

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 621.892.86

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-5-10-15>

Исследование эффективности амидов жирных кислот в качестве ингибиторов атмосферной коррозии

С.М. Гайдар¹, А.М. Пикина²✉, А.С. Барчукова³, О.М. Лапсарь⁴, С.М. Ветрова⁵^{1,2,3,4,5} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; г. Москва, Россия^{1,2,4} Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство); г. Москва, Россия¹ techmash@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4290-2961>² pikina@rgau-msha.ru ✉; <https://orcid.org/0000-0001-7116-3526>³ barchukova@rgau-msha.ru⁴ o.lapsary@rgau-msha.ru⁵ s.vetrova@rgau-msha.ru

Аннотация. Использование антикоррозионных средств увеличивает ресурс, повышает безотказность и сохраняемость сельскохозяйственной техники. Дефицит отечественных ингибиторов обусловлен отсутствием научно обоснованной концепции их создания, а также недостатком сырьевой базы. Авторами разработана технология получения амидов жирных кислот (АЖК) из триглицеридов растительного, животного происхождения или жиросодержащих отходов. Целью исследований являлась оценка эффективности амида жирных кислот в качестве ингибитора атмосферной коррозии. Сравнительная оценка защитной эффективности АЖК определялась согласно ГОСТ 9.054-75 при повышенных значениях относительной влажности и температуры воздуха, воздействии соляного тумана, при постоянном погружении в электролит и воздействии бромистоводородной кислоты. Сравнивались консервационные составы на основе АЖК 16%, Автокон ЛС, Кормин 50%, Росойл 700, Кормин 30%. Исследование защитных свойств составов проводили на образцах размерами 50 × 50 мм из стали марки Ст3. После окончания испытаний оценивали внешний вид образцов до удаления смазки и после него. По результатам каждого эксперимента защитные свойства консервационных составов располагали в ряду в порядке их снижения. По итогам 4-х экспериментов каждому составу присвоен балл, характеризующий суммарную оценку защитной способности составов согласно ГОСТ 9.407-2015. В результате исследований установлена зависимость эффективности консервационных масел от состава и количества ингибитора. Доказана эффективность амидов жирных кислот в качестве ингибитора атмосферной коррозии. Консервационное масло, изготовленное с использованием АЖК 16%, превышает защитный эффект аналогов в 1,1...2,0 раза.

Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, ингибитор, коррозия, эффективность амидов жирных кислот, консервационное масло, защитный эффект

Для цитирования: Гайдар С.М., Пикина А.М., Барчукова А.С., Лапсарь О.М., Ветрова С.М. Исследование эффективности амидов жирных кислот в качестве ингибиторов атмосферной коррозии // Агроинженерия. 2024. Т. 26, № 5. С. 10-15. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-5-10-15>

ORIGINAL ARTICLE

Study of the effectiveness of fatty acid amides used as inhibitors of atmospheric corrosion

*S.M. Gaidar¹, A.M. Pikina²✉, A.S. Barchukova³, O.M. Lapsar⁴, S.M. Vetrova⁵*¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Moscow, Russia² Kosygin State University of Russia; Moscow, Russia¹ techmash@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4290-2961>² pikina@rgau-msha.ru ✉; <https://orcid.org/0000-0001-7116-3526>³ barchukova@rgau-msha.ru⁴ o.lapsary@rgau-msha.ru⁵ s.vetrova@rgau-msha.ru

