актуальной [9–10]. Каждую весну и лето происходит целенаправленное регулярное сжигание человеком тростниковых зарослей в целях их обновления и получения молодых побегов в качестве кормового сырья для скота. В летнее время выжигается сорная растительность для уничтожения её семян на полях [8]. М. Ю. Дубининым с соавторами [7] отмечено то, что активные процессы горения травянистых экосистем и сопутствующее задымление могут стать причиной изменения путей миграции птиц.

Почва как неотъемлемая составная часть природного компонента ландшафта также испытывает на себе разностороннее влияние пожаров [6; 11; 13; 16; 1]. Вследствие воздействия огня происходит постепенная деградация почв, приводящая к их опустыниванию [14].

Анализ сведений по степным пожарам, предоставленных МЧС РФ по Астраханской области, показал, что за период с июня по август засушливого 2021 г. на территории семи районов Астраханской области (Лиманского, Черноярского, Харабалинского, Ахтубинского, Красноярского, Наримановского, Енотаевского) произошло более 80 крупных возгораний степных пастбищных зон и сенокосных угодий. Площадь выгорания составила 298,3 тыс. га.

Очевидно, что огонь воздействует на все элементы биогеоценоза в целом и, в частности, на почву. В результате этого разрушаются трофические уровни, биологические и химические показатели почв, гидротермический режим и пр. [15].

Цель исследования — изучение влияния пирогенного фактора на химические свойства почв в Енотаевском районе Астраханской области.

Материалы и методы исследований. Исследование почвенного покрова, подверженного пирогенному воздействию, проводили в полевых условиях в Енотаевском районе в июле 2022 г. на трех опытных участках площадью 10 м × 10 м: фоновый участок № 1 и фоновый участок № 2 (контроль, почвы

которого отличаются между собой по гранулометрическому составу) и участок № 3 прохождения низового пожара в 2021 г. (рис.).

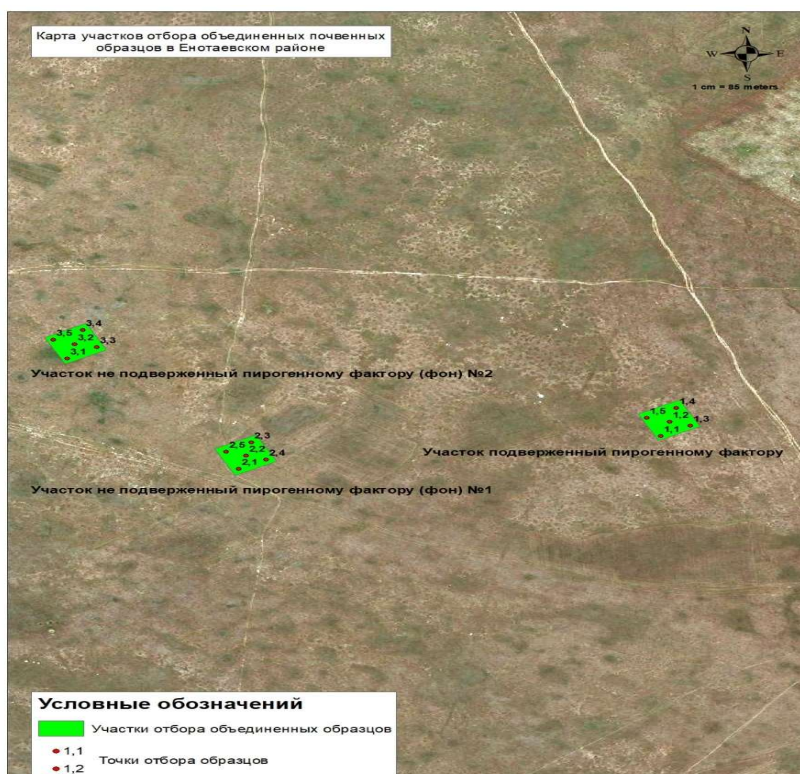


Рисунок — Схема расположения опытных участков

Почвенный покров выбранных участков представляет собой бурую полупустынную почву.

Бурые полупустынные почвы в Енотаевском районе Астраханской области и их комплексы с солонцами сформировались в засушливых условиях при глубоком залегании уровня грунтовых вод под малопродуктивной злаково-полынной растительностью.

