

УДК 502.13:628.4.03
doi: 10.21685/2307-9150-2025-2-3

Оценка фитотоксичности выбуренных пород после обжига

Т. А. Гамм¹, Е. В. Гривко², А. А. Гамм³

^{1,2,3}Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

¹hammtam@mail.ru, ²grivko-ev@mail.ru, ³hammtam@mail.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Для исследования выбрали нефтеносные породы Оренбургской области: доломит, известняк, глинисто-алевролитовую породу, песчаник, утилизация которых является современной экологической проблемой. Проводили исследование токсичности для живых организмов выбуренных пород после термической переработки. *Материалы и методы.* Исследовали выбуренную породу, которая вместе с буровым раствором и буровыми сточными водами является отходами на стадии строительства скважин, методом замедленной флуоресценции на содержание нефти и биотестирования с использованием кресс-салата. *Результаты.* Показано, что каждая геологическая порода с содержанием нефти в зависимости от ее структуры и химического состава имеет определенный интервал значений коэффициентов замедленной флуоресценции, по которым ее можно идентифицировать в составе бурового шлама. С увеличением содержания нефти в породе уменьшается значение замедленной флуоресценции. Установлены нормативы замедленной флуоресценции выбуренных содержащих и не содержащих нефть пород, которые можно использовать при определении содержания нефти в выбуренных породах. *Выводы.* При проращивании семян после обжига на доломите и известняке для растений создаются токсичные условия, и выбуренные породы нельзя непосредственно использовать в виде искусственной почвы, как и шлам из-под факела. Известняк и доломит можно использовать в строительстве, в качестве мелиоранта или для создания искусственной почвы с заданными свойствами. Наиболее оптимальным является использование непосредственно для рекультивации глинисто-алевролитовой породы и песчаника.

Ключевые слова: замедленная флуоресценция, глинисто-алевролитовая порода, песчаник, доломит, известняк, обжиг

Для цитирования: Гамм Т. А., Гривко Е. В., Гамм А. А. Оценка фитотоксичности выбуренных пород после обжига // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2025. № 2. С. 30–37. doi: 10.21685/2307-9150-2025-2-3

Evaluation of phytotoxicity of drilled rocks after roasting

T.A. Gamm¹, E.V. Grivko², A.A. Gamm³

Orenburg State University, Orenburg, Russia

¹hammtam@mail.ru, ²grivko-ev@mail.ru, ³hammtam@mail.ru

© Гамм Т. А., Гривко Е. В., Гамм А. А., 2025. Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License / This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

Abstract. *Background.* The oil-bearing rocks of the Orenburg region were selected for the study: dolomite, limestone, clay-siltstone rock, sandstone, the utilization of which is a modern environmental problem. A study was conducted on the toxicity of drilled rocks for living organisms after thermal processing. *Materials and methods.* The drilled rock, which together with the drilling mud and drilling wastewater, is a waste at the well construction stage, was studied by the method of delayed fluorescence for oil content and biotesting using watercress. *Results.* It is shown that each geological rock containing oil, depending on its structure and chemical composition, has a certain range of values of the delayed fluorescence coefficients, by which it can be identified in the composition of drill cuttings. With an increase in the oil content in the rock, the value of delayed fluorescence decreases. The standards for delayed fluorescence of drilled rocks containing and not containing oil are established, which can be used to determine the oil content in drilled rocks. *Conclusions.* When germinating seeds after firing on dolomite and limestone, toxic conditions are created for plants and the drilled rocks cannot be used directly as artificial soil, as well as sludge from a torch. Limestone and dolomite can be used in construction, as an ameliorant or to create artificial soil with specified properties. The most optimal is the use of clay-siltstone rock and sandstone directly for reclamation.

