

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ КОРРОЗИИ****А. Г. Смирнов, И. И. Максимов, М. Н. Калимуллин**

**Реферат.** Выбор вида защитного средства от коррозии деталей сельскохозяйственных машин обусловлен прежде всего сохранностью защищаемых поверхностей в нерабочие периоды и экологической безопасностью при попадании защитных средств в результате их эксплуатации: обработке почвы, посеве, посадке, уборке сельскохозяйственных культур и т.д. Известно множество средств противокоррозионной защиты: восстановление начальных лакокрасочных покрытий, использование временных защитных составов (битум, масла, преобразователи ржавчин и ингибиторы коррозии, в редких случаях применяют смазки ПВК, ингибированные составы НГ-204, НГ-203, «Кормин», водно-восковые составы и др.). Перечисленные средства имеют ряд недостатков: дороговизна, высокая трудоемкость нанесения и расконсервации защитных, а также негативные экологические последствия. В связи с изложенным целью работы – определение противокоррозионных свойств топленых животных жиров как сравнительно недорогих и экологически безопасных материалов. Для достижения указанной цели были проведены исследования с использованием образцов из стали Ст.3, покрытых топлеными говяжьим, конским и свиным жирами. Исследуемые образцы предварительно взвешивались, покрывались с соответствующими жирами и размещались под навесом с ноября 2019 года по сентябрь 2020 года. Следует заметить, что сохранность жировой пленки зависит от ее толщины и погодно-климатических условий. В процессе наблюдений ежемесячно контролировали сохранность и состояние покрытий, определяли массу образцов, а также при ежедневном осмотре фиксировались моменты появления коррозии. Измерения показали развитие коррозионных процессов при отрицательных температурах ( $-4...-5^{\circ}\text{C}$ ) и относительной влажности воздуха в пределах 75...85%. Следует отметить, что на незащищенных образцах внешние проявления коррозии наблюдаются с марта месяца. Образцы с пленками говяжьего жира показывают трехкратное снижение скорости коррозии по сравнению с незащищенными. На образцах с покрытиями из свиного и конского жиров коррозия не наблюдается.

**Ключевые слова:** хранение, коррозия, топленые жиры, защитное покрытие, скорость коррозии, расконсервация.

**Введение.** Используемые в сельском хозяйстве машины как для обработки почвы, посева и посадки, уборки урожая, так и для его переработки отличаются кратковременным периодом использования за сезон и длительным последующим периодом хранения. Период работы для многих сельскохозяйственных машин составляет менее 10% от календарного времени года. Несмотря на короткие сроки использования, они подвержены значительным износам за счет воздействия на их рабочие поверхности обрабатываемого технологического материала. Для почвообрабатывающих, посевных и посадочных машин таковыми являются почва и высеваемые материалы. В большинстве случаев для контактирующих поверхностей они представляют собой абразив, активно изнашивающий лакокрасочные покрытия и защитные материалы, а также металл с поверхности деталей. Аналогичное воздействие на поверхности машин оказывают и другие обрабатываемые технологические материалы. Степень их влияния на износ поверхностей зависит от физико-химических свойств обрабатываемого материала, характера и продолжительности его воздействия. В результате, после периода интенсивной эксплуатации, поверхности деталей, воздействующих с обрабатываемой технологической средой, оказываются лишенными защитных покрытий (лакокрасочных и противокоррозионных).

По завершении периода активного использования сельскохозяйственные машины подлежат постановке на кратковременное или длительное хранение. На сельскохозяйственных предприятиях часто практикуется вариант, когда машины, используемые в весенний период, проходят очистку только от почвенных и растительных загрязнений. До начала осенних работ они устанавливаются на площадки временного хранения без восстановления изношенных защитных покрытий. Основные работы по подготовке к длительному хранению проводятся по завершении осеннего периода использования.