Abstract. The use of anticorrosive agents increases the service life, reliability and safety of agricultural machinery. The shortage of domestic inhibitors is caused by the lack of a scientifically sound concept for their production,

as well as a lack of raw materials. The authors have developed a technology for the production of fatty acid amides (FAA) from triglycerides of vegetable, animal origin or fat-containing waste. The purpose of this study was to evaluate the effectiveness of fatty acid amide used as an inhibitor of atmospheric corrosion. A comparative assessment of the protective effectiveness of FAA was determined in accordance with GOST 9.054-75 at elevated values of relative humidity and air temperature, exposure to salt mist, with constant immersion in an electrolyte and exposure to the hydrobromic acid. The authors compared preservation compositions based on FAA 16%, Avtokon LS, Kormin 50%, Rosoil 700, Kormin 30%. The protective properties of the products were studied on samples with dimensions of 50 × 50 mm made of steel grade St3. After the tests, the appearance of the samples was evaluated before and after removing the lubricant. According to the results of each experiment, the protective properties of the preservation compounds were arranged in the decreasing order. According to the results of four experiments, each composition was assigned a score characterizing the total assessment of the protective ability of the compositions according to GOST 9.407-2015. As a result of the study, the relationship between the effectiveness of preservative oils and the composition and amount of the inhibitor has been established. The effectiveness of fatty acid amides used as an inhibitor of atmospheric corrosion has been proven. Preservation oil made using 16% FAA exceeds the protective effect of analogue products in 1.1 to 2.0 times.

Keywords: agricultural machinery, inhibitor, corrosion, effectiveness of fatty acid amides, preservation oil, protective effect

For citation: Gaidar S.M., Pikina A.M., Barchukova A.S., Lapsar O.M., Vetrova S.M. Study of the effectiveness of fatty acid amides used as inhibitors of atmospheric corrosion. *Agricultural Engineering (Moscow)*. (In Russ.). 2024;26(5):10-15. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-5-10-15>

Введение

Сельскохозяйственная техника (СХТ) на всех этапах эксплуатации подвергается воздействию климатических и эксплуатационных факторов. Известно, что 70...80% деталей машин и элементов конструкций выходят из строя вследствие атмосферной коррозии и механических нагрузок. Из них доля поломок по причине потери прочности по причине коррозионного износа составляет 20...25% [1].

Необходимым условием сохранения ресурса и работоспособности СХТ является консервация, способная защищать металлические поверхности машин и оборудования от воздействия климатических факторов, вызывающих электрохимическую коррозию [2].

Для сельскохозяйственной техники рекомендована широкая номенклатура защитных материалов (ЗМ), выпускаемых отечественными производителями, однако их применение показало низкую эффективность. Анализ научных исследований выявил несколько причин этого [3]:

- отсутствие научной концепции разработки защитных материалов;
- сокращение сырьевой базы для производства полифункциональных ингибиторов;
- прекращение выпуска противокоррозионных материалов крупными нефтеперерабатывающими предприятиями ввиду их низкой рентабельности [4, 5].

Прекращение выпуска такого продукта, как синтетические жирные кислоты, привело к сокращению

на рынке целого ряда эффективных ингибиторов коррозии.

Ингибиторы коррозии в настоящее время выпускаются, как правило, на небольших химических предприятиях. Их продукты часто поставляются на рынок без должных лабораторных и натуральных испытаний, и как следствие, заявленная защитная эффективность является декларацией. Для получения достоверного защитного эффекта ингибитора коррозии целесообразно проводить сравнительные испытания методами, определенными ГОСТ 9.054-75.

Ранее авторами была разработана технология получения амидов жирных кислот (АЖК) из триглицеридов растительного, животного происхождения или жиросодержащих отходов.

Цель исследований: оценить защитную эффективность ингибитора коррозии на основе амидов жирных кислот по результатам сравнительных испытаний методами ГОСТ 9.054-75.

Материалы и методы

В исследованиях испытывали ингибиторы коррозии 5 составов:

- опытный образец – 16%-ный раствор ингибитора АЖК в минеральном масле И-20 [6];
- консервационное масло Автокон ЛС (ТУ 2389-059-27991970-00);
- консервационное масло Росойл 700 (ТУ 0253-027-06377289-2000);
- 50%-ный раствор ингибитора Кормин в минеральном масле (ТУ 38.1011159-88);

- 30%-ный раствор ингибитора Кормин в минеральном масле (ТУ 38.1011159-88).

