Сведения об авторах
Принадлежность к организации.

Парлюк Екатерина Петровна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры тракторов и автомобилей Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», Россия, г. Москва, e-mail: kparlyuk@rgau-msha.ru.

Author credentials
Affiliations

Parlyuk Ekaterina – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Tractors and Automobiles of Russian Timiryazev State Agrarian University, Russia, Moscow, e-mail: kparlyuk@rgau-msha.ru.

Поступила в редакцию (Received): 02.09.2021 Принята к публикации (Accepted): 20.10.2021

УДК 620.197.7:631.17
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-5-79-90

О КОРРОЗИОННЫХ ПРОБЛЕМАХ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

[1]Князева Лариса Геннадьевна
[1]Дорохов Андрей Валерьевич
[1]Курьято Николай Алексеевич

[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. *Дан анализ некоторых коррозионных проблем в АПК, связанных с различными климатическими условиями, специфическими средами эксплуатации техники и оборудования и показаны некоторые частные пути решения, связанные с использованием противокоррозионных материалов, доступных и эффективных в сельскохозяйственном производстве. Исследовали действие на сталь Ст3 0,5 М раствора NaCl, грунтов: чернозема обыкновенного (ЧО), чернозема выщелоченного (ЧЩ), темно-каштановой почвы., удобрений: азофоски, карбамида, аммиачной селитры, суперфосфата. Длительными исследованиями (до 160 суток) показана перспективность использования в приморских атмосферах с большим содержанием хлорида натрия отстоев растительных масел и продуктов очистки отработанного моторного масла, обеспечивающих защитную эффективность 88-100 %. Показано, что самой высокой скорости коррозии на стали Ст3 соответствует самое низкое значение pH в почвенных вытяжках чернозема выщелоченного. Установлено, что в высушенных грунтах в отсутствии влаги в течении трех месяцев коррозия на стальных пластинах не начиналась. В открытой атмосфере наиболее агрессивны ЧЩ и ЧО с добавкой аммиачной селитры и азофоски.* Показано, что наибольшие скорости коррозии наблюдаются в *аммиачной селитре как в твердом (0,023 г/м^2·ч), так и в жидком (0,240 г/м^2·ч) виде. Наименее агрессивен – карбамид.* Поверхности стали, имеющие следы минеральных удобрений хорошо защищают нефтяные и синтетические отработанные масла. ингибированные Эмульгином (5 масс. %), водно-восковые составы серии Герон, отстои растительных масел. Установлено, что при относительной влажности воздуха Н = 100% скорость общей коррозии стали Ст3 превышает значения для меди или латуни. Эта картина сохраняется при Н = 100% и одновременном присутствии стимуляторов коррозии CO_2, H_2S, NH_3 в концентрациях, в три раза превышающих предельно допустимые для животноводческих помещений. Уменьшить скорость коррозии металлов в присутствии стимуляторов коррозии на один-два порядка позволяет использование летучего ингибитора коррозии ИФХАН-118

Ключевые слова: *коррозионные проблемы, сельскохозяйственное производство, климат, сезонность, среда эксплуатации, сталь, защита, минеральные удобрения*

ABOUT CORROSION PROBLEMS IN AGRICULTURAL PRODUCTION

[1]Knyazeva Larisa
[1]Dorokhov Andrey
[1]Kuryato Nikolay
[1]FSBSI "All-Russian Research Institute for the Use of Technology and Oil Products in Agriculture"

Abstract. *An analysis of some corrosion problems in the agroindustrial complex associated with different climatic conditions, specific operating environments of machinery and equipment was given and some particular solutions related to the use of anti-corrosion materials available and effective in agricultural production were shown. The effect on steel St3 of a 0.5 M NaCl solution, soils: ordinary chernozem (CHO), leached chernozem (ChSh), dark chestnut soil., Fertilizers: azophoska, urea, ammonium nitrate, superphosphate was investigated. The prospects of using in coastal atmospheres with a high sodium chloride content of vegetable oil sludge and waste engine oil purification products, providing a protective efficiency of 88-100%, has been shown by long-term studies (up to 160 days). It is shown that the highest corrosion rate on St3 steel corresponds to the lowest pH value in soil extracts of leached chernozem. It was found that in dried soils in the absence of moisture for three months, corrosion on steel plates did not begin. In an open atmosphere, the most aggressive are ChSh and ChO with the addition of ammonium nitrate and azophoska. It is shown that the highest corrosion rates are observed in ammonium nitrate both in solid (0.023 g / m2 × h) and liquid (0.240 g / m2 × h) forms. The least aggressive is urea. Steel surfaces with traces of mineral fertilizers provide good protection for petroleum and synthetic waste oils. inhibited by Emulgin (5 wt.%), water-wax compositions of the Geron series, sediments of vegetable oils. It was found that at a relative humidity of H = 100%, the rate of general corrosion of St3 steel exceeds the values for copper or brass.This picture persists at H = 100% and the simultaneous presence of corrosion stimulants CO2, H2S, NH3 in concentrations three times higher than the maximum permissible for livestock buildings.The use of the volatile corrosion inhibitor IFKHAN-118 makes it possible to reduce the corrosion rate of metals in the presence of corrosion stimulants by one to two orders of magnitude.*

Key words: corrosion problems, agricultural production, climate, seasonality, operating environment, steel, protection, mineral fertilizers

Введение. Коррозия распространена повсеместно, полностью ее устранить невозможно прежде всего по термодинамическим причинам. Следует отметить, что многие проблемы защиты металлов от коррозии обусловлены человеческим фактором. Ежегодные прямые мировые потери от коррозии оцениваются в триллионы долларов. Тем не менее, предполагается [1], что половину коррозионных разрушений можно предотвратить. Сельское хозяйство в нашей стране по коррозионным потерям занимает второе место (20%) после топливно-энергетического комплекса (29 %) [2], что связано с неудовлетворительным состоянием противокоррозионной защиты в отрасли. Основные причины – коррозионная агрессивность сред эксплуатации, большое разнообразие техники и оборудования и конструкций и их использование за пределами нормативных сроков службы при неудовлетворительной противокоррозионной защите, сезонность работы большей части техники и оборудования, недостаток или отсутствие эффективных доступных противокоррозионных материалов и универсальных средств для механизации технологических процессов консервации. Из-за коррозионных разрушений требуются огромные затраты на ремонт и замену сельскохозяйственной техники и оборудования, оплату простоев.