Подготовка к хранению начинается с проведения очистительно-моечных работ, предназначенных для удаления с поверхностей машин загрязнений в виде пыли, остатков технологических сред. Так как большинство машин хранятся на открытых площадках, то они подвержены действию атмосферных факторов: перепадам температур, влажности воздуха, солнечной радиации, осадкам и ветровой нагрузке. Совместное влияние атмосферных факторов и остатков технологической среды может значительно повлиять на развитие коррозионных процессов на деталях машин, особенно на поверхностях, не имеющих противокоррозионной защиты. Описание длительного воздействия атмосферных факторов на коррозию деталей сельскохозяйственных машин

отражены в ряде работ. Соответственно, указанные машины требуют проведения мероприятий по подготовке к хранению. Технологические процессы по защите машин от атмосферной коррозии описаны в работе [1]. В работе [2] описывается использование доступных материалов для приготовления противокоррозионных защитных составов и технология их применения для защиты сельскохозяйственных машин в процессе подготовки к хранению.

Указанные выше факторы способствуют разрушению лакокрасочных покрытий на границах износа, поврежденных участках, происходит постепенная потеря первоначальных свойств противокоррозионных защитных материалов.

Практика подготовки машин к длительному хранению на сельскохозяйственных предприятиях показывает, что во многих из них восстановление защитных покрытий с использованием лакокрасочных материалов не проводится.

Для защиты поврежденных участков рабочих поверхностей машин от коррозии используют в основном составы, включающие битум, масла, преобразователи ржавчины и ингибиторы коррозии. В редких случаях применяют смазки ПВК, ингибированные составы НГ-204, НГ-203, «Кормин», водно-восковые составы и др.

Указанные защитные составы требуют удаления в процессе снятия с хранения, соответственно, увеличиваются затраты труда, средств и материалов для этих целей. В большинстве случаев работы по расконсервации защищенных поверхностей не проводятся, поэтому защитные составы попадают в почву, в технологическую среду, в продукты растениеводства.

Исходя из выше изложенного следует, что для постановки на кратковременное и длительное хранение сельскохозяйственных машин необходимы доступные и недорогие противокоррозионные защитные материалы. Работы по разработке таких материалов ведутся в разных направлениях, так авторы в статье [3] предлагают использовать атмосферостойкий мазут с добавлением ингибирующих присадок, в работе [4] предлагается производить защитные материалы в условиях сельскохозяйственных предприятий на основе отработанных моторных масел. Снижение затрат на хранение машин можно достичь сокращением работ по расконсервации без нанесения вреда экологии. Для этих целей целесообразным является использование материалов, обладающих свойствами естественного разложения, такими, как жиры животного происхождения, технологии получения которых приведены в работах разными способами описаны в работе [5], в том числе и костного пищевого жира [6]. Технология получения поверхностно-активных

веществ со свойствами ингибиторов атмосферной коррозии из отходов мясоперерабатывающих предприятий представлена в работе [8]. В работе [9] рассматривается состав отходов скотобоен, содержащей органические соединения и биологически активные вещества, которые могут эффективно замедлять коррозию.

Эксперименты проводились в соответствии с требованиями ГОСТ Р 9.905-2007, а также разработанной методике, учитывающей необходимость перевозки образцов с места проведения исследований до места проведения замеров.

Противокоррозионные свойства животных жиров подтверждены проведением лабораторных исследований в работе [10]. Полученные результаты подтверждают их способность защищать черные металлы от коррозии в солевом растворе.

Цель работы – определение противокоррозионных свойств топленых животных жиров в процессе проведения натуральных исследований в естественных условиях окружающей среды.

**Условия, материалы и методы.** Для исследований использовали следующие топленые животные жиры: нутряной говяжий, сальный свиной, нутряной конский, соответствующие требованиям ГОСТ 25292 — 2017. Исследования противокоррозионных свойств проводили на образцах из стали Ст.3, подготовленных в соответствии с ГОСТ Р 9.905-2007. Коррозионные потери образцов измеряли гравиметрическим методом с использованием электронных весов RV 274 с точностью до 0,0001 г.

Для этого у образцов определяли начальную  $m_n$  и конечную массы  $m_k$  после удаления защитного состава и продуктов коррозии. Перед нанесением жиров на образцы подвешивались проволочные подвесы из медной проволоки с лаковым покрытием. В процессе исследований визуально контролировалось изменение внешнего вида защитных материалов и образцов.

