



ТРУБОПРОВОДЫ – КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА

PIPELINES – CORROSION AND PROTECTION

doi: 10.31615/j.corros.prot.2023.108.2-5

Стеклоэмалевые покрытия для защиты от коррозии оборудования и трубопроводов в нефтяных и жидкостных средах с высоким содержанием H_2S и CO_2

А.В. Рябова

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова,
РФ, 346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, д. 132

e-mail: annet20002006@yandex.ru

Аннотация. Основными формами коррозии в нефтегазовой промышленности являются углекислотная коррозия, сероводородная коррозия и эрозионная коррозия. Рассмотрены различные методы защиты трубопроводов в нефтяных и других жидких средах от коррозии. Установлено, что одним из лучших способов защиты является стеклоэмалевое покрытие, поскольку оно обладает высокой коррозионной стойкостью, обеспечивает максимальную чистоту контактирующих с ней продуктов. Особенности этого покрытия является устойчивость к кислым и щелочным средам, механическим воздействиям и термическому шоку. Были проведены испытания образцов со стеклоэмалевым покрытием в реальных условиях, а именно: исследована прочность сцепления стеклоэмалевого покрытия со стальной основой и определена химическая стойкость стеклоэмалевого покрытия на стальных образцах.

Ключевые слова: коррозия, трубопровод, ингибиторы коррозии, стеклоэмалевые покрытия.

Для цитирования: Рябова А.В. Стеклоэмалевые покрытия для защиты от коррозии оборудования и трубопроводов в нефтяных и жидкостных средах с высоким содержанием H_2S и CO_2 // Практика противокоррозионной защиты. – 2023. – Т. 28, № 2. – С. 43-51. doi: 10.31615/j.corros.prot.2023.108.2-5

Статья получена 11.05.2023, опубликована 01.06.2023.

Glass enamel coatings for transmission protection of equipment and pipelines in oil and fluid environments with a high content of H_2S and CO_2

A.V. Ryabova

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI),
132, Enlightenment st., Novocherkassk, 346428, Russian Federation

e-mail: annet20002006@yandex.ru

Abstract. The main forms of corrosion in the oil and gas industry are carbon dioxide corrosion, acid corrosion and erosive corrosion. Various methods for protecting pipelines in oil and other liquid media from corrosion are considered. It has been established that one of the best protection methods is a glass-enamel coating, since it has a high corrosion resistance and ensures maximum purity of the products that come into contact with it. The features of this coating are resistance to acidic and alkaline environments, mechanical stress and thermal shock. Samples with glass-enamel coating were tested under real conditions, namely: the adhesion strength of the glass-enamel coating to the steel base was studied and the chemical resistance of the glass-enamel coating on steel samples was determined.

Keywords: corrosion, piping, ingress inhibitors, enamel coatings.

For citation: Ryabova, A. V. (2023). Glass enamel coatings for transmission protection of equipment and pipelines in oil and fluid environments with a high content of H_2S and CO_2 *Theory and Practice of Corrosion Protection*, 28(2), 43-51. doi:10.31615/j.corros.prot.2023.108.2-5

Received May 11, 2023. Published June 01, 2023.

Введение

Коррозия металлов является самым распространенным процессом разрушения металлов и сплавов, которая приносит много убытков от 3 до 5 % валового внутреннего продукта стран с развитой промышленностью.

Коррозия представляет собой самопроизвольное разрушение металлов вследствие их химического или электрохимического взаимодействия с внешней средой [1].

Технический прогресс во многих отрас-

лях промышленности тормозится из-за нерешённости ряда коррозионных проблем. Особое значение это приобрело в промышленно развитых странах с большим металлофондом и особенно в последние годы. В этих условиях значительно возрастает удельный вес потерь, вызванных такими опасными формами коррозии, как растрескивание, межкристаллитная коррозия, пitting и др. [2].