С прекращением существования планового хозяйствования перестали централизованно отслеживать коррозионную ситуацию как в целом по стране, так и в сельскохозяйственном производстве, в частности, что приводит к неудовлетворительному решению коррозионных проблем в АПК (рисунок 1).

Разрушения техники и оборудования под действием атмосферной коррозии связаны с климатическими условиями. Отсутствие климатических станций в стране, обслуживающих АПК, приводит к необходимости разбираться на местах, на сколько те или иные противокоррозионные материалы и оборудование для их нанесения и приготовления, эффективны в конкретных

климатических условиях при соблюдении принципа адекватности стоимости защиты и коррозионной агрессивности среды.

Рисунок 1 – Некоторые условия возникновения коррозионных проблем в сельскохозяйственном производстве

Сельскохозяйственное производство достаточно металлоемко. Точно определить, где коррозия может быть наиболее разрушительной сложно из-за огромного разнообразия техники, оборудования, металлоконструкций, эксплуатируемых в этой отрасли и из-за наличия различного вида загрязнений на металлических поверхностях, которые зависят от типа сельскохозяйственной деятельности.

Возникающие коррозионные проблемы в АПК во многом предопределяют специфические условия сельскохозяйственного производства. Во-первых, это его сезонность. Наибольшие коррозионные разрушения (до 50 %) происходят во время хранения техники в период временного неиспользования. Прежде всего подвергается коррозионным разрушениям тонколистовая сталь, которая достаточно широко используется для изготовления отдельных узлов техники, оборудования в сельском хозяйстве. Усталостная прочность тонколистовых сталей Ст3 и 08 при коррозионных поражениях может снижаться на 35 - 40 % за год [3]. Серьезно корродирует металл в сварных швах, коррозионные потери стали в месте сварного соединения, например, выше, чем у листовой стали в 1,5-2,0 раза [4]. Заметно страдают от коррозии рабочие органы машин, различные резьбовые соединения, поверхности резервуаров для хранения ядохимикатов и удобрений и др. Хотя давно разработаны условия для правильного хранения сельскохозяйственной техники в период неиспользования (ГОСТ 7751-2009) и рекомендована номенклатура противокоррозионных материалов для этих целей (ГОСТ 9.014-78), анализ сегодняшней ситуации показывает, что не более 10% экономически состоятельных хозяйств придерживаются сложившейся ранее организационно-технологической системы хранения машин и оборудования, где функционирует специализированная служба, поддерживается определенная технологическая дисциплина. Однако, даже в них есть проблемы, связанные с отсутствием технологического оборудования и необходимостью выбора доступных и эффективных консервационных материалов из предлагаемых рынком, не обязательно рекомендованных в сельскохозяйственном производстве. Вигдоровичем В.И. и его учениками разработана концепция создания малокомпонентных консервационных материалов с использованием в качестве

растворителя-основы отработанных масел, а в качестве противокоррозионной присадки - побочных продуктов (отходов) различных химических и нефтехимических производств при возможности приготовления консервационных составов непосредственно в хозяйствах [2,5,6] в противовес долголетней технической политике создания консервационных материалов, исходя из целесообразности использования многокомпонентных составов.

Во-вторых, специфические условия в сельскохозяйственном производстве связаны с различными типами сельскохозяйственной деятельности (растениеводство и животноводство).

В растениеводстве важнейшей специфической средой является почва, с которой непосредственно контактирует сельскохозяйственная техника при эксплуатации. Следует отметить, что почва практически всегда содержит влагу в той или иной концентрации, которая ее превращает в электролит, создавая условия для протекания коррозионных процессов. Существует понятие «почвенной коррозии», на которую влияет состав грунта (наличие в нем веществ, стимулирующих коррозию), его пористость, аэрация, влажность, кислотность, электропроводность, которая почти всегда протекает по электрохимическому механизму (кроме случая очень сухих грунтов). Разрушение металла представляет собой анодный процесс. На катоде протекает кислородная или водородная (в очень кислых грунтах) деполяризация. Катодный контроль характерен для влажных грунтов, анодный – для сухих и рыхлых.

Известно, что наиболее агрессивны по отношению к коррозии черноземы, содержащие органические кислоты и тяжелые глинистые почвы, длительное время удерживающие влагу [3]. Практически инертны по отношению к коррозионным разрушениям песчаные грунты. Считаются наиболее коррозионноактивными почвы с pH=3-6 и pH= 7,5 – 9,5. В работе [7] отмечается, что наибольшие коррозионные потери металла происходит на поверхности почвы, а над почвой для сталей Ст3, 45 и 65Г они были на 13 % ниже. Максимальная скорость коррозии наблюдается при влажности грунта 15-25 % [3].