Эксперименты проводились в соответствии с требованиями ГОСТ Р 9.905-2007, а также разработанной методике, учитывающей необходимость перевозки образцов с места проведения исследований до места проведения замеров.

Подготовка образцов к исследованиям, нанесение защитных покрытий, контрольные взвешивания проводились в лаборатории хранения машин Чувашской ГАУ (г. Чебоксары), развешивание для проведения натуральных исследований осуществляли в сельской местности (в 30 км от г. Чебоксары).

Развешивание осуществлялось под навесом, соответствующим требованиям ГОСТу 9.909 – 86 (рис. 1).



Рис. 1 – Развешивание образцов под навесом

Нанесение жиров на образцы проводилось с учетом температур плавления и застывания жиров (табл. 1). Равномерность

распределения слоя жира на поверхности образцов достигалось их подогревом до температуры 55-60°C.

Таблица 1 - Температурные характеристики топленых жиров

Виды жиров	Температура плавления, °С	Температура застывания, °С	Консистенция при 15°C — 20°C
Говяжий	42-49	34-38	плотная или твердая
Конский	29-32	29-43	мазеобразная или плотная
Свиной	29-35	22-32	мазеобразная, зернистая или плотная

Нанесение жиров на образцы проводилось с учетом температур плавления и застывания жиров (табл. 1). Равномерность распределения слоя жира на поверхности образцов достигалось их подогревом до температуры 55-60°C.

Нанесение защитного состава на образцы проводилось их окунанием в подогретые жиры. Проводилась суточная выдержка образцов при комнатной температуре для застывания жиров и прокапывания излишков. Контроль количества нанесенного жира, его потери проводились замером массы образцов с жиром и подвесом до начала испытаний и после каждой контрольной даты. Для этого использовались лабораторные электрические весы ВЛР-200 с точностью  $\epsilon = \pm 0,5$  мг. Далее с поверхностей образцов удаляли остатки жира промывкой водой с 72%-ым хозяйственным мылом, просушивали фильтровальной бумагой. На всех образцах удаляли коррозию механическим способом для сохранения образовавшегося оксидного слоя по ГОСТ 9.907-83, промывали дистиллированной водой, обезжировали. Далее образцы выдерживали

в эксикаторе в течение суток. В конце исследований определяли массу очищенных образцов  $m_k$  с точностью до 0,0001г. Скорость коррозии образцов определяли гравиметрическим методом по убыли их массы в расчете на единицу площади в течение заданного времени по ГОСТ 9.908 – 85.

Программа исследований устанавливалась с учетом периода хранения сельскохозяйственной техники в условиях Чувашской Республики. Исследования начаты развешиванием подготовленных образцов с ноября 2019 года. В середине каждого месяца (15 числа) проводились съемки части образцов для контрольных наблюдений и взвешивания. Наблюдения завершены 15 сентября 2020 года. В процессе наблюдений проводились контроль изменения внешнего вида жирового покрытия, поверхности образцов, а также климатических условий: температуры и средней относительной влажности воздуха. Среднемесячные значения температуры и влажности воздуха в период исследований приведены в виде графиков на рисунке 2.