Keywords: delayed fluorescence, clay-siltstone rock, sandstone, dolomite, limestone, roasting

For citation: Gamm T.A., Grivko E.V., Gamm A.A. Evaluation of phytotoxicity of drilled rocks after roasting. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* = *University proceedings. Volga region. Natural sciences*. 2025;(2):30–37. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-9150-2025-2-3

Введение

На территории Оренбургской области сформирован огромный комплекс по добыче углеводородного сырья. На западе региона добывается нефть, в центральной части – природный газ. Все объекты нефтегазодобычи относятся к опасным производственным объектам, которые оказывают существенное воздействие на окружающую среду. Газовое производство снижает добычу в результате истощения газоконденсатного месторождения, а добыча нефти начиная с 2000 гг. увеличивается [1, 2]. Данная тенденция сохраняется и в настоящее время, что приводит к увеличению образования и накопления выбуренных пород в шламовых амбарах.

Государственным балансом запасов полезных ископаемых (нефть) на 1 января 2022 г. в Оренбургской области учтено 302 месторождения (254 нефтяных, 28 газонефтяных, 2 нефтегазовых и 18 нефтегазоконденсатных [3].

Основное воздействие на окружающую среду установлено от ОАО «Оренбургнефть», ООО «Газпром добыча Оренбург», ЗАО «Газпром нефть Оренбург», включающее при размещении отходов в окружающей среде загрязнение почвы, вод и атмосферного воздуха [4].

Предприятия нефтегазового комплекса являются основными источниками антропогенной нагрузки на окружающую среду, которую можно снизить при утилизации отходов, в том числе бурового шлама. Объем бурового шлама зависит от глубины бурения скважины. До настоящего времени актуальна разработка новых методов обращения с отходами. Так как буровые сточные воды и буровой раствор используются повторно, разработка способов обращения с выбуренными породами при их размещении в окружающей среде является важной природоохранной задачей.

Известны методы переработки буровых отходов для дальнейшего использования полученного материала, включающие термические, физические, химические, физико-химические и биологические методы [5, 6].

При термической переработке происходят структурные превращения пород и меняются их свойства [7], увеличивается содержание фосфора и калия [8], необходимых для почвы [9].

Цель исследования – оценка фитотоксичности выбуренных пород после обжига для дальнейшего размещения их в окружающей среде.

Методы исследований

Пробы для исследований отбирали при производстве буровых работ в виде керна из буровых скважин по ГОСТ 12071–2000 в состоянии их естественной влажности. Для исследования выбрали нефтеносные породы Оренбургской области: известняк серый, доломит темно-серый, песчаник темно-серый, глинисто-алевролитовая порода темно-серого или черного цвета из пяти скважин. Изучали показатели замедленной флуоресценции образцов пород и зависимость их значений от содержания нефти в выбуренных породах на приборе, оформленном патентом РФ № 2220413, БН №1, 27.12.2003 [10]. Обработка полученных результатов проведена статистическими методами. Смоделированное содержание нефти в породах – 0,12; 0,15; 0,22; 0,25; 0,38; 0,99; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0; 30,0; 35,0 %.

По полученным значениям были рассчитаны коэффициенты замедленной флуоресценции (R) – это отношение значения замедленной флуоресценции нефтесодержащей выбуренной породы к значению замедленной флуоресценции выбуренной породы без нефти по формуле

$$R = \frac{Fn}{F},$$

где R – коэффициент замедленной флуоресценции; Fn – значения замедленной флуоресценции в нефтесодержащей выбуренной породе, отн. ед.; F – значение замедленной флуоресценции в выбуренной породе без нефти, отн. ед.

Далее выбрали породы с содержанием нефти до 1 % и обжигали при $t = 1000$ °С. В качестве контроля взяли обожженную породу из шламового амбара с факелом на месторождении и чернозем южный. После обжига токсичность пород для окружающей среды изучали биологическими методами, которые помогают выявлять негативные изменения в природной среде при различных концентрациях загрязняющих веществ [11–14]. Методология биодиагностики экологического состояния объектов окружающей среды предполагает использование двух подходов: биоиндикативных наблюдений и биотестирования проб, проводимых по стандартным методикам в контролируемых лабораторных условиях [15, 18] и развивается, используя новые методы тестирования [19, с. 277].

В качестве тест-культуры использовали кресс-салат, что позволило даже при очень слабых воздействиях загрязняющих веществ получить характеристику интегральных показателей пород после обжига [6, 15, 16].