В почве живут различные микроорганизмы. Для существования аэробных микроорганизмов требуется кислород. Они либо окисляют серу, либо участвуют в осаждении железа, оптимальное значение pH для х существования микроорганизмов– 3 - 6. Серобактерии окисляют сероводород сначала в серу, а затем вплоть до серной кислоты:

$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + S_2;$$

$$S_2 + 2H_2O + 3O_2 = 2H_2SO_4.$$

ускоряя почвенную коррозию, особенно стали. Бактерии, перерабатывающие ионы железа (pH 4-10) в нерастворимые железистые соединения увеличивают гетерогенность поверхности, также приводя к ускорению коррозионных процессов.

Анаэробные микроорганизмы, вырабатывая сероводород, углеводороды, угольную кислоту и другие химические соединения могут разрушать защитные покрытия на поверхности металла, изменять ход анодной или катодной реакций, влиять на характеристики почвы. Наиболее опасными из них, с точки зрения стимулирования коррозии, считаются сульфатредуцирующие бактерии (СРБ), для жизнедеятельности которых оптимальны болотные, глинистые, илистые грунты с PH 5,5 -8. СРБ восстанавливают сульфаты, имеющиеся в почве, до рыхлых сульфидов и сероводорода на поверхности металла:

$$MgSO_4 + 4H = Mg\,(OH)_2 + H_2S + O_2.$$

Кислород, который выделяется в этой реакции, обеспечивает протекание реакции на катоде. СРБ могут вызывать микробиологическую коррозию [3], которая, как правило неоднородна и локализована на небольших участках [8]. СРБ разрушают нефтепродукты [9], являются причиной повреждений резервуаров для временного хранения горюче-смазочных материалов в специальных резервуарах в хозяйствах.

Удобрения, пестициды, гербициды вносят в почву для повышения ее плодородия, все они отличаются по химическому составу и по концентрации действующего вещества. В сельскохозяйственном производстве также используют консерванты для хранения зерна и силоса. Средства химизации повышают коррозионную агрессивность почвы, стимулируют коррозию на контактирующих с ними металлических поверхностях техники для их внесения (наземная и сельскохозяйственная авиация) и транспортировки, грузоподъемных устройствах, оборудования, резервуаров, на поверхностях конструкций в помещениях для их хранения [10]. Разные виды средств химизации обладают разными уровнями коррозионной активности, которая связана с их составом, разложением составляющих их компонентов при использовании или химическим взаимодействием с образованием агрессивных веществ при участии влаги, химических соединений, имеющихся в почве, атмосфере. Так, например, нитраты аммония или дигидроаммоний - фосфаты разлагаются путем гидролиза до кислот, снижающих pH среды [11]. Из-за снижения pH происходит рост коррозионной активности грунта из-за водородной деполяризации, в результате уменьшается катодное торможение процесса. В работе [12] показано, что удобрения, содержащие азотистый раствор аммиачной селитры и мочевины, достаточно медленно вступают в реакции с листовой сталью и на много быстрее при контакте со сварными швами и отверстиями под болты. Сварные стали страдают от истощения легирующих компонентов в зонах термообработки, при установке болтов в отверстия образуются щели, в которых коррозия усиливается. Фосфатные удобрения менее коррозионно агрессивны по отношению к стали, так как образуют фосфатный пассивирующий слой на ее поверхности. Когда частицы удобрений, соприкасающиеся с металлическими поверхностями, высыхают, скорость коррозии последних минимальна. Но являясь крайне гигроскопичными, частицы удобрений будут постоянно притягивают к себе влагу, вновь становясь агрессивными. В работе [1] многочисленными тестами показано, что органические удобрения и мочевина (навоз и птичий помет) более коррозионно агрессивны к мягким сталям, чем к оцинкованным.

Для хранения сыпучих продуктов в сельскохозяйственном производстве используют стальные цилиндрические силосы. В процессе силосования образуются органические кислоты, вызывающие коррозионные процессы [13]. Следует заметить, что коррозионные процессы более активно протекают внутри силосов, чем снаружи, так как температура там выше. Для предотвращения роста плесени и бактерий на хранящихся в силосах продуктах их обрабатывают, как правило, кислотами типа муравьиной, пропионовой, которые также могут выступать стимуляторами коррозии. Для защиты емкостного оборудования, в том числе силосов, наиболее эффективными считаются покрытия на основе цинка. На сегодняшний момент самым эффективным средством для защиты емкостного оборудования от коррозии считаются покрытия на основе цинка, причем важна толщина и его качество. Более простыми и дешевыми являются покрытия из эмали на основе цинка, имеющие значительные сроки эксплуатации. сохраняющие пластичность в большом диапазоне температур.

Животноводство- источник агрессивных органических удобрений и стимуляторов коррозии в атмосфере животноводческих помещений. В атмосфера животноводческих помещений попадают продукты жизнедеятельности животных - повышенные концентрации таких стимуляторов коррозии (СК)как водяные пары, углекислый газ, аммиак и сероводород, способствующие возникновению углекислотной, сероводородной, бактериальной коррозии. Для защиты техники, оборудования и металлоконструкций в животноводческих помещениях одним из распространенных средств защиты является цинкование [14]. Под руководством Вигдоровича В.И. в ФГБНУ ВНИИТиН были разработаны методики создания модельных атмосфер с такими СК [15,16]. Для борьбы с коррозией оборудования, конструкций в животноводческих помещениях подходят отстои растительных масел (подсолнечного (ПМ) и рапсового (РМ)). При возможности герметизации защищаемых объемов открывается перспектива использования летучих ингибиторов коррозии (ЛИК) [17-19]. Под руководством Вигдоровича В.И. были получены данные о защитной эффективности ЛИК серии ИФХАН в таких условиях [17,19], в том числе и при защите гальванических пар (сталь-медь, сталь-латунь, медь-латунь) с их помощью [18,20]. Разработаны критерии универсализма ЛИК [19,20].

