

УДК 541.138:541.18

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИКАТОРОВ РЖАВЧИНЫ КАК МЕТОДА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ КОРРОЗИИ НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

© Д.В. Балыбин, А.А. Костякова, Е.Д. Попова, Н.М. Кудрявцева

Ключевые слова: преобразователь; коррозия; лакокрасочные покрытия; грунт-модификатор; металлические изделия; фосфатирование.

Описаны история открытия, классификация и области применения преобразователей ржавчины и их аналогов. Они являются универсальным средством защиты металлоизделий в промышленных условиях от атмосферной коррозии. При их использовании нет необходимости удалять продукты коррозии с поверхности металла. Преобразователи ржавчины на поверхности металла вступают в реакцию с продуктами коррозии, образуя пленку из нерастворимых соединений, которая защищает металлические изделия от коррозии и является хорошей основой под нанесение лакокрасочных материалов.

ВВЕДЕНИЕ

Россия в настоящее время занимает 5-е место по производству стали, уступая Китаю, Японии, США и Индии [1]. Только за 2012 г. в нашей стране было произведено 70,6 млн т стали, которая нуждается в обработке и защите от коррозии. На данный момент самым распространенным методом удаления продуктов коррозии с поверхности стальных заготовок является кислотное травление, которое имеет существенные недостатки: вместе с удалением продуктов коррозии растворяется часть поверхности металла; образуются кислотные туманы; появляется необходимость в утилизации сточных вод, которые образуются в результате промывки металлических заготовок после кислотного травления.

Но не стоит забывать об альтернативном способе обработки прокорродировавшей поверхности металлоконструкций – это использование преобразователей ржавчины.

Преобразователи ржавчины – это средства, позволяющие подготовить поверхность изделий из черного металла под окрашивание (и даже склеивание) без предварительного тщательного удаления продуктов коррозии.

В зарубежных странах они появились в 40-х годах прошлого века. И уже менее чем через 20 лет преобразователи ржавчины начали создаваться и производиться в России. Первое авторское свидетельство на преобразователи было выдано в 1960 г. Н.А. Назаровой [2]. В 1963 г. В.А. Войтович создал новый состав преобразователей ржавчины [3], не останавливаясь на достигнутом, в 1966 г. им были получены авторские права на еще один состав преобразователя [4].

Становление преобразователей ржавчины (ПР) средствами защиты металлоконструкций от коррозии имело долгий и нелегкий путь, сталкиваясь с трудностями на этом пути. Многие лакокрасочники-«классики» отказывались от их использования, из-за этого преобразователи ржавчины использовались в

небольших количествах и порой даже нелегально, но борьба за их применение не прекращалась, и до 1990 г. было опубликовано около 500 статей с их использованием и положительными результатами, также проведено четыре всесоюзных конференции, создано более 20 разных составов и назначений ПР [2–16]. Это помогло доказать и обосновать их использование для защиты металлических изделий, позволяющих снизить трудоемкость окрасочных работ, а также повысить защитные свойства лакокрасочных покрытий, образовавшихся на поверхностях, обработанных преобразователями, что являлось немаловажным.

Одной из значимых причин, которая поспособствовала росту производства и увеличению объемов применения ПР, стал переход на более тонкие металлические изделия и конструкции, которые уже было трудно обрабатывать механически, т. к. механическая очистка вела к их ослаблению [5, 16]. Но использование преобразователей ржавчины позволяло не уменьшать толщину изделий, а, напротив, повышало их прочность, как показали многие результаты исследований. И уже к 80-м годам ПР имели большой ассортимент и стали многотонажной группой специальных средств для обработки прокорродировавшей поверхности на изделиях самого разнообразного назначения, их включили во многие ГОСТы, ОСТы, инструкции, рекомендации и руководства [6–9, 17–19]. Преобразователями ржавчины были обработаны уникальные изделия, такие как первый советский супертанкер, крупнейшие сооружения из металлоконструкций, высотные трубы и т. д.