Результаты исследований

Строительство шламового амбара и размещение в нем отходов является механическим воздействием на окружающую среду второго уровня, которое распространяется на почву, зону аэрации, передается на поверхностные и подземные воды, влияет на биоту и может быть экологически опасным.

Выбуренные породы не содержат нефть до продуктивных пластов, поэтому экологически не опасны. В более глубоких слоях породы ее содержание зависит от нефтеемкости продуктивных пластов. Содержание нефти в таких слоях выбуренной породы колеблется в пределах от 1 до 40 %.

Мы установили, что каждая из изученных геологических пород с содержанием нефти в зависимости от ее структуры и химического состава имеет определенный интервал значений коэффициентов замедленной флуоресценции, по которым ее можно идентифицировать в составе бурового шлама без химического анализа (табл. 1).

Таблица 1

Значения коэффициентов замедленной флуоресценции образцов выбуренных пород в зависимости от содержания нефти

Содержание нефти, %	Известняк	Песчаник	Глинисто-алевролитовая порода	Доломит
0,12	0,8897	0,6983	0,8754	0,9521
0,15	0,8881	0,6879	0,8687	0,9132
0,22	0,7235	0,5775	0,7927	0,6987
0,25	0,7132	0,5623	0,7845	0,6901
0,38	0,6547	0,4868	0,6998	0,6754
0,99	0,5396	0,4821	0,6013	0,5779
1	0,4654	0,4728	0,5976	0,5543
1,19	0,4589	0,4675	0,5806	0,5398
2	0,4424	0,4526	0,5776	0,5176
4	0,4191	0,4526	0,5760	0,4816
6	0,3678	0,4526	0,5760	0,4629
8	0,3190	0,4526	0,5760	0,4616
10	0,3107	0,4526	0,5760	0,4616
15	0,2837	0,4526	0,5760	0,4616
20	0,2491	0,4526	0,5760	0,4616
25	0,2262	0,4526	0,5760	0,4616
30	0,1965	0,4526	0,5760	0,4616
35	0,1965	0,4526	0,5760	0,4616

Значения замедленной флуоресценции выше у доломита, а у известняка, глинисто-алевролитовой породы и песчаника они отличаются незначительно. Коэффициенты замедленной флуоресценции у глинисто-алевролитовой породы и песчаника одинаковы – 0,58, что связано с наличием глинистого цемента в песчанике, несколько выше у доломита – 0,69 и наибольшие у известняка – 0,89. С увеличением коэффициента замедленной флуоресценции уменьшается тушение индукционного максимума замедленной флуоресценции. Время тушения замедленной флуоресценции и выхода ее значений на стационарный уровень составляет для известняка 1,5 с, глинисто-алевролитовой породы – 1,2 с, доломита – 2,6 с, песчаника – 1,7 с. В целом с увеличением содержания нефти в породе уменьшаются значения замедленной флуоресценции.

Идентификация загрязненных и не загрязненных нефтью пород методом замедленной флуоресценции позволяет решить вопрос о возможности дальнейшей их утилизации непосредственно на скважинах при их бурении.

При выявлении нефти в породах они направляются на обжиг и дальнейшую утилизацию в качестве практически неопасных отходов.

Тест-культура кресс-салат позволила оценить токсичность пород для растений после ее обжига (табл. 2).

Таблица 2

Результаты проращивания семян кресс-салата на обожженных
при температуре 1000 °С выбуренных породах

Вариант	Количество проросших семян, шт.	Количество непроросших семян, шт.	Средняя длина корешка, см
Чернозем южный, фон	21	4	1,252
Глинисто-алевролитовая порода	20	5	3,015
Песчаник темно-серый	20	5	3,750
Доломит темно-серый	21	4	–
Известняк серый	21	4	0,4
Шлам из-под факела в шламовом амбаре	19	5	0,1

Результаты эксперимента показали, что в песчанике наблюдается более оптимальное соотношение полезных для растений веществ, чем в глинисто-алевролитовой породе. В нем содержится кальций и глина, а сам песчаник – нейтрален как минерал. Прирост корешков проростков по отношению к контролю указывает на стимулирующее действие песчаника, поэтому его можно рекомендовать для рекультивации почвы. Однако глинисто-алевролитовая порода тоже стимулирует рост корешков, они в 2,5 раза длиннее по сравнению с контролем.