Деятельность сельскохозяйственного предприятия невозможна без горюче-смазочных материалов, для хранения которых до сих пор используются резервуары, изготовленные из

низколегированных сталей, обладающие недостаточной коррозионной стойкостью. В коррозионных процессах внутри резервуара участвует вода, нефтепродукты, продукты их окисления, смесь воздуха с парами нефтепродуктов и растворенным в них кислородом, и водой. Нередко возникают сквозные коррозионные дефекты, связанные с деятельностью микроорганизмов, которые наиболее активно размножаются при температуре 6-34°С и кислотности среды в диапазоне от 1,0 до 10,0 pH в первые 15-30 суток хранения нефтепродукта. В работе [21] для борьбы с общей и бактериальной коррозией для таких случаев предлагается использовать хиральные анионные кооординационно насыщенные комплексы кобальта (III).

Еще одна из коррозионных проблем связана с возможной загрязнением окружающей среды продуктами коррозии металлов и консервантами и с необходимостью в каждом конкретном случае рассчитывать возможный экологический ущерб [22].

Оптимальным способом борьбы с коррозией по соотношению затраты-эффективность применения является ингибиторная защита. В данной работе кратко представлены отдельные результаты коррозионных исследований, проводимых в ФГБНУ ВНИИТиН по поиску возможных частных решений конкретных коррозионных проблем в АПК.

Объекты и методика исследования

Коррозионное воздействие различных грунтов (чернозема обыкновенного, чернозема выщелоченного, темно-каштановой почвы) изучали по отношению к стали Ст3. Предварительно грунты слоем 2-3 см высушивали при температуре 100 ^{0}С в течение 8 часов в сушильный шкафу.

Почвенные вытяжки готовили в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84 и 26483-85. Для определения скорости коррозии стали в почвенных вытяжках использовали метод поляризационных кривых [21].

Помещая стальные образцы на три месяца в стеклянные банки с грунтом, проводили гравиметрические исследования, определяя скорость коррозии по изменению массы образцов [21]. Опыты проводили в закрытых крышками банках в лабораторном помещении и на открытой площадке, в банках без крышек на открытой площадке. Период исследований приходился на май-июль, средняя температура воздуха составляла +25 ^{0}С. Для изучения влияние влажности грунта на коррозионные разрушения стали использовали закрытые крышками стеклянные банки, продолжительность эксперимента составляла 2 недели.

Для моделирования коррозионного воздействия приморских атмосфер использовали ускоренные коррозионные испытания в 0,5 М растворе хлорида натрия (ГОСТ 9.042-75).

Для моделирования атмосфер животноводческих помещений использовали стимуляторы коррозии в концентрациях, которые были выше предельно допустимых для животноводческих помещений в три раза, CO_2 - 0,06 об. %, $C(NH_3)$ – 60 мг/м^3 и $C(H_2S)$ – 30 мг/м^3. Изучали коррозионные изменения на углеродистой стали Ст3, меди М1, латуни Л62 в присутствии стимуляторов коррозии и ЛИК. Методики работы с ЛИК описаны в [16-20].

Результаты и обсуждение. Известно, что большими скоростями коррозии отличаются области морского климата, которые характеризуются повышенным содержанием хлорида натрия в атмосфере. В таблице 1 приведены результаты стандартных исследований некоторых консервационных материалов в 0,5 М растворе NaCl (14 суток). Как следует из полученных результатов высокую защитную эффективность, превышающую 90 %, в таких условиях показывают консервационные масла Маякор, Кормин, Мобиин-4, масла И-20А и отработанное М-10 Г2(к), ингибированные 15 масс. % Мобиин-3.

Более длительными исследованиями (до 160 суток) показана (таблица 2) перспективность использования для таких целей доступных на селе отстоев растительных масел: подсолнечного (ОПМ) и рапсового (ОРМ), а также продуктов очистки отработанного моторного масла (ПООМ) [22]. Скорость коррозии (К) под их пленками на стали Ст3 оказалась незначительной, а защитная эффективность составила Z = 89-100 % (таблица 2).

Влияние типа почвы на коррозию стали Ст3 изучали на примере чернозема обыкновенного (ЧО), чернозема выщелоченного (ЧЩ), темно-каштановой (ТК) почвы, взятых на территории Тамбовской области. Значение pH в почвенных вытяжках исследуемых грунтов составили: 7.2 для ЧО, 5,9 – для ЧЩ; 6.7 – для ТК. При этом были получены следующие значения скоростей коррозии (К) по данным поляризационных кривых, г/м^{2}час: 0,064 – для ЧО; 0,073 – для ЧЩ; 0,065 – для ТК. Таким образом, почвенные вытяжки чернозема выщелоченного характеризуются самой

высокой скоростью коррозии при самом низком значении pH. Можно предположить, что вторичные продукты коррозии при более низких pH (в более кислой среде) обладают большей растворимостью, благодаря чему происходит дополнительная катодная деполяризация ионами водорода.