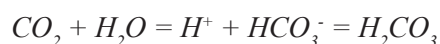
Анализ механизма коррозии позволил выявить, что является основной причиной повреждения нефтедобывающего оборудования. Этот вопрос особенно актуален для Российской Федерации, т.к. содержание углекислого газа и сероводорода в нефтяной среде большинства месторождений высоко. На нефтяных месторождениях, в системах сбора и подготовки нефти и в системе поддержания пластового давления по трубопроводам перекачивают минерализованные жидкости, обладающие высокой коррозионной активностью. Подверженность коррозии стальных труб приводит к огромным потерям металла, сокращению срока службы трубопроводов, увеличению шероховатости внутренней поверхности стенок труб, что вызывает дополнительные затраты энергии на перекачку жидкости [3].

В последние годы условия эксплуатации промысловых трубопроводов усложнились из-за резкого увеличения концентрации агрессивных пластовых вод. В результате конечный срок службы нефтепроводов и трубопроводов сократился на 3...4 года, а на некоторых участках коррозионные повреждения возникают уже через несколько месяцев после начала их эксплуатации. При этом широкий спектр условий окружающей среды в нефтегазовой отрасли требует разумного и экономичного выбора материалов и мер контроля коррозии. На поломки оборудования из-за коррозии приходится 25% всех аварий в нефтегазовой отрасли. Более половины из них связаны с H_2S - и CO_2 -содержащими рабочими жидкостями [4, 5] и присутствием кислорода в закачиваемой морской воде.

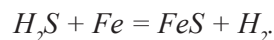
Анализ работы нефтегазовой промышленности позволил выявить, что основными формами коррозии являются углекислотная коррозия, сероводородная коррозия и эро-

зионная коррозия.

Углекислотная коррозия [6] уже много лет является признанной проблемой на объектах добычи и транспортировки нефти и газа. Сам по себе сухой газ CO_2 не вызывает коррозии при температурах, преобладающих в нефтегазовой промышленности, но он легко растворяется в воде. При растворении в воде CO_2 образует угольную кислоту – слабую по сравнению с другими неорганическими кислотами и не диссоциирующую полностью:



Другим опасным видом коррозии является сероводородная [7]. Хотя сам по себе H_2S не вызывает коррозии, он становится очень агрессивным в присутствии воды. При растворении в воде сероводород образует слабую кислоту и, следовательно, является источником ионов водорода и вызывает коррозию, продуктами которой являются сульфиды железа (FeS) и водород. Общее уравнение сероводородной коррозии можно выразить следующим образом:



При эрозионной коррозии увеличивается скорость коррозии за счет непрерывного удаления пассивного слоя продуктов коррозии со стенки трубы. Пассивный слой представляет собой тонкую пленку продукта коррозии, которая фактически служит для стабилизации и замедления скорости коррозии. В результате турбулентности и высокого напряжения сдвига этот пассивный слой может быть удален, что приведет к увеличению скорости коррозии. Эрозионная коррозия всегда возникает там, где есть режим потока с высокой турбулентностью, со значительно более высокой скоростью коррозии и зависит от скорости потока жидкости, плотности и морфологии твердых частиц, присутствующих в жидкости. Эту форму коррозии часто не замечают или приписывают износу.

Таким образом, весьма актуальной проблемой в области эксплуатации стальных трубопроводов является разработка и внедрение эффективного метода защиты металла от углекислотной, сероводородной и эрозионной коррозии [8, 9].

Анализ всех рассмотренных разработок в этой области показал, что они в основном посвящены защите трубопроводов с помощью ингибиторов, полимерных покрытий, катодной защиты и стеклоэмалевых покрытий.

Одним из наиболее эффективных способов защиты трубопроводов в нефтяных и жидкостных средах являются стеклоэмалевые покрытия, за счет которых трубопроводы обладают высокой коррозионной стойкостью, что обеспечивает максимальную чистоту контактирующих с ними продуктов, устойчивость к кислотным и щелочным средам, механическим воздействиям и термическому шоку [10].