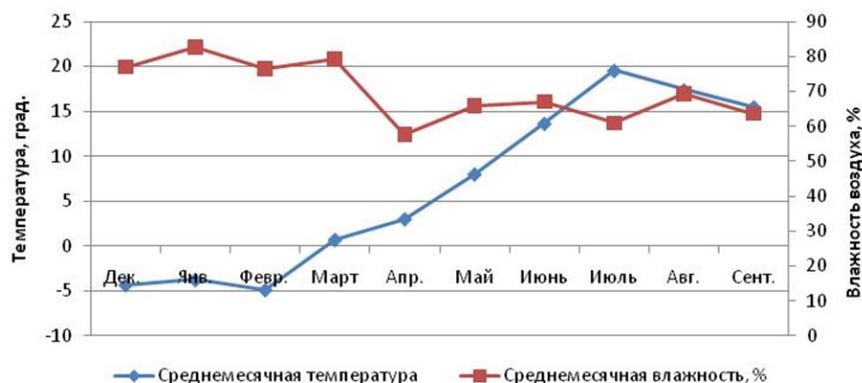


Рис. 2 – Изменение климатических условий в районе исследований

**Результаты и обсуждение.** Изменение внешнего вида развешанных под навесом образцов в значительной степени зависит от погодных условий и свойств защитных покрытий из жиров. Сопоставление приведенных на рисунке 2 графиков с изменениями внешнего вида образцов и расчетными значениями скоростей коррозии показывают наличие связей между ними. Наиболее чувствительны к изменениям климатических условий образцы из незащищенной стали (рис. 3). В процессе

наблюдений за изменением внешнего вида образцов установлено, что первые признаки появления коррозии на образцах без покрытий наблюдаются в начале марта месяца в виде сплошной равномерной коррозии. Видимые признаки коррозии на образцах, покрытых топленым говяжьим жиром появляются в апреле месяце (рис. 4). Образцы, покрытые топлеными свиным и конским жирами, видимых коррозионных повреждений до конца наблюдений не имеют (рис. 5 и рис. 6).

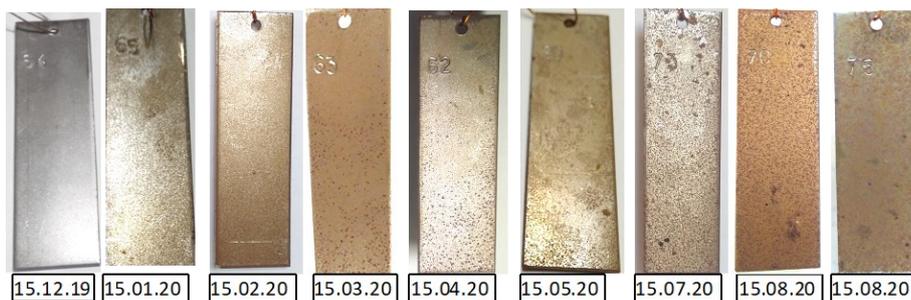


Рис. 3 – Изменение внешнего вида образцов без защитного покрытия

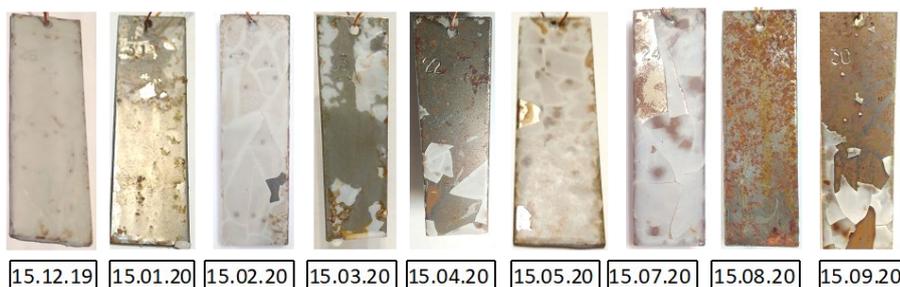


Рис. 4 – Изменение внешнего вида образцов, покрытых говяжьим жиром



Рис. 5 – Изменение внешнего вида образцов, покрытых свиным жиром



Рис. 6 – Изменение внешнего вида образцов, покрытых конским жиром

Количественную оценку коррозионных процессов дают гравиметрические измерения изменения масс, исследуемых образцов в начале исследований и после съема части образцов по месяцам. По результатам измерений определены скорости коррозии исследуемых образцов без

и с защитными покрытиями. По ним построены точечные диаграммы зависимостей скоростей коррозии металлических образцов во времени без защитного покрытия и защищенных топлеными животными жирами, определены их теоретические уравнения (рис. 7).