На доломите проростков не получили, они только проклюнулись, при увлажнении он зацементировался, превратившись в твердую массу. Известняк при увлажнении не затвердел, но семена проросли не все, длина проростков составила всего 0,4 см. На шламе из-под факела семена только проклюнулись за экспериментальное время, что указывает на токсичность шлама, вероятно, из-за большого количества токсичных веществ, которые используют при подготовке бурового раствора.

По сравнению с контролем наибольшая длина корешков получена на глинисто-алевролитовой породе и песчанике. При этом число проросших семян все равно было меньше, чем в контрольном эксперименте.

Заключение

В результате исследований получена концентрационная шкала замедленной флуоресценции выбуренных пород, которую можно использовать при определении содержания нефти в выбуренных породах.

При проращивании семян после обжига на доломите и известняке для растений создаются токсичные условия и эти выбуренные породы нельзя непосредственно использовать в виде искусственной почвы. Этот вывод был получен и для шлама из-под факела. Известняк и доломит можно использовать в строительстве или для создания искусственной почвы с заданными свойствами.

Наиболее оптимальным для рекультивации почвы является использование вырубленных глинисто-алевролитовой породы и песчаника, полученных при строительстве скважин.

Список литературы

1. Аралбаева Г. Г., Аралбаев З. Т. Тенденции развития нефтегазовой промышленности в оренбургской области // Вестник Оренбургского государственного университета. 2014. № 4. С. 159–164.
2. Ермакова Ж. А., Борисюк Н. К. Направления ресурсосбережения в нефтяной промышленности Оренбургской области // Вестник Оренбургского государственного университета. 2014. № 8. С. 15–19.
3. Пичугин С. В., Котельникова Е. М., Усова В. М., Усов А. А. Результаты дистанционного анализа по поиску нового типа залежей нефти и газа в Оренбургской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер.: Инженерные исследования. 2023. Т. 24, № 2. С. 196–205. doi: 10.22363/2312-8143-2023-24-2-196-205
4. Шабанова С. В., Голофаева А. С., Сердюкова Е. А., Мозалова Н. П. Воздействие предприятий нефтегазового комплекса на окружающую среду Оренбургской области // Молодой ученый. 2016. № 9. С. 61–62. URL: <https://moluch.ru/archive/113/29061>
5. Тимофеев С. С., Тимофеева С. С., Медведева С. А. Биотехнологическая утилизация нефтешламов и буровых отходов. // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2010. № 1. С. 158–163.
6. Ягафарова Г. Г., Сафаров А. Х., Мустаева А. И. [и др.]. Утилизация углеродсодержащих буровых отходов. // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. № 2. С. 105–111.
7. Каныгина О. Н., Четверикова О. Г., Лазарева Д. А., Сальникова Е. В. Высокотемпературные фазовые превращения в железосодержащих глинах Оренбуржья // Вестник Оренбургского государственного университета. 2010. № 6. С. 113–118.
8. Пат. 2416590, МПКG01N 21/64. Способ получения комплексного удобрения из горных пород с повышенным содержанием кальция и без нефтепродуктов / Ефремов И. В., Кузьмин О. Н., Колобова Е. А., Гамм А. А., Гамм Т. А., Мосалова Е. И.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Оренбургский государственный университет. Заявл. 11.06.2009; опубл. 04.20.2011.
9. Капелькина Л. П., Бардина Т. В., Бакина Л. Г. [и др.]. Методика определения класса опасности буровых шламов. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 19 с.
10. Пат. 2262094, МПКG01N 21/64. С1 Российская Федерация. Устройство для регистрации замедленной флуоресценции / Иванова П. А., Межуева Л. В. Заявл. 01.30.2004; опубл. 10.10.2005.
11. Чеснокова С. М., Чугай Н. В. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды: учеб. пособие. Методы биотестирования. Ч. 2. Владимир: Изд-во Владимир. гос. ун-та, 2008. 92 с.
12. Карташев А. Г. Биоиндикация антропогенных загрязнений: монография. Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2019. 226 с.
13. Карташев А. Г. Биоиндикационные методы контроля окружающей среды: учеб. пособие для вузов. М.: Юрайт, 2021. 138 с.
14. Terekhova V. A., Kulachkova S. A., Morachevskaya E., Kiryushina A. P. A soil biodiagnosis methodology and features of some bioindication and biotesting methods (review) // Lomonosov Soil Science Journal. 2023. Vol. 78, № 2. P. 35–45. doi: 10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-2-35-45
15. Иваныкина Т. В. Актуальность биоиндикации растений в условиях техногенного загрязнения // Вестник Амурского государственного университета. Сер.: Естественные и экономические науки. 2010. № 51. С. 81–83.