Сравнительная оценка защитной эффективности опытного образца определялась по 1, 3, 4, 5 методам ГОСТ 9.054-75 [7, 8].

Исследование защитных свойств составов проводили на образцах размерами 50×50 мм из стали марки Ст3. Образцы перед испытаниями протирали чистой сухой салфеткой. Шероховатость поверхности (Ra), измеренная на 5 образцах в 4 точках, составила 0,30 мкм по наружной поверхности, 1,59 мкм – по внутренней.

Консервацию образцов проводили в течение 3-5 мин, после чего образцы выдерживались на воздухе в наклонном положении для удаления излишков нанесенного состава. Выдержка образцов продолжалась в течение 60 мин при обдуве вентилятором (температура составляла $\sim 60^\circ\text{C}$).

Оценка защитных свойств составов осуществлялась по времени появления первого очага коррозионного поражения и по площади коррозионного разрушения за время испытаний (скорости появления и развития коррозии) [9-11].

Исследование защитных свойств по 1 методу ГОСТ 9.054 (при повышенных значениях относительной влажности и температуры воздуха с периодической конденсацией влаги) проводилось в течение 45 рабочих циклов (63 суток). Испытания проводились в камере влажности SC450 (КСТ).

При исследовании защитных свойств по 3 методу ГОСТ 9.054 (при воздействии соляного тумана) дисперсность и водность соляного тумана контролировали по ГОСТ 15151-69. Водность соляного тумана поддерживали на уровне 0,5...0,8 мл/ч. Образцы испытывались при температуре $35 \pm 2^\circ\text{C}$ и при воздействии соляного тумана, создаваемого распылением 5%-ного раствора хлористого калия.

При исследовании защитных свойств по 4 методу ГОСТ 9.054 (при постоянном погружении в электролит) образцы с нанесенными консервационными составами помещали в стаканы с электролитом и выдерживали в нем при комнатной температуре ($23...27^\circ\text{C}$) в течение 24 ч.

После окончания испытаний оценивали: внешний вид раствора (цвет, наличие рыжей взвеси гидроокиси железа и масляной пленки на поверхности электролита); внешний вид образцов до удаления смазки и после него.

При исследовании защитных свойств по 5 методу ГОСТ 9.054 (при воздействии бромистоводородной кислоты) образец после окунания в 0,1%-ный раствор бромистоводородной кислоты обрабатывали в исследуемом консервационном составе при рабочей

температуре 60°C (в связи с высокой вязкостью ряда составов при комнатной температуре). Оценка защитной способности осуществлялась после 4-х ч выдержки при комнатной температуре по внешнему виду образца до удаления слоя консервационного состава и после него.

Результаты и их обсуждение

Защитные свойства опытного образца АЖК 16% в сравнении с другими составами исследовали с помощью четырех методов.

В результате воздействия повышенных значений относительной влажности и температуры воздуха в течение 45 рабочих циклов на испытуемых образцах очаги коррозии не наблюдались.

Результаты воздействия соляного тумана на образцы представлены в таблице 1.

По результатам второго эксперимента защитные свойства консервационных составов в порядке их снижения можно расположить в такой последовательности: АЖК 16%; Автокон ЛС; Кормин 50%; Росойл 700; Кормин 30%.

Исследование защитных свойств составов при постоянном погружении образцов течение 24 ч в стакан с электролитом при температуре $23...27^\circ\text{C}$ показали следующие результаты:

1. В электролите с образцами, обработанными составами Кормин 30% и Росойл 700, присутствует взвесь гидроокиси железа, в других стаканах взвесь отсутствует.

2. В стаканах с образцами, обработанными составами АЖК 16%, Автокон ЛС и Кормина, всплытие масла не наблюдается, в остальных случаях на поверхности электролита присутствует пленка масла с продуктами коррозии.