Особый интерес представляют такие свойства этих покрытий, как повышенная коррозионная стойкость к агрессивным средам, содержащим кислород, сероводород, углекислый газ, с высокой степенью минерализации и при повышенных температурах. Эти покрытия отличаются влагостойкостью, высокой адгезией к металлу и зеркально-гладкой поверхностью. Особенностью стеклоэмалевых покрытий является то, что их удельная теплопроводность и коэффициент теплового расширения почти такие же, как у металла, и поэтому перепады температуры в трубопроводе не вызывают повреждения покрытий.

Вследствие этого целью данной работы, являлась разработка стеклоэмалевых покрытий для защиты трубопроводов в нефтяных и жидкостных средах с высоким содержанием H_2S и CO_2 .

Методики экспериментов

В качестве металлической основы были взяты образцы углеродистой стали 08сп. Предварительная обработка состоит из нескольких стадий, в том числе черного отжига, который заключался в нагревании образцов до 900 °С, выдержке 45 мин и охлаждении на воздухе. В процессе отжига происходило обезуглероживание поверхностного слоя стали, перестройка структуры стали, снятие внутренних напряжений в металле и выгорание органических загрязнений поверхности стали.

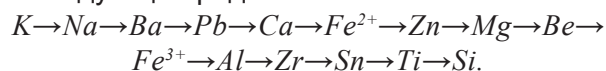
Далее проводили дробеструйную очистку поверхности образцов, так как после черного отжига вся поверхность детали покры-

та слоем окалина. Для ее удаления проводится дробеструйная очистка поверхности детали в дробеструйной камере стальной дробью под давлением 6 атм.

Анализ составов позволил выявить, что для защиты труб от H_2S - и CO_2 - коррозии должны использоваться двухслойные эмали (грунтовая и покровная). Грунтовый промежуточный слой должен обладать близким коэффициентом линейного расширения с металлом за счет того, что в составе содержится небольшое количества SiO_2 , и в данных исследованиях использовались стандартные грунты с расширенным интервалом обжига путем смешивания 3 фритт и добавки на помол 30 мас. частей молотого кварцевого песка. Так как содержание SiO_2 слишком мало, то невозможно получить высокую кислотостойкость и поэтому используют покровный слой [11].

Общим для кислотостойких эмалей является значительное содержание кремнезема (60% и выше), небольшое – борного ангидрида (при увеличении его введения более 5% стойкость к кислотам резко падает). Совместное присутствие нескольких щелочных (Na_2O , Li_2O , K_2O) и нескольких щелочно-земельных оксидов (CaO , SrO) способствует обеспечению химической стойкости эмалевых покрытий благодаря проявлению полищелочного и поликатионного эффектов.

По увеличению положительного влияния на кислотостойкость элементы располагаются в следующий ряд:



Введение в состав эмалей труднорастворимых в кислотах оксидов (TiO_2 , SnO_2 , ZrO_2) способствует снижению выщелачивания щелочных и щелочноземельных катионов при воздействии на покрытие сильных кислот. Роль фтора в кислотостойких эмалях сводится к снижению их тугоплавкости, при этом его содержание не должно превышать 4...5%.

Далее было синтезировано три состава, которые отличаются количеством оксидов, вводимых в стекло каждым сырьевым материалом с помощью компьютерной программы Excel (табл. 1).

Для синтеза покровных эмалей проводилась подготовка сырьевых материалов, таких как песок кварцевый, сода, бура, ка-

олин, селитра натриевая, кислота борная, мел, кобальта оксид, литий углекислый, калиевая селитра, стронций углекислый, концентрат циркониевый. Все компоненты просеивались и отвешивались в соответствии с заданным рецептом, смешивалась шихта, которая тщательно перемешивалась до однородности [12].