При Госкомитете по науке и технике СССР образовался научно-технический совет по проблемам защиты от коррозии, где была сформирована группа, в обязанности которой входила проверка свойств предлагаемых ПР, ими были разработаны «Рекомендации по применению преобразователей (модификаторов) ржавчины при защите металлических поверхностей комплексными лакокрасочными покрытиями» [9], в них была предложена возможность употребления термина «модификатор» вместо «преобразователь» ржавчины.

После распада Советского Союза прекратилось производство преобразователей ржавчины. Но этап застоя производства модификаторов прошел, и уже ближе к 2000 г. наступила «новая волна» производства, разработки и использования модификаторов, которые постоянно стараются усовершенствовать [20–25]. На данный момент в России производится более 30 видов ПР.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Все виды преобразователей ржавчины можно разделить на четыре класса (табл. 1).

1. ПР-пропитки с ингибирующим эффектом. Фактически их можно отнести к традиционным лакокрасочным материалам [26–33], в состав которых входят один или несколько ингибиторов коррозии, а также в их рецептуре могут содержаться поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые способствуют повышению пенетрации (проникновению) в продукты коррозии. Это наиболее многочисленная группа в настоящее время. Стоит отметить, что данный класс модификаторов постоянно пополняется новыми представителями.

2. Стабилизаторы продуктов коррозии. Данными веществами являются гало- и эларгодубильные кислоты растительного происхождения, такие как танин, дерматол и ксероформ, а также модифицированные лигнины и другие аналогичные по химическому строению молекул вещества.

3. Преобразователи ржавчины. Они представляют собой смесь веществ, при действии которых продукты коррозии становятся инертными по отношению к коррозии и стабильными во времени веществами. Основным компонентом данного класса преобразователей является ортофосфорная (фосфорная) кислота, т. к. ее соли с железом могут пассивировать черный металл; также она легкодоступна, недорога, нетоксична и удобна в обращении. Начиная с 1906 г. фосфорную кислоту стали использовать для защиты металлических изделий от коррозии, а метод обработки получил название «фосфатирование». При использовании данного метода в растворе и на поверхности изделия протекают следующие реакции:

а) диссоциация дигидрофосфатов и Fe с образованием ионов Fe^{2+} , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} , H^+ ;

б) катодное восстановление ионов гидроксония до водорода;

в) анодное растворение: $\text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$;

г) взаимодействие катионов Fe^{2+} и Mn^{2+} с анионами HPO_4^{2-} и PO_4^{3-} с образованием нерастворимых соединений FeHPO_4 , $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$.

4. Грунтовки-преобразователи ржавчины. Их главная особенность заключается в том, что они являются водными системами, так же как и ПР. В составе их, помимо пленкообразователей (водных растворов или эмульсий полимера), присутствует фосфорная кислота и те же компоненты, что в модификаторах.

В конце 1980-х гг. основными компонентами ПР являлись фосфорная кислота и желтая кровяная соль, которые описаны в работах Н.А. Назаровой [2] и В.А. Войтовича [3–4], но со временем составы модификаторов меняются [20–25], в них начинают вводить помимо фосфорной кислоты такие компоненты, как фурфуроловый спирт, модифицированные лигнины, азотнокислый натрий, танин и др.

Таблица 1

Классификация преобразователей ржавчины

Класс преобразователей	Особенности	Примеры
ПР-пропитки с ингибирующим эффектом	Состав такой же, как и у лакокрасочных материалов, но с добавлением ингибиторов коррозии	ЭП-0190 ЭП-0191 «Гремируст» «Декор»
Стабилизаторы продуктов коррозии	В их состав входят гало- и эларгодубильные кислоты (танин, дерматол, ксероформ), модифицированные лигнины	ИФХАН-58ПР
Преобразователи ржавчины	Основной компонент – фосфорная кислота	ИМР-007 (таниновый) ПР-1 ПРЛ-2 КОРМУТАН МЕТАС ФЕРАН
Грунт-преобразователь ржавчины	Представляют собой водную систему, в состав которой помимо пленкообразователя входит фосфорная кислота	ВД-ВА-01 ГИСИ ВД-ВА-0112 ВД-КЧ-0184

Для оценки эффективности ГОСТом 30662-99 [34] установлены два вида испытаний, которые должны пройти новые составы модификаторов ржавчины для сертификации, определения эффективности и определения степени универсальности одного ПР по отношению к различным лакокрасочным материалам:

1) имитационный – для оценки защитных свойств лакокрасочных покрытий с ПР в условиях, имитирующих условия эксплуатации покрытий в разных средах;

2) электрохимический – для сравнительной экспресс-оценки защитных свойств лакокрасочных покрытий с ПР.