3. Отсутствует набухание пленки составов на всех образцах.

В 3 эксперименте защитная способность составов снижается в ряду: АЖК 16%; Автокон ЛС; Росойл 700; Кормин 30%; Комин 50%, причем у последних 3-х образцов защитная способность на одном уровне.

Результаты исследования защитных свойств составов при воздействии бромистоводородной кислоты представлены в таблице 2 и на рисунке 1.

Составы в порядке снижения защитной способности (способности вытеснять бромистоводородную кислоту) можно расположить в такой последовательности: АЖК 16%; Автокон ЛС; Росойл 700; Кормин 30%; Кормин 50%.

Итоговые результаты исследований защитных свойств 5 консервационных составов представлены на рисунке 2. Количество баллов, проставленных

Результаты исследований консервационных составов при воздействии соляного тумана

Таблица 1

Results of studies of conservation compositions under the influence of salt mist

Table 1

Состав <i>Composition</i>	Время воздействия, ч / <i>Exposure time, h</i>		
	2	4	6
Автокон ЛС <i>Avtokon LS</i>	Без коррозии <i>No corrosion</i>	Без коррозии <i>No corrosion</i>	Три точки коррозии размером 2,1,2 мм ($S_{кор}$ менее 3%) <i>Three corrosion points 2, 1, and 2 mm in size ($S_{кор}$ less than 3%)</i>
АЖК 16% <i>FAA 16%</i>	Без коррозии <i>No corrosion</i>	Без коррозии <i>No corrosion</i>	Одна точка коррозии по торцу размером 1 мм ($S_{кор}$ менее 1%) <i>One corrosion point of 1 mm in size along the end face ($S_{кор}$ less than 1%)</i>
Росойл 700 <i>Rosoil 700</i>	2 точки коррозии 1 мм <i>One corrosion point with a size of 1 mm</i>	Без изменения <i>No change</i>	Несколько точек и пятен коррозии размером 1, 3, 5 мм ($S_{кор}$ менее 5%) <i>Several points and spots of corrosion of 1, 3, and 5 mm in size ($S_{кор}$ less than 5%)</i>
Кормин 30% <i>Kormin 30%</i>	Пятна коррозии 5...10 мм более чем на 50% поверхности <i>Corrosion spots of 5 to 10 mm in size over more than 50% of the surface</i>	Усиление коррозии <i>Increased corrosion</i>	Сплошная коррозия на 50% поверхности <i>Continuous corrosion over 50% of the surface</i>
Кормин 50% <i>Kormin 50%</i>	Без коррозии <i>No corrosion</i>	Без коррозии <i>No corrosion</i>	Одна точка коррозии размером 1 мм ($S_{кор}$ менее 1%) <i>One corrosion point, 1 mm in size ($S_{кор}$ less than 1%)</i>

Результаты испытаний консервационных составов при воздействии бромистоводородной кислоты

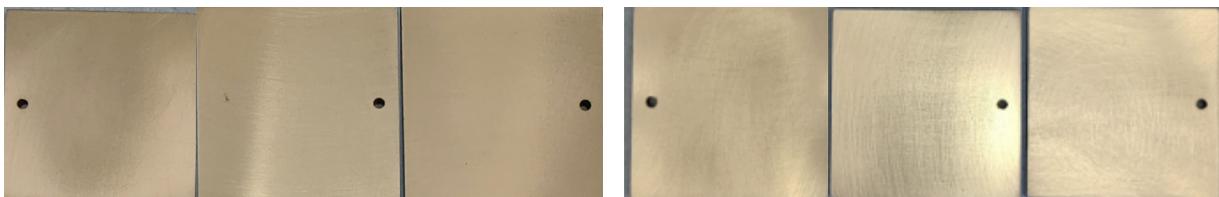
Таблица 2

Test results of preservation formulations under the influence of hydrobromic acid