Почвообразующими породами являются нижнехвалынские морские отложения, имеющие остаточное засоление. Распространены они на пологоволнистой слабонаклонной равнине с микрорельефом в виде мелких округлых бугорков выбросов землероев.

Почвы сформировались в условиях недостаточного увлажнения с низким поступлением растительного опада. Растительность представлена полупустынными сообществами, однородными по видовому составу. Почвообразующими породами бурых полупустынных почв служат нижнехвалынские морские отложения бурой окраски преимущественно среднесуслинистого механического состава, мощностью до 10–12 м; эти отложения характеризуются частым чередованием песчаных и глинистых слоёв, содержащих гипс, карбонаты. Почвообразующие породы нередко засолены водорастворимыми солями, величина сухого остатка составляет 0,45–1,26 % при сульфатно-хлоридном типе засоления пород и 0,84–0,96 % — при сульфатном типе

засоления. Грунтовые воды в различной степени минерализованы и залегают глубоко — более 20 м, влияния на водный режим почв они не оказывают.

Отбор образцов почвы был осуществлён по стандартной методике «конверта» [2]. Образцы почвы были отобраны с трёх участков. Привязка осуществлялась по вершинам четырёхугольника. Отбор почвенных образцов производился в слое 0–10 см. На каждой участке было отобрано пять образцов. Затем образцы с каждой площадки были смешаны и получены репрезентативные образцы, дающие представление о почвенном покрове исследуемой территории.

В лабораторных условиях осуществлены химические анализы и определены следующие параметры почвенного плодородия: содержание гумуса в почвенных образцах [4], определение легкогидролизуемого азота по методике Корнфилда [12], определение подвижных форм фосфора и калия [3], рН водной вытяжки потенциометрическим методом [5].

Результаты исследования и их обсуждение. Степные пожары, произошедшие на территории Енотаевского района, привели к образованию пирогенно трансформированных почв, которые отличаются от ненарушенных по основным морфологическим признакам. Организацию профиля бурой полупустынной почвы можно представить в виде последовательности горизонтов: А — В — В_{Ca} — С_{CsSa}. На поверхности гарей образуется пирогенный серогумусовый горизонт А_{pir}.

Исследование морфологии почв пожарниц показало, что пирогенный фактор оказывает воздействие на морфологическую организацию изученных почв только до глубины 15 см, глубже — нет. В верхней части профиля подстилка превращается в золу, которая диагностируется как смесь минеральных почвенных компонентов и сгоревших растительных остатков грязно-серого цвета (зола как бы вмыта в минеральные горизонты). Некоторые морфологические изменения хорошо выражены в послепожарных почвах на первых этапах: накопление тёмноокрашенного органического вещества в верхних горизонтах почв, выщелачивание органических и органоминеральных соединений в нижних горизонтах, уплотнение поверхности и образование корок, трансформация структуры почвы.

Влияние пожара на почвы сопровождается сдвигом кислотности водной вытяжки в сторону нейтрализации, причём изменение рН поверхностных горизонтов более заметно в год пожара.

В таблице 1 приводятся результаты изучения рН фоновых почв и почвы, подверженной пирогенному фактору.

Таблица 1 — Результаты исследования рН почв опытных участков

Почвенный образец, слой 0–10 см	рН водной вытяжки
Проба № 1, фон, лёгкий суглинок	7,8
Проба № 2, фон, супесь	7,7
Проба № 3, подверженная пирогенному фактору	8,1

Как видно из таблицы 1, после пожаров рН среды выгоревших подстилок повышается с 7,8 и 7,7 ед. до 8,1. Это явление вполне объяснимо: дождевые и талые снеговые воды выносят растворимые компоненты золы, т. е. происходит довольно полный вынос щелочных элементов из золы в местах пожаров. Чем больше атмосферных осадков, тем быстрее промывается и приходит к исходному состоянию почвенная толща. Кроме того, на интенсивность промывания почвенного профиля влияют также гранулометрический состав почв.

Особый интерес в пирогенных почвенно-растительных ассоциациях представляет содержание органического вещества почв как одного из ключевых компонентов цикла углерода биоценоза.

Наиболее выражены потери органического вещества при выгорании подстилки и верхнего гумусового горизонта (табл. 2).