Перечисленные методы позволяют определить, при каких условиях модификатор ржавчины будет максимально защищать поверхность от коррозии, какой необходим слой ржавчины на поверхности и нужен ли он вообще, с какими лакокрасочными покрытиями ПР будет проявлять максимальную адгезию, какой слой необходимо нанести на поверхность – все это необходимо знать при использовании преобразователей ржавчины. В табл. 2 приведены примеры назначения некоторых марок преобразователей ржавчины и состояния поверхности для их нанесения.

Как видно из табл. 2, модификаторы ржавчины имеют широкую область применения – начиная от крупных металлургических производств вплоть до их использования в быту.

Быстрый рост их производства и большой ассортимент являются движущей силой для создания все новых более усовершенствованных составов, стремящихся

Таблица 2

Состояние поверхности перед нанесением модификаторов ржавчины и их назначение

Марка модификатора ржавчины	Состояние поверхности	Назначение
ИФХАН-58ПР	гладкая	Предназначен для модификации коррозии на поверхностях из черных металлов в целях подготовки ржавых стальных изделий, металлопроката, труб, арматуры к бетонированию, нанесению мастик, а также окраске
Грунтовка ЭП-0199	гладкая	Используется в системах лакокрасочных химически стойких покрытий, а также для обработки металлических поверхностей, подвергающихся воздействию паров, газов, щелочей и кислот. Предназначен для долговременной защиты корпусов и днищ автомобилей, лодок, крыш, трубопроводов, батарей отопления, оград и т. д.
Армасил (бескислотный ПР)	гладкая	Предназначен для модификации коррозии на поверхности черного металла перед бетонированием или нанесением лакокрасочных материалов
Грунт-ПР PROTIFER	гладкая	Специальная полимерная грунтовка, которая при нанесении на ржавчину преобразовывает ее в инертный сине-черный металлоорганический состав, обладающий высокой адгезией к металлу. Способен проникать в самые мелкие трещины и поры, покрывая поверхность защитной пленкой, которая является превосходным основанием для последующего окрашивания
Фосфомет (пропитка)	гладкая	Предназначен для защиты металлических изделий (главным образом углеродистых и низкоуглеродистых сталей и чугуна) от коррозии путем преобразования ржавчины в защитную фосфатную пленку (холодное фосфатирование), образуя химически связанный слой нерастворимых фосфорнокислых солей железа, цинка и марганца
Нейтральный ПР КАРТЭК-ПР-03	гладкая	Предназначен для обработки ржавых стальных изделий перед временной консервацией при хранении в помещениях и под навесом при отсутствии прямого попадания влаги и перед окраской ржавых поверхностей стальных изделий, нанесением мастик, заливкой бетоном и др.

к универсальности в применении. Переход от кислотного травления к модификаторам ржавчины позволит уменьшить затраты на использование водных ресурсов, что является немаловажным преимуществом преобразователей.

В ГОСТе 9.032-74 [35] приведены общие требования ко всем лакокрасочным покрытиям, но стоит выдвинуть отдельные критерии оценки эффективности использования модификаторов ржавчины. В своей статье С.И. Торопыгин и М.С. Медведев [20] предлагают несколько условий для максимального и качественного использования ПР:

- 1) полнота и скорость протекания реакций преобразования продуктов коррозии;
- 2) удельный расход исходных компонентов при их взаимодействии с железом и его окислами;
- 3) совместимость пленкообразующего с кислотным компонентом;
- 4) соответствие скоростей преобразования ржавчины и отверждения пленкообразующего компонента;
- 5) связывание остатков непрореагировавших кислот и кислых солей пленкообразующим компонентом;
- 6) стабильность свойств кислотного и других компонентов.