Table 2

Состав <i>Composition</i>	Внешний вид образца до удаления смазки <i>Appearance of the sample before removing the lubricant</i>	Внешний вид образца после удаления смазки <i>Appearance of the sample after removing the lubricant</i>
Автокон ЛС / <i>Avtokon LS</i>	Без коррозии / <i>No corrosion</i>	Без коррозии / <i>No corrosion</i>
АЖК 16% / <i>FAA 16%</i>	Без коррозии / <i>No corrosion</i>	Без коррозии / <i>No corrosion</i>
Росойл 700 / <i>Rosoil 700</i>	Без коррозии / <i>No corrosion</i>	Без коррозии / <i>No corrosion</i>
Кормин 30% / <i>Kormin 30%</i>	Множество очагов коррозии <i>Many pockets of corrosion</i>	Значительные очаги коррозии <i>Significant pockets of corrosion</i>
Кормин 50% / <i>Kormin 50%</i>	Несколько точек коррозии размером 1...2 мм <i>Several corrosion points, 1 to 2 mm in size</i>	Несколько точек коррозии размером 1...2 мм <i>Several corrosion points, 1 to 2 mm in size</i>

До испытаний / *Before the tests*



После испытаний / *After the tests*



а

б

Рис. 1. Сравнение защитной способности Кормин 30% (а) и АЖК 16% (б)

Fig. 1. Comparison of the protective ability of Kormin 30% (a) and FAA 16% (b)

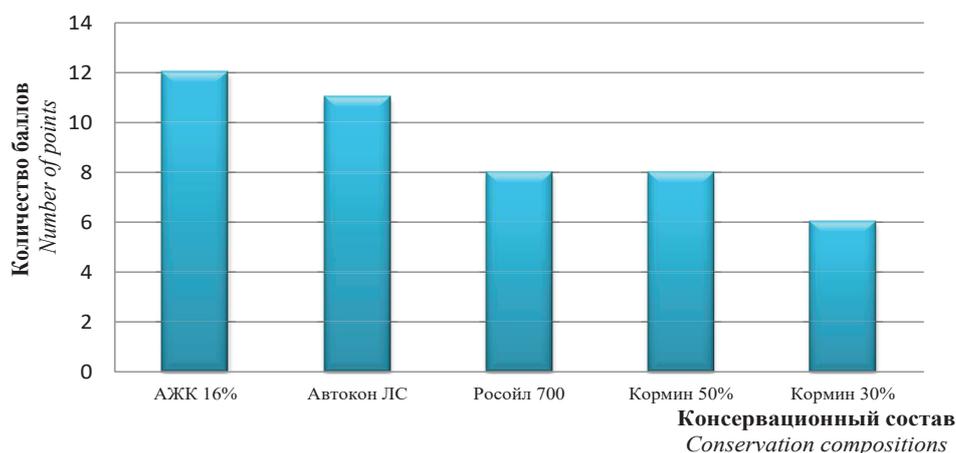


Рис. 2. Результаты испытаний защитных свойств консервационных составов, проведенных по ГОСТ 9.054-75

Fig. 2. Test results for the protective properties of conservation products carried out according to GOST 9.054-75

каждому составу, является суммарной оценкой защитной способности составов согласно ГОСТ 9.407-2015 «Единая система защиты от коррозии и старения».

По результатам сравнительных испытаний согласно ГОСТ 9.054-75 доказана эффективность амидов жирных кислот. Эффективность ингибитора коррозии АЖК 16% выше, чем у составов на основе Автокон ЛС, Кормин и Росойл 700.