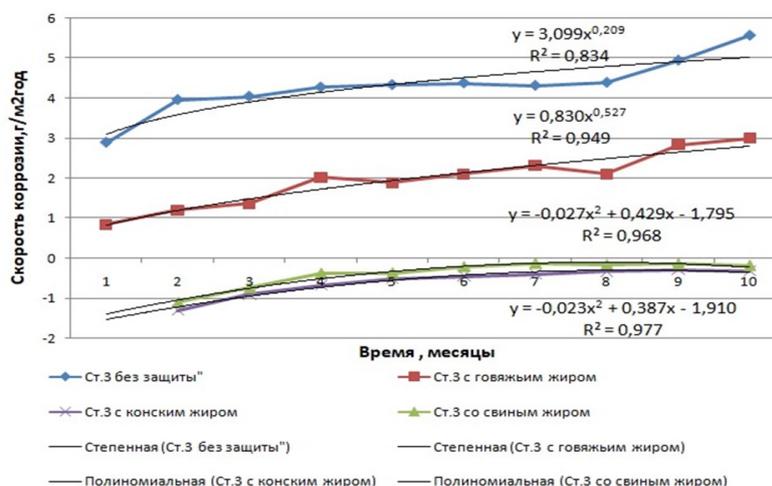


Рис. 7 – Изменения скорости коррозии за период наблюдений

Гравиметрические измерения показывают развитие коррозионных процессов при отрицательных температурах (-4...-5°C) и относительной влажности воздуха в пределах 75 – 85%. С повышением влажности воздуха в январе месяце замечено увеличение интенсивности коррозии незащищенной стали. С марта по июнь месяцы температура воздуха повышается до +14...15°C, что должно вызвать увеличение скорости коррозии, однако, снижение влажности воздуха до 50-60% уменьшает его в указанный период. Увеличение коррозионных процессов начинается с конца июля месяца, несмотря на то, что увеличение относительной влажности воздуха незначительное, в данном случае на коррозию оказывает влияние избыточная влага, получаемая в результате накопления конденсата на образцах из-за выпадения росы. Полученные зависимости скорости коррозии незащищенных образцов описываются уравнением степенной функции  $y=3,099x^{0,209}$ . Достоверность аппроксимации точечной диаграммы составляет  $R^2=0,834$ .

Сравнивание скоростей коррозии образцов, защищенных топленым говяжьим жиром и без защитного покрытия показывает способность жира снизить данный показатель в начальный период в три раза, по завершении наблюдений в два раза, описывается уравнением степенной функции  $y=0,830x^{0,527}$ . Образцы, защищенные жиром, менее зависят от изменения климатических условий:

график скорости коррозии более равномерный, достоверность аппроксимации точечной диаграммы равен  $R^2=0,949$ . Наблюдается небольшой скачок в марте месяце, вызванный отслаиванием и выпадением жирового слоя в зимние месяцы с поверхности образцов и значительным уменьшением его оставшейся толщины на поверхностях. Отслаивание происходит из-за увеличенной толщины жирового покрытия в процессе нанесения, связанной с быстрым застыванием и последующим растрескиванием при понижении температуры (табл.1). Увеличение скорости коррозии образцов в июле-августе менее интенсивно, чем у незащищенных образцов. Оставшийся слой жирового покрытия закрывает доступ влаги к металлу, предотвращая образование ржавчины.

Графики изменений скоростей коррозии образцов из стали Ст.3, покрытых топлеными конским и свиными жирами показывают, что коррозия в рассматриваемый период практически прекращается (графики расположены ниже нулевой линии). Данные процессы возможны только в том случае, если происходит не убыль массы исследуемых образцов, а ее увеличение. Увеличение массы образцов объясняется составом животных жиров и их качеством. Кислотное число рассмотренных в работе жиров находится в пределах 1,1 – 2,2 мг КОН/г. В расплавленном виде жир воздействует на поверхность металлических образцов как окислитель, так как жиры в основном состоят из аминокислот [11],