Выше перечислены требования, относящиеся только к составу модификатора, но не стоит забывать о пленке, которую он образует на поверхности металла. Поэтому к данным критериям оценки нужно добавить

еще несколько пунктов, касающихся свойств пленки и условий эксплуатации [37–47]:

- 1) высокая адгезия ПР к поверхности при долгосрочном использовании;
- 2) устойчивость пленки к внешним факторам;
- 3) сродство образовавшейся пленки с другими лакокрасочными покрытиями, если в них есть необходимость.

Можно перечислить десятки критериев оценки эффективности модификаторов, но для каждого производства они будут индивидуальны. Все зависит от того, для какой цели будут использоваться модификаторы: где-то более жесткие требования по отношению к ним, где-то менее жесткие. Но в эффективности использования преобразователей ржавчины невозможно усомниться.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время производство ПР растет. В России они производятся на предприятиях «Общество разработчиков средств противокоррозионной защиты для топливно-энергетического комплекса страны «КАРТЭК», «Научно-производственное предприятие NOTEX», «Химзавод ЭПП», ООО «АКЗ-ЦЕНТР» и др.

Как уже было сказано ранее, создаются новые составы модификаторов, их содержимое усовершенствуется, увеличиваются направления для использования ПР. Ранее они были необходимы для подготовки окис-

ленной поверхности под окраску, сейчас же их применяют и при подготовки металлических изделий для склеивания. Примерами таких ПР являются ВАК, ВАК-А, СПРУТ-5М.