Список источников

- Северный А.Э., Щеглов Е.В., Павшенцев В.П. и др. Повышение защитной способности консервационных составов // Мир транспорта и технологических машин. 2009. № 3. С. 44-47 EDN: TBTNNJ
- Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Емельяненко А.М. и др. Коррозия и кинетика электродных процессов на стали с гидрофобным покрытием в хлоридной среде и с добавкой сероводорода // Коррозия: материалы, защита. 2020. № 2. С. 21-26. EDN: OXETLJ
- Гайдар С.М., Низамов Р.К., Прохоренков В.Д., Кузнецова Е.Г. Инновационные консервационные составы для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии // Техника и оборудование для села. 2012. № 11. С. 40-43. EDN: PGKURB
- Гайдар С.М., Пикина А.М., Лапсарь О.М., Голубев И.Г. Разработка технологии переработки жировых отходов в продукты технического назначения // Техника и оборудование для села. 2023. № 3 (309). С. 32-35. EDN: WUTRYF
- Gaidar S.M., Pikina A.M., Sergeeva N.A., Lapsar', O.M. Technology for producing anticorrosive materials from fat-containing waste. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2024;26(2):57-64. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-2-57-64>
- Способ получения моно- и диэтаноламидов жирных кислот: Патент на изобретение RU2787477 C1; МПК C07C233/18, C07C231/02 / С.М. Гайдар, В.Е. Коноплев, О.М. Лапсарь, Т.И. Балькова, А.М. Пикина, И.А. Посулько. Заявка № 2022109878 от 13.04.2022 г. EDN: BNRHHH
- Веролайнен Н.В., Ворончихина Л.И. Поверхностная активность и поверхностно-активные вещества // Вестник Тверского государственного университета. Серия «Химия». 2009. № 9. С. 4-19. EDN: OPVIZB

Выводы

1. Экспериментальные исследования показали зависимость эффективности консервационных масел от состава и количества ингибитора, причем чем жестче условия проведения испытаний, тем сильнее проявляется эффект.

2. Консервационное масло, изготовленное с использованием АЖК 16%, превышает защитный эффект аналогов в 1,1...2,0 раза.

References

- Severny A.E. et al. Improving the protective ability of conservation compositions. *World of Transport and Technological Machines*. 2009;3:44-47. (In Russ.)
- Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Emelianenko A.M. et al. Corrosion and kinetics of electrode processes on steel with a hydrophobic coating in a chloride medium and with the addition of hydrogen sulfide. *Korroziya: Materialy, Zashchita*. 2020;2:21-26. (In Russ.)
- Gaidar S.M., Nizamov R.K., Prokhorenkov V.D., Kuznetsova E.G. The innovative conservation compounds for corrosion protection of agricultural equipment. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2012;11:40-43. (In Russ.)
- Gaidar S.M., Pikina A.M., Lapsar O.M., Golubev I.G. Development of technology for processing fat waste into technical products. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2023;3(309):32-35. (In Russ.)
- Gaidar S.M., Pikina A.M., Sergeeva N.A., Lapsar', O.M. Technology for producing anticorrosive materials from fat-containing waste. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2024;26(2):57-64. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-2-57-64>
- Method for producing mono- and diethanolamides of fatty acids: patent for invention RU2787477 C1; IPC C07C233/18, C07C231/02 / S.M. Gaidar, V.E. Konoplev, O.M. Lapsar, T.I. Balkova, A.M. Pikina, I.A. Posunko. Application No. 2022109878 dated 04/13/2022 (In Russ.)
- Verolainen N.V., Voronchikhina L.I. Surface activity and surfactants. *Vestnik Tverskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Series: Chemistry*. 2009;9:4-19. (In Russ.)
- Mansuraeva L.M., Yusupova I.I., Bulaev S.A. Surfactants: properties and application. *Vestnik Magistratury*. 2022;2-1(125):30-35. (In Russ.)