окислительная стабильность животных жиров остается стабильной в разных технологических условиях [12], способствующих образованию тонкой пленки оксидов с железом. Противокоррозионные свойства аминокислот также подтверждена в работе [13]. Этим объясняется расположение графиков скоростей коррозии ниже нулевой линии. Наименее подвержены коррозии образцы, покрытые конским жиром. В отличие от других, рассмотренных в работе, конский жир обладает более низкой температурой плавления, образует на поверхности тонкий слой покрытия, дольше находится в жидком состоянии, соответственно, его компоненты реагируют с поверхностью металла более продолжительное время. Под воздействием компонентов жиров на поверхности металла образуется тонкий оксидный слой, защищающий железо от действия окружающей среды, соответственно, незначительно увеличивается масса образцов. Так как говяжий жир имеет более высокую температуру плавления и застывания, то время реакции его компонентов с железом ограничено, образование оксидной пленки не происходит.

**Выводы.** 1. Пленки из топленого говяжьего жира замедляют скорость коррозии на образцах из стали Ст.3 более чем в три раза, а свиного и конского жиров – более чем в пять раз в естественных условиях окружающей среды по сравнению с незащищенными образцами. Образцы, защищенные от коррозии животными жирами, устойчивы против коррозии на весь период хранения машин (с ноября по сентябрь месяцы).

2. Увеличение температуры в рассмотренный период с  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $+20^{\circ}\text{C}$  ведет к увеличению скорости коррозии незащищенных образцов почти в три раза, при этом у защищенных жировыми пленками увеличение составляет: в два раза для говяжьего и около 1,5 раза для свиного и конских жиров. Интенсивность увеличения скорости коррозии

образцов, защищенных пленками говяжьего жира в 2...3 раза ниже, чем не защищенных.

3. Жировые пленки, полученные из жиров с высокой ( $34...38^{\circ}\text{C}$ ) температурой застывания (топленый говяжий), при минусовых температурах окружающего воздуха подвержены растрескиванию и отслаиванию, сохраняют липкость в течение всего периода наблюдений. Жировые пленки, состоящие из топленых свиного и конского, имеют температуру застывания менее  $29^{\circ}\text{C}$ , устойчивы к воздействию атмосферы, к концу наблюдений усыхают.

4. У образцов с пленками из говяжьего жира происходит потеря массы образцов (в среднем) до 0,0163г, у свиного и конского жиров – увеличение до +0,0012г и до +0,1283г соответственно. Увеличение массы происходит за счет образования на их поверхности продуктов реакции металла, компонентов состава жиров и окружающей среды. Коррозия под пленками отсутствует, следовательно, получаемый продукт реакции металл-жир-среда обладает противокоррозионным защитным свойством.

5. Использование животных жиров в целях защиты металлических деталей от коррозии позволяет заменить дорогостоящие материалы при кратковременном и длительном хранения сельскохозяйственных машин, уменьшаются трудозатраты на операциях по хранению за счет сокращения объемов работ по удалению защитных материалов.

6. Свойство естественного разложения топленых животных жиров при попадании в почву способствует повышению экологичности процесса хранения машин.

По перечисленным свойствам топленые животные жиры рекомендуются для использования в качестве защитных составов от коррозии при кратковременном и длительном хранении сельскохозяйственных машин в условиях сельскохозяйственного предприятия.