Таблица 2 — Результаты изучения содержания гумуса в почвах опытных участков

Почвенный образец, слой 0–10 см	Содержание гумуса, %
Проба № 1, фон, лёгкий суглинок	0,68
Проба № 2, фон, супесь	0,46
Проба № 3, подверженная пирогенному фактору	0,34

Содержание гумуса при фоновой и постпирогенной сукцессиях отличаются в горизонтах золы.

Согласно полученным данным, пирогенный фактор оказывает негативное воздействие на почвенное плодородие. Содержание гумуса на бурой полупустынной супесчаной почве (проба № 3), подвергшейся влиянию рассматриваемого фактора, составило 0,34 %, что вдвое ниже, чем его содержание в фоновой почвенной пробе № 1, взятой на той же почвенной разновидности.

В почвенной пробе № 2 бурой полупустынной супесчанной почвы содержание гумуса составляет 0,46 %, что также является более высоким показателем, чем на почве под пирогенным воздействием.

Воздействие пирогенного фактора оказалось положительным для содержания легкогидрализованного азота в почве (табл. 3).

Таблица 3 — Результаты изучения содержания легкогидролизованного азота в почвах

Почвенный образец, слой 0–10 см	Содержание легкогидрализованного азота в почве, мг/100 г
Проба № 1, фон, лёгкий суглинок	21
Проба № 2, фон, супесь	28
Проба № 3, подверженная пирогенному фактору	105

В почвенном пробе № 3, взятой на бурой полупустынной супесчаной почве и подверженной пирогенному фактору, его содержание оказалось равно 105 мг/100 г, что в пять раз выше, чем содержание легкогидролизуемого азота, в почвенной пробе № 1, взятой на той же почвенной разновидности, но не подвергшейся пожару.

В результате пиролиза подстилки, ведущего к снижению запасов органического вещества за счёт процессов минерализации, происходит высвобождение органического азота.

Содержание подвижного фосфора под воздействием пирогенного фактора увеличилось (табл. 4).

Таблица 4 — Содержание подвижного фосфора в почвах

Почвенный образец, слой 0–10 см	Содержание подвижного фосфора в почве, мг/100 г
Проба № 1, фон, лёгкий суглинок	103
Проба № 2, фон, супесь	38
Проба № 3, подверженная пирогенному фактору	116

Так, в почвенной пробе, взятой на бурой полупустынной супесчаной почве и поражённой пирогенным фактором (табл. 4), содержание фосфора составило 116 мг/100 г, тогда как объём фосфора на той же почвенной разновидности, но не пострадавшей от пирогенного фактора, было несколько ниже — 103 мг/100 г.

В почвенной пробе № 2, взятой на бурой полупустынной легкосуглинистой почве, содержание подвижного фосфора было существенно ниже и составило 38 мг/100 г.

Содержание подвижного калия в почвах, подверженных пирогенному фактору (почвенная проба № 3) составило 700 мг/100 г. На почвах, не пострадавших от огня, содержание обменного калия было несколько выше — 844 мг/100 г. (табл. 5).

Таблица 5 — Содержание подвижного калия в почве

Почвенный образец, слой 0–10 см	Содержание подвижного калия в почве, мг/100 г
Проба № 1, фон, лёгкий суглинок	844
Проба № 2, фон, супесь	669
Проба № 3, подверженная пирогенному фактору	700

Выявленные послепожарные трансформации химических показателей в бурых полупустынных почвах являются не просто их ответной реакцией на пирогенное воздействие, а чётким сигналом, отражающим состояние почв после пожара.

Заключение. Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод, что в профиле постпирогенных почв происходит перестройка почв на морфологическом (горизонтном, агрегатном) уровне — выгорание подстилки, накопление золы, формирование окатанных и неокатанных агрегатов. На поверхности гарей образуется пирогенный серогумусовый горизонт A_{pir} . Влияние пожаров на свойства исследованных почв не распространяется на глубину более 15 см.

Влияние степного пожара на бурые полупустынные почвы сопровождается сдвигом рН водной вытяжки в сторону щелочной реакции среды за счёт насыщения почвенного поглощающего комплекса зольными элементами, в содержании которых преобладают щелочноземельные элементы. Пирогенное воздействие приводит к дестабилизации системы органического вещества почв: происходит дегумификация, интенсивная минерализация органического вещества и как результат — резкое снижение содержания гумуса в пирогенных почвах.