8. Мансураева Л.М., Юсупова И.И., Булаев С.А. Поверхностно-активные вещества: свойства и применение // Вестник магистратуры. 2022. № 2-1 (125). С. 30-35. EDN: RVKJKB

9. Карелина М.Ю., Дмитриевский А.Л., Лагузин А.Б. Влияние концентрации Фтор-ПАВ на качество защитной молекулярной пленки // Грузовик. 2018. № 7. С. 16-20. EDN: XZCIPJ

10. Карелина М.Ю. Концепция создания ингибиторов коррозии с использованием нанотехнологических подходов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2015. № 3 (42). С. 8-11. EDN: УННКRN

11. Емельянов А.А., Гайдар С.М., Балькова Т.И. Исследование ингибирующего действия поверхностно-активных органических веществ (паов) методом поляризационных измерений // Электротехнология. 2023. № 8. С. 30-40. EDN: QBLVTU

Информация об авторах

Сергей Михайлович Гайдар^{1,2}, д-р техн. наук, профессор; techmash@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4290-2961>; Scopus Author ID: 57191589797; Researcher ID: I-4723-2018

Анна Михайловна Пикина^{1,2,3}, канд. техн. наук, доцент; pikina@rgau-msha.ru³; <https://orcid.org/0000-0001-7116-3526>

Алина Сергеевна Барчукова¹, аспирант; barchukova@rgau-msha.ru

Оксана Михайловна Лапсарь^{1,2}, аспирант;

o.lapsary@rgau-msha.ru

Софья Михайловна Ветрова¹, аспирант; s.vetrova@rgau-msha.ru

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434,

Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 49

² Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство); 119071,

Российская Федерация, г. Москва, ул. Малая Калужская, 1

Вклад авторов:

С.М. Гайдар – научное руководство, формулирование основных направлений исследований, формулирование общих выводов; Барчукова А.С. – формулирование общих выводов, литературный анализ, обработка результатов исследований;

Лапсарь О.М. – формулирование общих выводов, литературный анализ, обработка результатов исследований;

Ветрова С.М. – формулирование общих выводов, литературный анализ, обработка результатов исследований;

А.М. Пикина – обработка результатов исследований, подготовка рукописи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат

Статья поступила в редакцию 24.06.2024; поступила после рецензирования и доработки 11.09.2024; принята к публикации 14.09.2024

9. Karelina M.Yu., Dmitrevskij A.L., Laguzin A.B. Influence of fluoro-surfactant concentration on the quality of protective molecular film. *Gruzovik*. 2018;7:16-20. (In Russ.)

10. Karelina M.Yu. Conception of creating corrosion inhibitors with usage of nanotechnological approaches. *Vestnik Moskovskogo avtomobilno-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)*. 2015;3:8-11. (In Russ.)

11. Emelyanov A.A., Gaidar S.M., Balkova T.I. Investigation of the inhibitory effect of surfactants by method of polarization measurements. *Elektrometallurgiya*. 2023;8:30-40. (In Russ.)

Authors Information

Sergey M. Gaidar^{1,2}, DSc (Eng), Professor, techmash@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4290-2961>; Scopus Author ID: 57191589797; Researcher ID: I-4723-2018

Anna M. Pikina^{1,2,3}, CSc (Eng), Associate Professor; pikina@rgau-msha.ru³; <https://orcid.org/0000-0001-7116-3526>

Alina S. Barchukova¹, postgraduate student, barchukova@rgau-msha.ru

Oksana M. Lapsary^{1,2}, postgraduate student, o.lapsary@rgau-msha.ru

Sofya M. Vetrova¹, postgraduate student, s.vetrova@rgau-msha.ru

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation

² Kosygin State University of Russia; 1, Malaya Kaluzhskaya str., Moscow, 119071, Russian Federation

Author Contribution

Gaidar S.M. – research supervision, conceptualization, general conclusions;

Barchukova A.S. – general conclusions, literature review, investigation, data curation;

Lapsary O.M. – general conclusions, literature review, literary analysis, investigation, data curation;

Vetrova S.M. – general conclusions, literature review, literary analysis, investigation, data curation;

Pikina A.M. – data curation, writing – original draft preparation, revising and editing

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests and are responsible for plagiarism

Received 24.06.2024; Revised 11.09.2024; Accepted 14.09.2024.