#### Литература

1. Прохоренков В. Д., Петрашев А. И., Князева Л. Г. Ресурсосберегающая технология защиты сельскохозяйственной техники от атмосферной коррозии // Техника и оборудование для села. 2007. № 10. С. 24-27.
2. Курбанов, Р. Ф., Сушинцев В. Н., Морозов А. Н. Защита рабочих органов сельскохозяйственных машин при хранении // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2013. Т. 8. № 3(29). С. 75-79. doi: 10.12737/1352.
3. Исследование противокоррозионной защиты тукоразбрасывающих машин / А. И. Петрашев, Л. Г. Князева, В. В. Клепиков и др. // Техника и оборудование для села. 2018. № 7. С. 38-42.
4. Степанов Н. В., Шуханов С. Н. Повышение коррозионной стойкости сельскохозяйственных машин при хранении за счет использования новой защитной смазки // Тракторы и сельхозмашины. 2019. № 4. С. 80-84. doi 10.31992/0321-4443-2019-4-80-84.
5. Вечтомова Е. А., Козлова О.В., Орлова М.М. Оценка методов получения топленых животных жиров // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 4. С. 797-806. doi 10.21603/2074-9414-2022-4-2408.
6. Файвишевский М. Л. Производство пищевых животных топленых жиров // Мясные технологии. 2022. № 12(240). С. 34-35.
7. Гайдар С. М., Лапсарь О. М. Противоизносная присадка к смазочным материалам, полученная из жиросодержащих отходов мясоперерабатывающих предприятий // Агроинженерия. 2023. Т. 25. № 2. С. 41-45. doi 10.26897/2687-1149-2023-2-41-45.
8. Разработка технологии переработки жировых отходов в продукты технического назначения / С. М. Гайдар, А. М. Пикина, О. М. Лапсарь и др. // Техника и оборудование для села. 2023. № 3(309). С. 32-35. doi: 10.33267/2072-9642-2023-3-32-35.
9. Slaughterhouse Trash as Corrosion Inhibitor / R. Aslam, M. Mobin, J. Aslam, et al. // Sustainable Food Waste Management. Materials Horizons: From Nature to Nanomaterials. Springer, Singapore. 2024. P. 215–228. doi.org/10.1007/978-981-97-1160-4\_10.
10. Utilization of biowaste as an eco-friendly biodegradable corrosion inhibitor for mild steel in 1 mol/L HCl solution / V. Hemapriya, M. Prabakaran, S. Chitra, et al. // Arab J Chem. 2020. Vol. 13(12). P. 8684–8696. doi:10.1016/j.arabjc.2020.09.060/
11. Сравнительная оценка современных методов повышения качества технических животных жиров / А. В. Заболотный, В. И. Мартовщук, Е. В. Мартовщук и др. // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2004. № 1(278). С. 27-28.
12. Макарова Н. В., Воронина М. С. Исследование окислительной стабильности животных жиров в разных технологических условиях // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2020. Т. 8. № 2. С. 56-64. – DOI 10.14529/food200207.
13. Amino acids protecting metals in aggressive environments / L. Guo, C. Verma, D. Zhang, et al. // Eco-friendly corrosion inhibitors: principles, designing and application. 2022. Elsevier, pp. 311–330.

**Сведения об авторах:**

Смирнов Анатолий Германович – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, e-mail: nizowoi40@mail.ru  
 Максимов Иван Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, e-mail: maksimov48@inbox.ru  
 Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, Россия.  
 Калимуллин Марат Назипович – доктор технических наук, проректор по научной работе и инновациям, доцент, профессор кафедры эксплуатации и ремонта машин, e-mail: marat-kmn@yandex.ru  
 Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

**USING BIODEGRADABLE MATERIALS TO PROTECT AGRICULTURAL MACHINERY FROM CORROSION**

**A. G. Smirnov, I. I. Maksimov, M. N. Kalimullin**

**Abstract.** The choice of the type of protective agent against corrosion of agricultural machinery parts is determined primarily by the safety of the protected surfaces during non-working periods and environmental safety when protective agents come into contact with them as a result of their operation: soil cultivation, sowing, planting, harvesting of agricultural crops, etc. Many anti-corrosion protection agents are known: restoration of initial paint and varnish coatings, use of temporary protective compounds (bitumen, oils, rust converters and corrosion inhibitors, in rare cases, PVC lubricants, inhibited compounds NG-204, NG-203, "Kormin", water-wax compounds, etc. are used). The listed means have a number of disadvantages: high cost, high labor intensity of application and depreservation of protective, as well as negative environmental consequences. In connection with the above, the purpose of the work is to determine the anti-corrosion properties of rendered animal fats as relatively inexpensive and environmentally friendly materials. To achieve this goal, studies were carried out using samples of steel St.3, coated with rendered beef, horse and pork fats. The studied samples were pre-weighed, coated with the appropriate fats and placed under a canopy from November 2019 to September 2020. It should be noted that the preservation of the fat film depends on its thickness and weather and climatic conditions. During the observations, the preservation and condition of the coatings were monitored monthly, the mass of the samples was determined, and the moments of corrosion occurrence were recorded during daily inspection. The measurements showed the development of corrosion processes at negative temperatures (-4...-5°C) and relative air humidity within 75...85%. It should be noted that external manifestations of corrosion have been observed on unprotected samples since March. Samples with beef fat films show a threefold decrease in the corrosion rate compared to unprotected ones. No corrosion was observed on samples with pork and horse fat coatings.