Пройдя такой долгий и сложный путь, модификаторы ржавчины становятся более распространенным и доступным средством для обработки металлоизделий. Простота их использования и широкая область применения позволяет ПР лидировать среди остальных средств и методов обработки, т. к., помимо преобразования продуктов коррозии на поверхности металла, они еще и защищают от коррозии, это ведет к тому, что в некоторых случаях ПР заменяют лаки и краски, что является немаловажным. Возможно, в скором будущем будет настоящий «бум» модификаторов ржавчины в сфере химического и металлургического производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Металлургия: тенденции и прогнозы: аналитический бюллетень. Итоги 2012 г. М., 2013. Вып. 9.
2. Назарова Н.А. Грунтовка на основе фосфорной кислоты, пигментов, связующего и растворителей. 1960. А. с. № 126972.
3. Войтович В.А. Способ защиты от коррозии изделий из черных металлов. 1963. А. с. 164373.
4. Войтович В.А., Бояринов С.И. Грунтовка – преобразователь продуктов коррозии. 1966. А. с. 205469.
5. Ханларова А.Г., Салимова С.Н., Исмаилова К.Б. Влияние преобразователей ржавчины на защитные и механические свойства ржавой стальной поверхности // Окраска по ржавчине 79: тез. докл. 3 Всесоюз. науч.-техн. семинара. Горький, 1979. С. 75-76.
6. Инструкция по антикоррозионной защите металлоконструкций с применением преобразователей ржавчины под лакокрасочные покрытия. ВСН 65-48-77. М.: Изд-во М-ва пром. стр-ва СССР, 1977.
7. Рекомендации по применению преобразователя ржавчины ПРЛ-СХ для защиты от коррозии металлоконструкций и оборудования животноводческих и птицеводческих ферм в период их монтажа, производственной эксплуатации и ремонта. М.: Изд-во Академии с.-х. наук СССР, 1984.
8. Руководящие указания по защите от коррозии механического оборудования и металлоконструкций гидротехнических сооружений. М.: Изд-во Центра НТИ по энергетике. Информ-энерго, 1976.
9. Рекомендации по применению преобразователей (модификаторов) ржавчины при защите металлических поверхностей комплексными лакокрасочными покрытиями. 3-е изд. Черкассы: Изд-во НИИ технико-экономических исследований, 1986.
10. Толмачев И.А., Верхотанцев В.В., Орхменко И.С. Водные грунтовки-преобразователи ржавчины. Л.: Изд-во Ленинград. дома НТП, 1970. 34 с.
11. Войтович В.А., Фаворская И.М. Опыт промышленного использования грунтовки-преобразователя ржавчины ВА-01 ГИСИ. Л.: Изд-во Ленинград. дома НТП, 1974. 32 с.
12. Форостян Ю.Н., Форостян Е.И., Протасенко Л.В. и др. // Окраска по ржавчине-79: тез. докл. 3 Всесоюз. научн.-техн. семинара. Горький, 1979. С. 82-83.
13. Белоглазов С.М., Барбады Т.А., Полюдова В.П. Грунт – модификатор ржавчины. 1980. А. с. № 780509.
14. Кузнецов М.В. Противокоррозионная защита трубопроводов и резервуаров. М., 1992.
15. Кукурс О.К. Образование и защитные свойства слоя продуктов атмосферной коррозии железа: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 1987.
16. Новиков А.Л., Северный А.Э. Защитные покрытия, увеличивающие выносливость тонколистовой стали 08 кп // Физико-химическая механика материалов. 1980. № 5. 92 с.
17. ГОСТ 9.025-74 ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей перед окраской. М., 1974.
18. ГОСТ 7409-73. Вагоны грузовые магистральных железных дорог колеи 1524. Окраска. М., 1973.
19. ОСТ 70.0001.0011-82. Защита от коррозии оборудования и металлоизделий для животноводства и кормопроизводства. М., 1982.
20. Торопыгин С.И., Медведев М.С. // Вестник КрасГАУ. 2009. № 6. С. 116-121.
21. Медведев М.С., Торопыгин С.И. Преимущества нанесения преобразователей ржавчины без удаления продуктов коррозии перед нанесением преобразователей ржавчины с их удалением // Аграрная наука на рубеже веков: тез. докл. регион. науч. конф. Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2004. С. 153-154.
22. Абзалова Д.А., Ключин Д.В., Бабаян Э.А. Разработка нового состава лагнинового преобразователя ржавчин на основе отходов Шымкентского гидролизного завода // Матер. 3 регион. студенч. науч. конф. Тараз: ТарГУ, 2005. 106 с.
23. Абзалова Д.А., Ключин Д.В., Шимелков А.В. Высокоэффективные грунтовки модификатора ржавчины на основе отходов производства // Тез. докл. 13 науч.-студенч. конф. Шымкент: МКТУ, 2005. С. 26-27.
24. Белоглазов С.М., Арабей Т.И. Грунт-преобразователь ржавчины. Патент на изобретение № 2391367. Оpubл. 10.06.2010. Бюл. № 16.
25. ТУ 2499-001-99045232. Раствор фосфатно-минеральный метастабильный.
26. Ощепкова М.Ю., Шайдунова Г.И. // Лакокрасочные материалы и их применение. 2002. № 12. С. 9-10.
27. Абзалова Д.А., Ключин Д.В., Сырманова К., Накипбекова Г. Исследование антикоррозионных свойств покрытий на основе ЭНБС ксилитана // Наука и образование Южного Казахстана. Сер. Химия, химическая технология. 2005. № 7 (47). С. 90-92.
28. Ключин Д.В., Абзалова Д.А., Ибраева Ж.Н. Защитные свойства ЭНБС ксилитана // Междунар. науч.-практ. конф. Шымкент: МКТУ, 2006. 249 с.
29. Асафонов Г.И. Повышение защитной способности лакокрасочных покрытий // Лакокрасочные материалы и их применение. 2004. № 7-8. С. 21-24.
30. Евдокимов А.В., Котельников Д.В. Испытания лакокрасочных материалов // Лакокрасочные материалы и их применение. 2002. № 9. С. 29-32.
31. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: справочник: в 2 т. / под ред. А.А. Герасименко. М., 1987. Т. 1. С. 54-70.
32. Розенфельд И.Л., Рубинштейн Ф.И. МЕТАС. Антикоррозионные грунтовки и ингибированные лакокрасочные покрытия. М.: Химия, 1980. 200 с.
33. Климин А.Б., Гладышева И.В. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии: учеб. пособие. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2008. 80 с.
34. ГОСТ 30662-99. Преобразователи ржавчины. Методы испытаний защитных свойств лакокрасочных покрытий. Введ. 01.01.03. Минск, 2003.
35. ГОСТ 9.032-74 ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения.
36. Кадек В.М., Кукурс О.К., Пурич Б.А. Защита металлов от коррозии. Рига: Авотс, 1981. 174 с.
37. Кукурс О.К., Уните А.Ю., Хонзак И. Продукты атмосферной коррозии железа и окраска по ржавчине. Рига: Зинатне, 1980. 163 с.
38. Кузнецов Ю.И. // Защита металлов. 2000. Т. 36. № 2. С. 150.
39. Кузнецов Ю.И., Исаев В.А., Олейник С.В., Степанова В.Ф. // Коррозия: материалы, защита. 2003. № 4. С. 30.
40. Улиг Г., Ревя Р. Коррозия и борьба с ней: введение в коррозионную науку и технику / пер. с англ. А.М. Сухотина [и др.]. Л., 1989. 454 с.
41. Абзалова Д.А., Ключин Д.В., Тагаев Н.С. Защита от коррозии и эксплуатация долговечных строительных конструкций и оборудования // Вузовская наука и производство. Шымкент: КазАТИК, 2005.
42. Абзалова Д.А., Ключин Д.В., Накипбекова Г. Комплексное использование отходов микробиологической промышленности Южного Казахстана // Матер. 3 регион. студенч. науч. конф. Тараз: ТарГУ, 2005. С. 109-110.
43. Лукомский Ю.Я., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии: учебник. Долгопрудный: Интеллект, 2008. 424 с.
44. Ягунова Л.К. Влияние некоторых классов органических соединений на процесс коррозии стали в нейтральной и кислой средах // Коррозия металлов и защита от коррозии с помощью органических соединений. Охрана окружающей среды: сб. науч. тр. Калининград: КГУ, 2002. С. 9-12.
45. Торопыгин С.И., Медведев М.С. Методы определения внутренних напряжений при нанесении лакокрасочных покрытий // Ресурсосберегающие технологии механизации сельского хозяйства: прил. к «Вестн. КрасГАУ». Красноярск, 2007. С. 40-41.
46. Медведев М.С., Торопыгин С.И. Восстановление противокоррозионных покрытий тонколистных конструкций сельскохозяйственных машин // Молодежь и наука в третьем тысячелетии: сб. материалов междуз. науч. фестивалю студентов, аспирантов и молодых ученых. Красноярск, 2003. С. 94-95.
47. Абзалова Д.А., Ключин Д.В., Бабаян Э.А. Рациональное использование природных ресурсов Южного Казахстана // Химия и химическая технология в XXI в. Томск: ТПУ, 2005.