Далее проводили варку покровных фритт в алундовых тиглях в электрической камерной печи марки ТК.4.1600.Э.ДМ.1Ф с дисилицидмолибденовыми нагревателями при температуре 1250...1300 °С в течение 65...90 минут. Грануляцию покровной фритты осуществляли мокрым способом посредством выливания в воду. Помол шликера осуществляется на лабораторной валковой мельнице мокрым помолом в фарфоровом барабане с мелющими телами (шарами) в соотношении сухая смесь:шары = 1:2,5...3. Далее, для улучшения рабочих свойств, происходило старение шликера в ходе которого его выдерживали 11...49 ч. в течение которых устанавливалось равновесие между глиной и растворенными солями и продолжают процессы выщелачивания (выщелачиваются щелочи, борная кислота, а также небольшое количество SiO_2).

На стадии нанесения грунтового шликера на подготовленную поверхность стальных образцов методом пульверизации последовательно наносились, высушивались и обжигались два слоя грунта. Удельный вес

шликера составлял 1,75 г/дм³, сушка производилась в сушильном шкафу при температуре 100 °С, обжиг – в электрической камерной печи при температуре 860 °С в течение 17 мин. После остывания был проведен визуальный контроль качества грунтового покрытия.

В дальнейшем на загрунтованную поверхность стальной детали были нанесены синтезированные покровные эмали состава № 1, 2 и 3. Удельный вес шликера покровной эмали при этом составлял 1,4 г/дм³, давление сжатого воздуха при пульверизации – 2,5 атм. Сушка нанесенного покрытия производилась в сушильном шкафу при температуре 100 °С, обжиг – в электрической камерной печи при температуре 840 °С в течение 17 мин. После нанесения, сушки и обжига третьего слоя покровной эмали было проведено испытание покрытия на сплошность прибором ИДС напряжением 20000 В. Далее было нанесено и обожжено еще 6 слоев эмали до достижения толщины покрытия 1 мм, и затем была проведена дополнительная термообработка при температуре ниже температуры обжига для формирования еще более устойчивой стеклокристаллической структуры. Готовые покрытия подвергли тщательному визуальному контролю, проверке толщины покрытия магнитным толщиномером марки МТ-101 и контролю сплошности напряжением 20000 В.

Далее проводили определение прочно-

Таблица 1. Шихтовые составы

Table 1. Charge compositions

№ состава / № composition	Содержание компонентов, мас. % / The content of components, wt. %											
	SiO_2	H_3BO_3	Na_2CO_3	Li_2CO_3	$CaCO_3$	$(NH_4)_2MoO_4$	$SrCO_3$	$ZrSiO_4$	CoO	$NaNO_3$	KNO_3	TiO_2
1	67,67	3,55	13,96	12,36	3,57	-	3,96	6,78	2	6,93	4,28	-
2	67,67	3,46	13,36	12,36	3,48	0,61	3,53	6,76	2	5,4	4,29	0,48
3	67,67	3,46	17,36	13,96	3,48	1,16	3,53	6,76	2	5,4	4,29	-

сти сцепления стеклоэмалевого покрытия со стальной основой. Устройство для определения прочности сцепления конструкции ЛЭЭМ НПИ состоит из комплекта приспособлений для ступенчатой вытяжки образцов с покрытиями и собственно устройства для измерения относительной величины поверхности металла, потерявшей сцепляющий слой. Главным рабочим элементом для измерения относительной величины обнаженного металла является головка-датчик, содержащая 129 игл-зондов с пружинами. Количество игл-зондов, входящих в электрический контакт с металлической основой образца при испытании, практически пропорционально величине поверхности, лишенной покрытия со сцепляющим слоем. Каждая игла при вхождении в контакт с металлом включает в цепь соединенный с ней резистор постоянного сопротивления. Чем большая поверхность образца лишена сцепляющего слоя, тем большее количество резисторов постоянного сопротивления будет включено в электрическую цепь и, следовательно, большим будет ток в цепи, что соответствует более низкой прочности сцепления покрытия с металлом. В зависимости от силы тока находят число игл, входящих в контакт с металлом.