**Key words:** storage, corrosion, rendered fats, protective coating, corrosion

**References**

1. Prokhorenkov VD, Petrashev AI, Knyazeva LG. [Resource-saving technology for protecting agricultural machinery from atmospheric corrosion]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2007; 10. 24-27 p.
2. Kurbanov RF, Sushintsev VN, Morozov AN. [Protection of working units of agricultural machines during storage]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2013; Vol.8. 3(29). 75-79 p. doi: 10.12737/1352.
3. Petrashev AI, Knyazeva LG, Klepikov VV. [Study of anti-corrosion protection of fertilizer spreaders]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2018; 7. 38-42 p.
4. Stepanov NV, Shukhanov SN. [Increasing the corrosion resistance of agricultural machinery during storage through the use of a new protective lubricant]. *Traktory i selkhoz mashiny*. 2019; 4. 80-84 p. doi 10.31992/0321-4443-2019-4-80-84.
5. Vechtomova EA, Kozlova OV, Orlova MM. [Evaluation of methods for obtaining rendered animal fats]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*. 2022; Vol.52. 4. 797-806 p. doi 10.21603/2074-9414-2022-4-2408.
6. Fayvishevskiy ML. [Production of edible animal rendered fats]. *Myasnye tekhnologii*. 2022; 12(240). 34-35 p.
7. Gaydar SM, Lapsar OM. [Anti-wear additive to lubricants obtained from fat-containing waste of meat processing enterprises]. *Agroinzheneriya*. 2023; Vol.25. 2. 41-45 p. doi 10.26897/2687-1149-2023-2-41-45.
8. Gaydar SM, Pikina AM, Lapsar OM. [Development of technology for processing fatty waste into technical products]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2023; 3(309). 32-35 p. doi: 10.33267/2072-9642-2023-3-32-35.
9. Aslam R, Mobin M, Aslam J. Slaughterhouse trash as corrosion inhibitor. *Sustainable Food Waste Management. Materials Horizons: From Nature to Nanomaterials*. Springer, Singapore. 2024; 215-228 p. doi.org/10.1007/978-981-97-1160-4 10.
10. Hemapriya V, Prabakaran M, Chitra S. Utilization of biowaste as an eco-friendly biodegradable corrosion inhibitor for mild steel in 1 mol/L HCl solution. *Arab J Chem*. 2020; Vol.13(12). 8684-8696 p. doi:10.1016/j.arabjc.2020.09.060/
11. Zabolotnyy AV, Martovshchuk VI, Martovshchuk EV. [Comparative assessment of modern methods for improving the quality of technical animal fats]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya*. 2004; 1 (278). 27-28 p.
12. Makarova NV, Voronina MS. [Study of oxidative stability of animal fats under different technological conditions]. *Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pishchevye i biotekhnologii*. 2020; Vol.8. 2. 56-64 p. – DOI 10.14529/food200207.
13. Guo L, Verma C, Zhang D. Amino acids protecting metals in aggressive environments. *Eco-friendly corrosion inhibitors: principles, designing and application*. 2022; Elsevier. 311-330 p.

**Authors:**

Smirnov Anatoliy Germanovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of Transport and technological machines and complexes Department, e-mail: nizowoi40@mail.ru  
 Maksimov Ivan Ivanovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of Transport and technological machines and complexes Department, e-mail: maksimov48@inbox.ru  
 Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia  
 Kalimullin Marat Nazipovich - Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector for Research and Innovation, Associate Professor, Professor of Machine Operation and Repair Department, e-mail: marat-kmn@yandex.ru  
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.