В почвах, подверженных пирогенному фактору, происходит увеличение содержания подвижного фосфора, подвижного калия и наблюдается увеличение содержания легкогидролизуемого азота. Это объясняется тем, что повышается концентрация зольных элементов и водорастворимые компоненты золы проникают в почву. Таким образом, зола, поступающая на поверхность почвы, при горении верхних горизонтов обогащает её элементами питания.

Важнейшим последствием пирогенного фактора является как изменение собственно почвенных свойств, снижающих устойчивость почв, так и кардинальная смена биологического круговорота.

Список литературы

1. Валендик, Э. Н. Управляемый огонь на вырубках в темнохвойных лесах / Э. Н. Валендик, В. Н. Векшин, С. В. Верховец, А. И. Забелин, Г. А. Иванова, Е. К. Кисляхов. — Новосибирск : СО РАН, 2000. — 209 с.
2. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. — URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/69185/> (дата обращения: 04.06.2023).
3. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. — URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/10373/> (дата обращения: 04.06.2023).
4. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического веществ. — URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/10564/> (дата обращения: 04.06.2023).
5. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. — URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/20148/> (дата обращения: 04.06.2023).
6. Гуняженко, И. В. Изменение микрофлоры лесных почв в результате действия огня разной интенсивности / И. В. Гуняженко // Лесоведение и лесное хозяйство. — Минск : Высшая школа, 1970. — Вып. 3. — С. 34–39.
7. Дубинин, М. Ю. Оценка современной динамики пожаров в аридных экосистемах по материалам космической съемки (на примере Черных земель) / М. Ю. Дубинин, А. А. Лущекина, Ф. К. Раделоф // Аридные экосистемы. — 2010. — № 16 (3). — С. 5–16.

8. Дымова, Т. В. Особенности восстановления растительного покрова после пожара на песчаных почвах дельты Волги / Т. В. Дымова // Юг России: экология, развитие. — 2008. — № 4. — С. 70–75.

9. Колотухин, А. Ю. Характеристика степных пожаров на прибаскунчакской территории Астраханской области / А. Ю. Колотухин, А. Н. Бармин // Современные исследования в науках о Земле: ретроспектива, актуальные тренды и перспективы внедрения. — Астрахань : Астраханский университет, 2020. — С. 49–53.

10. Колчин, Е. А. Влияние пирогенного фактора на растительный покров аридной зоны (на примере Астраханской области) / Е. А. Колчин, Л. В. Колчина, Е. А. Бармина, А. С. Шуваев, И. А. Кирилова // Инновации и технологии Прикаспия. — 2012. — С. 309–311.

11. Попова, Е. П. Пирогенная трансформация свойств почв Среднего Приангарья / Е. П. Попова // Современные проблемы экологии. — 1997. — № 4. — С. 413–418.

12. Практикум по агрохимии / под ред. акад. РАСХН В. Г. Минеева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Московский гос. ун-т, 2001. — С. 148–150.

13. Сорокин, Н. Д. Влияние лесных пожаров на биологическую активность почв / Н. Д. Сорокин // Лесоведение. — 1983. — № 4. — С. 24–28.

14. Танюкевич, В. В. Влияние аридности климата на ландшафтные пожары в Волгоградской области / В. В. Танюкевич, Е. К. Верещагин, В. В. Танюкевич. — URL: <https://doi.org/10.34736/FNC.2022.118.3.008.57-64>.

15. Хилова, Е. С. Влияние пирогенного фактора на биологическую активность почв степных ландшафтов / Е. С. Хилова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2017. — № 4 (66). — С. 213–216.

16. Grasso, G. H. Effect of heating on the microbial population of grassland soil / G. H. Grasso, G. Ripabelli, M. L. Sammareo, S. Mazzoleni // The Internat. J. Wild. Fire. — 1996. — Vol. 6, № 2. — P. 67–70.

References

1. Valendik, Ye. N., Vekshin V. N., Verkhovets S. V., Zabelin A. I., Ivanova G. A., Kisilyakhov, E. K. *Upravlyaemyy ogon na vyrubkakh v temnokhvoynnykh lesakh = Controlled fire in clearings in dark coniferous forests*. Novosibirsk: SB RAS; 2000: 209.