Таблица 1 – Защитная эффективность некоторых ингибированных материалов в 0,5 М растворе NaCl

Консервационный материал	Z, %	Консервационный материал	Z, %
Маякор	99	Мобиин-4	92
Кормин	98	СВВЗ серии «Герон»	80-100
М10Г2(к)	28	М10Г2(к)	35
+5 масс. % КО-СЖК	42	+5 масс.% Мобиин-3	45
+10 масс. % КО-СЖК	63	+10 масс.% Мобиин-3	68
+15 масс. % КО-СЖК	75	+15 масс.% Мобиин-3	78
ММО	57	ММО	56
+5 масс. % КО-СЖК	76	+5 масс.% Мобиин-3	80
+10 масс. % КО-СЖК	89	+10 масс.% Мобиин-3	90
+15 масс. % КО-СЖК	90	+15 масс.% Мобиин-3	90
ТКп	28	ТКп	32
+5 масс. % КО-СЖК	45	+5 масс.% Мобиин-3	51
+10 масс. % КО-СЖК	50	+10 масс.% Мобиин-3	85
+15 масс. % КО-СЖК	65	+15 масс.% Мобиин-3	89
И-20А	41	И-20А	41
+5 масс.% КО-СЖК	52	+5 масс.% Мобиин-3	53
+10 масс.% КО-СЖК	68	+10 масс.% Мобиин-3	80
+15 масс.% КО-СЖК	72	+15 масс.% Мобиин-3	92

Таблица 2 – Защитная эффективность некоторых отходов в 0,5 М растворе NaCl

№ пп	Консервационный материал	Время выдержки в 0,5 М растворе NaCl, сутки									
		30		60		90		120		160	
		$K \cdot 10^3$, г/м²ч	Z, %	$K \cdot 10^3$, г/м²ч	Z, %	$K \cdot 10^3$, г/м²ч	Z, %	$K \cdot 10^3$, г/м²ч	Z, %	$K \cdot 10^3$, г/м²ч	Z, %
1	ОПМ/ОРМ	0/0	100/100	0/0	100/100	0/0	100/100	1,0/1,5	98/97	6/6,6	90/89
3	ПООМ	1,8	90	2,5	89	4,4	88	1,0	98	6,6	89
4	Контроль	18		23		37		50		60	
Примечания - Температура нанесения пленки 20°С. Толщина покрытия – 120 мкм.											

В отсутствии влаги на стальных пластинах в высушенных грунтах (в закрытых банках) в течении трех месяцев коррозия не начиналась (К ~ 0 г/м²·ч), в отличие от образцов в банках без крышек на открытых площадках (таблица 3). Наиболее сильно сталь корродирует в ЧЩ и ЧО с добавкой аммиачной селитры и азофоски.

Таблица 3 – Влияние добавок удобрений на коррозию стали Ст3 в высушенных грунты при испытаниях в открытых банках на открытой площадке

№ п/п	Грунт	Минеральное удобрение (1 об. %)	Скорость коррозии К, г/м²час	
			14 суток	45 суток
1	ТК	без удобрения	0,0021	0,0024
2	ЧЩ	без удобрения	0,0023	0,0042
3	ЧО	без удобрения	0,0015	0,0023
4	ЧО	азофоска	0,0023	0,0045
		карбамид	0,0018	0,0023
		аммиачная селитра	0,0023	0,0042

Как показали гравиметрические исследования, в насыщенных растворах минеральных удобрений скорость коррозии стали выше на порядок, чем в гранулированных. Наиболее агрессивна из исследованных удобрений, как в твердом, так и в жидком виде, аммиачная селитра, К= 0,023 г/м^2·ч и 0,240 г/м^2·ч, соответственно. Наименее агрессивен – карбамид.

При экспериментальных исследованиях было обнаружена интересная особенность. Вместо ожидаемого увеличения скорости коррозии с увеличением увлажнения грунта, наблюдалась обратная тенденция. Так, при увлажнении грунта дистиллированной водой до 25 % скорость коррозии составила К = 0,0035 – 0,0041 г/м^{2}ч, а при 50 % К = 0,0019 – 0,0024 г/м^{2}ч. Вероятно, такое явление вызвано затруднением катодного процесса в силу осложнения аэрации грунта, насыщенного влагой. Аналогичную картину наблюдали при замене дистиллированной воды растворами минеральных удобрений. Ожидаемо, наибольшую скорость коррозии наблюдали в почвах, увлажненных растворами аммиачной селитры (таблица 4). В почвах, увлажненных растворами суперфосфата, мочевины и аммиачной селитры коррозионные процессы протекают более равномерно, чем в увлажненных азофоской. В последнем случае протекает питтинговая коррозия.

Таблица 4 – Влияние увлажнения грунта до 25/ 50 % растворами минеральных удобрений (1мг/1 л воды) на скорость коррозии стали Ст3

Грунт	Скорость коррозии стали Ст3 в грунте К·10^4, г/м^{2}ч. Увлажнитель:				
	Вода	Азофоска	Аммиачная селитра	Карбамид	Суперфосфат
ЧЩ	41/24	80/60	90/50	25/25	30/25
ЧО	39/20	75/60	85/60	25/20	25/20
ТК	35/19	80/50	90/50	20/20	25/25

Стальные поверхности со следами минеральных удобрений хорошо защищают нефтяные и синтетические, в том числе и отработанные масла (ММО, ОМ-D) [22], особенно ингибированные Эмульгином (5 масс. %), водно-восковые составы (ВВС) серии Герон (ТУ 0255-001-11475232-2002) и растительные масла [22,23] (таблица 5). Лучшие результаты продемонстрировал ОПМ, который независимо от состояния поверхности (со следами или без удобрений) полностью ее защищает в течение 14 суток.