16. Олькова А. С. Процедура выбора методов биотестирования в условиях разных видов загрязнения // Трансформация экосистем. 2022. № 5. С. 63–75. doi: 10.23859/estr-220324
17. Петюкевич А. Э. Современные подходы к биоиндикации, моделированию и анализу солевого (NaCl) стресса у растений // Молодой ученый. 2011. № 9. С. 82–84. URL: <https://moluch.ru/archive/32/3686/> (дата обращения: 06.05.2025).
18. Sibirtsev V. S., Krasnikova L. V., Schleikin A. G., Mussa Al-khatib. New biotesting method with the application of modern impedance technologies // Scientific and technical journal of information technologies mechanics and optics. 2015. Vol. 15, № 2. P. 275–284. doi: 10.17586/2226-1494-2015-15-2-275-284

References

1. Aralbaeva G.G., Aralbaev Z.T. Trends in the development of the oil and gas industry in Orenburg region. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* = Bulletin of Orenburg State University. 2014;(4):159–164. (In Russ.)
2. Ermakova Zh.A., Borisyuk, N.K. Directions for resource conservation in the oil industry of Orenburg region. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* = Bulletin of Orenburg State University. 2014;(8):15–19. (In Russ.)
3. Pichugin S.V., Kotelnikova E.M., Usova V.M., Usov A.A. Results of remote sensing analysis to search for a new type of oil and gas deposits in Orenburg region. *Vestnik Rossiyskogo universiteta družby narodov. Ser.: Inzhenernye issledovaniya* = Bulletin of RUDN. Series: Engineerings research. 2023;24(2):196–205. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-8143-2023-24-2-196-205
4. Shabanova S.V., Golofaeva A.S., Serdyukova E.A., Mozalova N.P. The impact of oil and gas enterprises on the environment of Orenburg region. *Molodoy uchenyy* = Young scientist. 2016;(9):61–62. (In Russ.). Available at: <https://moluch.ru/archive/113/29061>
5. Timofeev S.S., Timofeeva S.S., Medvedeva S.A. Biotechnological utilization of oil sludge and drilling waste. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* = Bulletin of Irkutsk State Technical University. 2010;(1):158–163. (In Russ.)
6. Yagafarova G.G., Safarov A.Kh., Mustaeva A.I. et al. Disposal of carbon-containing drilling waste. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov* = Problems of collection, preparation and transportation of oil and petroleum products. 2021;(2):105–111. (In Russ.)
7. Kanygina O.N., Chetverikova O.G., Lazareva D.A., Salnikova E.V. High-temperature phase transformations in iron-containing clays of Orenburg region. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* = Bulletin of Orenburg State University. 2010;(6):113–118. (In Russ.)
8. Pat. 2416590, MPKG01N 21/64. A method for producing complex fertilizer from rocks with increased calcium content and without petroleum products. Efremov I.V., Kuz'min O.N., Kolobova E.A., Gamm A.A., Gamm T.A., Mosalova E.I.; applicant and patent holder of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Orenburg State University. Appl. 11.06.2009; publ. 04.20.2011. (In Russ.)
9. Kapel'kina L.P., Bardina T.V., Bakina L.G. et al. *Metodika opredeleniya klassa opasnosti burovyykh shlamov* = Methodology for determining the hazard class of drill cuttings. Saint Petersburg: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2011:19. (In Russ.)
10. Pat. 2262094, MPKG01N 21/64. C1 Russian Federation. Device for recording delayed fluorescence. Ivanova P.A., Mezhueva L.V. Appl. 01.30.2004; publ. 10.10.2005.
11. Chesnokova S.M., Chugay N.V. *Biologicheskie metody otsenki kachestva ob"ektov okruzhayushchey sredy: ucheb. posobie. Metody biotestirovaniya. Ch. 2* = Biological methods for assessing the quality of environmental objects: textbook. Biotesting methods. Part 2. Vladimir: Izd-vo Vladimir. gos. un-ta, 2008:92. (In Russ.)
12. Kartashev A.G. *Bioindikatsiya antropogennykh zagryazneniy: monografiya* = Bioindication of anthropogenic pollution: monograph. Tomsk: Izd-vo Tomsk. gos. un-ta sistem upravleniya i radioelektroniki, 2019:226. (In Russ.)