2. GOST 17.4.4.02-2017. *Protection of Nature. Soils. Methods of sampling and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis*. Available at: <https://internet-law.ru/gosts/gost/69185/> (accessed: 04.06.2023).

3. GOST 26205-91. *Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium using the Machigin method modified by TsINAO*. Available at: <https://internet-law.ru/gosts/gost/10373/> (Data obrashheniya: 04.06.2023).

4. GOST 26213-91. *Soils. Methods for determining organic substances*. Available at: <https://internet-law.ru/gosts/gost/10564/> (accessed: 04.06.2023).

5. GOST 26423-85. *Soils. Methods for determining specific electrical conductivity, pH and solid residue of aqueous extract*. Available at: <https://internet-law.ru/gosts/gost/20148/> (accessed: 04.06.2023).

6. Gunyazhenko, I. V. *Izmenenie mikroflory lesnykh pochv v rezultate deystviya ognya raznoy intensivnosti. Lesovedenie i lesnoe khozyaystvo = Forestry*. Minsk: Vysheyshaya shkola; 1970; 3: 34–39.

7. Dubinin, M. Yu., Lushhekina, A. A., Radelof, F. K. *Otsenka sovremennoy dinamiki pozharov v aridnykh ekosistemakh po materialam kosmicheskoy semki (na primere Chernyh zemel). Aridnye ekosistemy = Arid ecosystems*. 2010; 16 (3): 5–16.

8. Dymova, T. V. *Osobennosti vosstanovleniya rastitelnogo pokrova posle pozhara na peschanykh pochvakh delty Volgi. Jug Rossii: ekologiya, razvitie = South of Russia: ecology, development*. 2008; 4: 70–75.

9. Kolotukhin, A. Yu., Barmin, A. N. Kharakteristika stepnykh pozharov na pribaskunchakskoy territorii Astrahanskoy oblasti. *Sovremennye issledovaniya v naukakh o Zemle: retrospektiva, aktualnye trendy i perspektivy vnedreniya = Modern research in Earth sciences: retrospective, current trends and prospects for implementation*. Astrakhan: Astrahanskiy universitet; 2020: 49–53.

10. Kolchin, E. A., Kolchina, L. V., Barmina, E. A., Shuvaev, A. S., Kirilova, I. A. Vliyanie pirogennoy faktora na rastitelnyy pokrov aridnoy zony (na primere Astrakhanskoy oblasti). *Innovatsii i tekhnologii Prikaspiya = Innovations and technologies of the Caspian region*. 2012: 309–311.

11. Popova, E. P. Pirogennaya transformatsiya svoystv pochv Srednego Priangarya. *Sovremennye problemy ekologii = Modern problems of ecology*. 1997; 4: 413–418.

12. *Praktikum po agrokhimii = Workshop on agrochemistry*. Ed. by V. G. Mineev. 2nd ed. Moscow: Lomonosov Moscow State University; 2001: 148–150.

13. Sorokin, N. D. Vliyanie lesnykh pozharov na biologicheskuyu aktivnost pochv. *Lesovedenie = Forestry*. 1983; 4: 24–28.

14. Tanyukevich, V. V., Vereshhagin E. K., Tanyukevich, V. V. Vliyanie aridnosti klimata na landshaftnye pozhary v Volgogradskoy oblasti. Available at: <https://doi.org/10.34736/FNC.2022.118.3.008.57-64>.

15. Khilova, E. S. Vliyanie pirogennoy faktora na biologicheskuyu aktivnost pochv stepnykh landshaftov. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = News of the Orenburg State Agrarian University*. 2017; 4 (66): 213–216.

16. Grasso, G. H., Ripabelli, G., Sammareo, M. L., Mazzoleni, S. Effect of heating on the microbial population of grassland soil. *The Internat. J. Wild. Fire*. 1996; 6 (2): 67–70.

Информация об авторах

Данченко И. А. — сотрудник;

Яковлева Л. В. — доктор биологических наук, доцент, заведующая кафедрой.

Information about the authors

Danchenko I. A. — employee;

Yakovleva L. V. — Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

All authors have made equivalent contributions to publications.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 13.06.2023; одобрена после рецензирования 30.06.2023; принята к публикации 04.07.2023.

The article was submitted 13.06.2023; approved after reviewing 30.06.2023; accepted for publication 04.07.2023.