Таблица 5 – Защитная эффективность некоторых материалов по отношению к стали Ст3 со следами минеральных удобрений в 0,5 М растворе NaCl (14 суток)

№ пп	Консервационный материал	Z на стали со следами удобрений, %			
		Аммиачная селитра	Азофоска	Карбамид	Суперфосфат
1	Герон/Герон Л	91/77	92/75	86/92	89/93
2	Герон – Б/Герон ЛБ	96/81	95/82	99/91	97/78
3	Mobil-Devlac (M-D)/ O M-D	69/75	68/75	61/C	55/58
4	O M-D + 5 масс.% Эмульгина	85	83	88	92
5	М-10Г2к/ММО	71/98	70/98	75/97	76/97
6	М-10Г2к +5 масс.% Эмульгина	78	77	80	82
6	ПМ/ОПМ	98/~100	98/~100	96/~100	97/~100
	Контроль*	806	668	465	518
Примечания: * - Скорость коррозии, г/м^{2}ч. С – стимулирование коррозии					

Установлено, что при относительной влажности воздуха Н = 100% наибольшая скорость общей коррозии наблюдается на стали Ст3 в отличии от меди или латуни, причем она возрастает с течением времени (таблица 6). Эта тенденция сохраняется при Н = 100% и одновременном присутствии CO_2, H_2S, NH_3 в концентрациях, в три раза превышающих предельно допустимые для животноводческих помещений.

Уменьшить скорость коррозии металлов в присутствии стимуляторов коррозии на один-два порядка позволяет использование летучих ингибиторов коррозии (ЛИК), что показано на примере использования ИФХАН-118 в таблице 6.

Таблица 6 – Изменение скорости коррозии во времени (гравиметрические исследования)

τ, час	Атмосфера Н = 100%.	Изменение скорости во времени на металлах, К, г/(м^2·ч),					
		Сталь Ст3		Латунь Л62		Медь М1	
		без ЛИК	ИФХАН-118	без ЛИК	ИФХАН-118	без ЛИК	ИФХАН-118
340	без СК	0,01200	0,00072	0,00880	0,00140	0,0039	0,0018
	CO_2+NH_3+H_2S	0,03100	0,00040	0,02700	0,01512	0,1000	0,0120
680	без СК	0,03600	0,00036	0,00140	0,00015	0,0016	0,0007
1360	без СК	0,06400	0,00064	0,00070	0,00011	0,0012	0,0005

Заключение. Таким образом, в сельскохозяйственном производстве есть много нерешенных коррозионных проблем, которые можно решить с помощью ингибиторной защиты, но в каждом конкретном случае требуется индивидуальный подход с учетом специфических условий сельскохозяйственного производства. Необходима разработка противокоррозионных материалов, доступных и эффективных в сельскохозяйственном производстве, при соблюдении принципа адекватности стоимости защиты и коррозионной агрессивности среды.

Список литературы

1. Loto C.A., Popoola A.P.I. Environmental surface degradation of galvanized and mild steel in cattle and poultry wastes and urea solution// Int. Journal of the Physical sciences. 2011. – Issue 6(3). – Pp. 3051-3074.

2. Защита металлов от атмосферной коррозии масляными покрытиями / В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, Н.В. Шель, Л.Г. Князева, А.Н. Зазуля – Москва: Издательство «КАРТЭК», 2014. – 232 с.

3. Романченко Н.М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии: учеб. пособие / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2016 – 188 с.

4. Петрашев А.И. Совершенствование технологических процессов и ресурсосберегающих средств консервации сельскохозяйственной техники при хранении: дис. …д-ра техн. наук: 05.20.03. / Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова / Петрашев Александр Иванович. – Тамбов, 2007. – 400 с.

5. Современный этап разработки малокомпонентных антикоррозионных консервационных материалов на масляной основе / Шель Н.В., Вигдорович В.И., Поздняков А.П., Цыганкова Л.Е. // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 1999. – Т. 42, № 1. – С. 3-13.

6. Некоторые аспекты технической политики и сырьевой базы производства ингибиторов коррозии металлов / Шель Н.В., Вигдорович В.И., Ермакова О.Н., Цыганкова Л.Е., Чивилева Л.В., Бернацкий П.Н. // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 1998. – Т. 3, № 2. – С. 114-122.

7. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин / М.М. Севернев, Н.Н. Подлекарев, В.Ш. Сохадзе, В.О. Китиков; под ред. М.М. Севернева. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 333 с.

8. Starosvetsky J., Starosvetsky D., Amon R. Identification of microbiologically influenced corrosion in industrial equipment failures // Engineering Failure analysis. – 2007. – Issue 14. – Pp.1500-1511.

9. Рязанов А.В., Вигдорович В.И., Завершинский А.Н. Биокороззия металлов. Теоретические представления, методы подавления // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2003. – Т. 8. № 5. – С. 821-837.

10. Сохраняемость и противокоррозионная защита техники в сельском хозяйстве / Черноиванов В.И., Северный А.Э, Зазуля А.Н., Прохоренков В.Д., Петрашев А.И., Вигдорович В.И., Князева Л.Г. – М: ГНУ ГОСНИТИ, 2009. – 240 с.

11. Makanjuola Oki and Paul. A. L. Anawe. A Review of Corrosion in Agricultural Industries // Physical Science International Journal. – 2015. – Issue 5(4). – Pp. 216-222. – DOI: 10.9734/PSIJ/2015/14847.

12. Effect of Heat Treatment on the Stress Corrosion Cracking of Alloy 690 / Casales M., Salinos Bravo V.M., Martinez Villafane A., Rodrigues G. //Journal of Materials Science and Engineering A. – 2002. – Issue. 332. – Pp. 223-230.

13. Eker B, Yuksel E. Solutions to corrosion caused by agricultural chemicals // Trakia Journal of Sciences. – 2005. – №3(7). – Pp.1-6.