Поступила в редакцию 11 июня 2014 г.

Balybin D.V., Kostyakova A.A., Popova E.D., Kudryavtseva N.M. USE OF CORROSION MODIFIER CONVERSION METHOD ON THE SURFACE CORROSION PRODUCTS METAL PRODUCTS

The history of the discovery, classification and application of rust converters and their analogues are describes. They are a universal remedy metal in industrial environments from atmos-

pheric corrosion. Their use is not necessary to remove corrosion products from the metal surface. Rust on the metal surface reacts with the products of corrosion by forming a film of the insoluble compounds, which protects the metal against corrosion and provides a good basis for applying coating materials.

Key words: converter; corrosion; coatings; rust modifier; metal products; phosphate.

Балыбин Дмитрий Викторович, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры аналитической и неорганической химии, e-mail: omen044@rambler.ru

Balybin Dmitriy Viktorovich, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Candidate of Chemistry, Associate Professor of Analytical and Inorganic Chemistry Department, e-mail: omen044@rambler.ru

Костякова Анна Алексеевна, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, студентка специальности «Химия», e-mail: anya.kostyakova2014@yandex.ru

Kostyakova Anna Alekseevna, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Student of "Chemistry" Specialty, e-mail: anya.kostyakova2014@yandex.ru

Попова Екатерина Дмитриевна, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, студентка специальности «Химия», e-mail: Katyavrach1992@mail.ru

Popova Ekaterina Dmitriyevna, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Student of "Chemistry" Specialty, e-mail: Katyavrach1992@mail.ru

Кудрявцева Наталия Михайловна, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, студентка специальности «Химия», e-mail: demetra092@yandex.ru

Kudryavtseva Nataliya Mikhailovna, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Student of "Chemistry" Specialty, e-mail: demetra092@yandex.ru