13. Kartashev A.G. *Bioindikatsionnye metody kontrolya okruzhayushchey sredy: ucheb. posobie dlya vuzov* = Bioindication methods of environmental monitoring: textbook for universities. Moscow: Yurayt, 2021:138. (In Russ.)
14. Terekhova V.A., Kulachkova S.A., Morachevskaya E., Kiryushina A.P. A soil biodiagnosis methodology and features of some bioindication and biotesting methods (review). *Lomonosov Soil Science Journal*. 2023;78(2):35–45. doi: 10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-2-35-45
15. Ivanykina T.V. The relevance of plant bioindication in conditions of technogenic pollution. *Vestnik Amurskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Estestvennye i ekonomicheskie nauki* = Bulletin of Amur State University. Series: natural and economic sciences. 2010;(51):81–83. (In Russ.)
16. Ol'kova A.S. The procedure for selecting biotesting methods under conditions of different types of pollution. *Transformatsiya ekosistem* = Transformation of ecosystems. 2022;(5):63–75. (In Russ.). doi: 10.23859/estr-220324
17. Petyukevich A.E. Modern approaches to bioindication, modeling and analysis of salt (NaCl) stress in plants. *Molodoy uchenyy* = Young scientist. 2011;(9):82–84. (In Russ.). Available at: <https://moluch.ru/archive/32/3686/> (accessed 06.05.2025).
18. Sibirtsev V.S., Krasnikova L.V., Schleikin A.G., Mussa Al-khatib. New biotesting method with the application of modern impedance technologies. *Scientific and technical journal of information technologies mechanics and optics*. 2015;15(2):275–284. doi: 10.17586/2226-1494-2015-15-2-275-284

Информация об авторах / Information about the authors

Тамара Алексеевна Гамм

доктор сельскохозяйственных наук,
доцент, профессор кафедры
экологии и природопользования,
Оренбургский государственный
университет
(Россия, г. Оренбург, пр-кт Победы, 13)
E-mail: hammtam@mail.ru

Tamara A. Gamm

Doctor of agricultural sciences,
associate professor, professor
of the sub-department of ecology
and nature management,
Orenburg State University
(13 Pobedy avenue, Orenburg, Russia)

Елена Васильевна Гривко

кандидат педагогических наук, доцент,
доцент кафедры экологии
и природопользования,
Оренбургский государственный
университет
(Россия, г. Оренбург, пр-кт Победы, 13)
E-mail: grivko-ev@mail.ru

Elena V. Grivko

Candidate of pedagogical sciences,
associate professor, associate professor
of the sub-department of ecology
and nature management,
Orenburg State University
(13 Pobedy avenue, Orenburg, Russia)

Алексей Абрамович Гамм

соискатель,
Оренбургский государственный
университет
(Россия, г. Оренбург, пр-кт Победы, 13)
E-mail: hammtam@mail.ru

Aleksey A. Gamm

Applicant,
Orenburg State University
(13 Pobedy avenue, Orenburg, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /

The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию / Received 26.05.2025

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 09.06.2025

Принята к публикации / Accepted 25.08.2025