14. Пек Л. Защита от коррозии оборудования животноводческих ферм методом цинкования // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2009. – №3. – С. 50-51.

15. Моделирование коррозионно-агрессивных атмосфер для оценки эффективности летучих ингибиторов / Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Шель Н.В., Шель Е.Ю., Князева Л.Г., Дорохов А.В., Урядников А.А. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2018. – Т.83, № 7. – С.42-46.

16. Влияние агрессивных атмосфер животноводства на коррозию металлов / Князева Л.Г., Дорохов А.В., Курьято Н.А., Прохоренков В.Д. // Наука в центральной России. – 2020. №1(43). – С.69-80.

17. Vigdorovich,V.I. Protection of carbon steel against atmospheric corrosion by volatile inhibitors of IFKhAN series at high concentrations of CO_2, H_2S and NH_3 / V.I. Vigdorovich, L.E. Tsygankova, N.V. Shel, L.G. Knyazeva, A.V. Dorochov, A.A. Uryadnikov// International journal of corrosion and scale inhibition. – 2018. – Vol. 7. - № 2. - Pp. 175-184.

18. Влияние летучего ингибитора ИФХАН-114 на эффективность работы ряда контактных гальванических пар металлов и скорость коррозии их составляющих в атмосфере животноводческих помещений / Вигдорович В.И., Князева Л.Г., Цыганкова Л.Е., Дорохова А.Н., Дорохов А.В., Урядников А.А. // Российская сельскохозяйственная наука. – 2018. – № 6. – С. 65-69.

19. Universality of Volatile Corrosion Inhibitors in Terms of Agricultural Production Requirements / Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Knyazeva L.G. // Russian Agricultural Sciences. – 2019. – Т. 45. – № 3. – С. 307-314.

20. Коррозия и защита металлов летучими ингибиторами в условиях животноводческих помещений (монография)/В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, Л.Г. Князева и др. – Тамбов: Изд-во Першина Р.В. – 2019. – 185 с.

21. О защите от бактериальной коррозии резервуаров для временного хранения нефтепродуктов в АПК / Зеленцова В.А., Белоглазов С.М., Князева Л.Г., Корнев А.Ю. // Наука в центральной России. – 2021. – №2. – С. 83-94.

22. Князева Л.Г. Научные основы создания антикоррозионных консервационных материалов на базе отработавших нефтяных масел и растительного сырья: диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук / ГОУВПО «Тамбовский государственный технический университет». – Тамбов, 2012.

23. Технология консервации аграрной техники водно-восковым составом «Герон» / Петрашев А.И., Князева Л.Г., Прохоренков В.Д., Клепиков В.В. // Наука в центральной России. – 2013. – №1. – С. 53-56.

References

1. Loto C.A., Popoola A.P.I. Environmental surface degradation of galvanized and mild steel in cattle and poultry wastes and urea solution// Int. Journal of the Physical sciences. 2011. – Issue 6(3). – Pp. 3051-3074.

2. Zashchita metallov ot atmosfernoj korrozii maslyanymi pokrytiyami / V.I. Vigdorovich, L.E. Cygankova, N.V. SHel', L.G. Knyazeva, A.N. Zazulya – Moskva: Izdatel'stvo «KARTEK», 2014. –232 s.

3. Romanchenko N.M. Zashchita sel'skohozyajstvennoj tekhniki ot korrozii: ucheb. posobie / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. – Krasnoyarsk, 2016 – 188 s.

4. Petrashev A.I. Sovershenstvovanie tekhnologicheskih processov i resursosberegayushchih sredstv konservacii sel'skohozyajstvennoj tekhniki pri hranenii: dis. …d-ra tekhn. nauk: 05.20.03. / Saratovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. N.I. Vavilova / Petrashev Aleksandr Ivanovich. – Tambov, 2007. – 400 s.

5. Sovremennyj etap razrabotki malokomponentnyh antikorrozionnyh konservacionnyh materialov na maslyanoj osnove / SHel' N.V., Vigdorovich V.I., Pozdnyakov A.P., Cygankova L.E. // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya: Himiya i himicheskaya tekhnologiya. – 1999. – T. 42, № 1. – S. 3-13.

6. Nekotorye aspekty tekhnicheskoj politiki i syr'evoj bazy proizvodstva ingibitorov korrozii metallov / SHel' N.V., Vigdorovich V.I., Ermakova O.N., Cygankova L.E., CHivileva L.V., Bernackij P.N. // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 1998. – T. 3, № 2. – S. 114-122.

7. Iznos i korroziya sel'skohozyajstvennyh mashin / M.M. Severnev, N.N. Podlekarev, V.SH. Sohadze, V.O. Kitikov; pod red. M.M. Severneva. – Minsk: Belarus. navuka, 2011. – 333 s.

8. Starosvetsky J., Starosvetsky D., Amon R. Identification of microbiologically influenced corrosion in industrial equipment failures // Engineering Failure analysis. – 2007. – Issue 14. – Pp.1500-1511.

9. Ryazanov A.V., Vigdorovich V.I., Zavershinskij A.N. Biokorozziya metallov. Teoreticheskie predstavleniya, metody podavleniya // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2003. – T. 8. № 5. – S. 821-837.

10. Sohranyaemost' i protivokorrozionnaya zashchita tekhniki v sel'skom hozyajstve / CHernoivanov V.I., Severnyj A.E, Zazulya A.N., Prohorenkov V.D., Petrashev A.I., Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G. – M: GNU GOSNITI, 2009. – 240 s.

11. Makanjuola Oki and Paul. A. L. Anawe. A Review of Corrosion in Agricultural Industries // Physical Science International Journal. – 2015. – Issue 5(4). – Pp. 216-222. – DOI: 10.9734/PSIJ/2015/14847.

12. Effect of Heat Treatment on the Stress Corrosion Cracking of Alloy 690 / Casales M., Salinos Bravo V.M., Martinez Villafane A., Rodrigues G. //Journal of Materials Science and Engineering A. – 2002. – Issue. 332. – Pp. 223-230.

13. Eker B, Yuksel E. Solutions to corrosion caused by agricultural chemicals // Trakia Journal of Sciences. – 2005. – №3(7). – Pp.1-6.

14. Pek L. Zashchita ot korrozii oborudovaniya zhivotnovodcheskih ferm metodom cinkovaniya // Vestnik FGOU VPO MGAU. – 2009. – №3. – S. 50-51.

15. Modelirovanie korrozionno-agressivnyh atmosfer dlya ocenki effektivnosti letuchih ingibitorov / Vigdorovich V.I., Cygankova L.E., SHel' N.V., SHel' E.YU., Knyazeva L.G., Dorohov A.V., Uryadnikov A.A. // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. – 2018. – T.83, № 7. – S.42-46.

16. Vliyanie agressivnyh atmosfer zhivotnovodstva na korroziyu metallov / Knyazeva L.G., Dorohov A.V., Kur'yato N.A., Prohorenkov V.D. // Nauka v central'noj Rossii. – 2020. №1(43). – S.69-80.

17. Vigdorovich, V.I. Protection of carbon steel against atmospheric corrosion by volatile inhibitors of IFKhAN series at high concentrations of CO2, H2S and NH3 / V.I. Vigdorovich, L.E. Tsygankova, N.V. Shel, L.G. Knyazeva, A.V. Dorochov, A.A. Uryadnikov// International journal of corrosion and scale inhibition. – 2018. – Vol. 7. - № 2. - Rr. 175-184.

18. Vliyanie letuchego ingibitora IFHAN-114 na effektivnost' raboty ryada kontaktnyh gal'vanicheskih par metallov i skorost' korrozii ih sostavlyayushchih v atmosfere zhivotnovodcheskih pomeshchenij / Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Cygankova L.E., Dorohova A.N., Dorohov A.V., Uryadnikov A.A. // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. – 2018. – № 6. – S. 65-69.

19. Universality of Volatile Corrosion Inhibitors in Terms of Agricultural Production Requirements / Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Knyazeva L.G. // Russian Agricultural Sciences. – 2019. – T. 45. – № 3. – S. 307-314.

20. Korroziya i zashchita metallov letuchimi ingibitorami v usloviyah zhivotnovodcheskih pomeshchenij (monografiya)/V.I. Vigdorovich, L.E. Cygankova, L.G. Knyazeva i dr. – Tambov: Izd-vo Pershina R.V. – 2019. – 185 s.

21. O zashchite ot bakterial'noj korrozii rezervuarov dlya vremennogo hraneniya nefteproduktov v APK / Zelencova V.A., Beloglazov S.M., Knyazeva L.G., Kornev A.YU. // Nauka v central'noj Rossii. – 2021. – №2. – S. 83-94.

22. Knyazeva L.G. Nauchnye osnovy sozdaniya antikorrozionnyh konservacionnyh materialov na baze otrabotavshih neftyanyh masel i rastitel'nogo syr'ya: dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora himicheskih nauk / GOUVPO «Tambovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet». – Tambov, 2012.

23. Tekhnologiya konservacii agrarnoj tekhniki vodno-voskovym sostavom «Geron» / Petrashev A.I., Knyazeva L.G., Prohorenkov V.D., Klepikov V.V. // Nauka v central'noj Rossii. – 2013. – №1. – S. 53-56.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Князева Лариса Геннадьевна – доктор химических наук, доцент, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: Knyazeva27@mail.ru.

Дорохов Андрей Валерьевич – младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: dorokhov.andryusha@mail.ru.

Курьято Николай Алексеевич – лаборант-исследователь Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: cskasparta@yandex.ru.

Author credentials

Affiliations

Knyazeva Larisa – Full Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: Knyazeva27@mail.ru.

Dorokhov Andrey – Junior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: dorokhov.andryusha@mail.ru.

Kuryato Nikolay– Research laboratory assistant of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: cskasparta@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 03.09.2021 Принята к публикации (Accepted): 19.10.2021

УДК 662.75
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-5-90-95

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ТРАКТОРА НА СМЕСЕВОМ ТОПЛИВЕ С ВСТРОЕННЫМ МОДУЛЬНЫМ СМЕСИТЕЛЕМ

[1]Мещеряков Александр Геннадьевич
[1]Нагорнов Станислав Александрович
[1]Мещерякова Юлия Владимировна

[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. *Одно из направлений в сельскохозяйственной отрасли является улучшение качества дизельного топлива. Для этого использовали биодизельное топливо в качестве добавки к товарному дизельному топливу. Биодизельное топливо синтезировали в лабораторных условиях по реакции переэтерификации из растительных масел и одноатомных спиртов, а смесевое топливо получали непосредственно на тракторе. Для этого в топливную систему трактора ЮМЗ-6Л встраивали модульный смеситель. За счет своей конструкции в модульном смесителе происходит не только смешивание дизельного и биодизельного топлив, но и многофакторное воздействие на обрабатываемое смесевое топливо (кинематическое, кавитационное, ультразвуковое) в результате чего улучшается качество конечного топлива. В проведении эксперимента участвовали трактора ЮМЗ-6Л с установленным модульным смесителем в*