Прочность сцепления покрытия оценивали индексом (H , %) сцепления, т.е. относительной величиной поверхности, сохранивший сцепляющий слой:

$$H = 100 - S, \quad (1)$$

где S – отношение силы тока в цепи при наложении датчика на образец с выштампованной лункой к силе тока в цепи при наложении датчика на стандартный образец без покрытия, %.

Также было проведено определение химической стойкости стеклоэмалевого покрытия на стальных образцах в соответствии с методикой по ГОСТ 52569-2006. Для 4-х часовых испытаний изготавливались образцы из стали марки 08сп диаметром (85 ± 1) мм, толщиной $(3 \pm 0,5)$ мм. Покрытие должно быть равномерным, без пор, трещин, сколов и должно выдержать испытания на сплошность прибором ИДС напряжением 20 кВ. Эмалированные образцы с прокладками из

ТКС резины толщиной 2...3 мм помещают на торцах сосуда испытываемой поверхностью внутрь полости сосуда, закрепляют прижимными пластинами и затягивают зажимным винтом. Внутренний диаметр прокладки должен быть равным (50 ± 1) мм. В соответствии ОСТ 26-01-1255, используется пластина прижимная квадратная со срезанными фасками толщиной 5 мм (рис. 1).

Собранный прибор проверялся дистиллированной водой на герметичность, вода сливалась и заливалась 20%-ная соляная кислота объемом 450 мл. Затем сосуд плотно закрывался резиновой пробкой с холодильником и термометром и устанавливался на нагретую песчаную баню. Испытание проводилось при температуре 107 ± 1 °C в течение 4 часов. После испытания и охлаждения прибора из сосуда вынималась пробка, сливался раствор, промывался 2...3 раза дистиллированной водой и сосуд разбирался. Образцы промывались дистиллированной водой, протирались сухой тканью, затем трижды тканью, смоченной в спирте, высушивались в сушильном шкафу при температуре 115 ± 5 °C до постоянной массы и охлаждались в эксикаторе не менее 4 час. Результат вычисляли по формуле (2):

$$m = (m_1 - m_2) \cdot 10^3 / F, \quad (2)$$

где m_1 – масса образца до испытаний, г;
 m_2 – масса образца после испытаний, г;



Рис. 1. Установка для определения химической стойкости методом кипячения

Fig. 1. Installation for determining chemical resistance by boiling

F – площадь эмалированной поверхности образца, соприкасающейся с испытательным раствором, см².

За окончательный результат принимали среднее арифметическое двух параллельных определений.

Результаты и их обсуждение

Результаты определение прочности сцепления стеклоэмалевого покрытия представлены в *табл. 2*.

В результате исследования был построен график зависимости индекса сцепления от глубины лунки (*рис. 2*).

Анализируя результаты исследования, можно сделать вывод, что наивысшей прочностью сцепления со стальной основой обладает стеклоэмалевое покрытие состава № 1, которое показало наи-

больший индекс сцепления 89,6 % при глубине лунки 9 мм.

Результат определение химической стойкости стеклоэмалевого покрытия на стальных образцах приложен в *табл. 3*.

По полученным данным был построен график зависимости номера образца от потери массы (*рис. 3*).

Анализируя результаты исследования, можно сделать вывод, что наилучшей химической стойкостью к действию кислот обладает состав № 3, так как после испытания на его поверхности не обнаружено никаких признаков воздействия кислоты, что подтверждает наименьшая потеря массы, также поверхность покрытия не потеряла блеск, цвет, и никаких дефектов не обнаружено.

Таблица 2. Результаты определение прочности сцепления

Table 2. Results of determination of bond strength

№ образца / № sample	Измеренные данные / Measured data		Поверхность образца без сцепляющего слоя, S , % / Sample surface without adhesive layer, S , %	Индекс сцепления, H , % / Adhesion index, H , %
	Глубина лунки, мм / Hole depth, mm	Показания прибора, мА / Instrument readings, mA		
1	1	0	0	100
	2	0	0	100
	3	0	0	100
	4	0	0	100
	5	0	0	100
	6	3	4	96
	7	6	7,2	92,7
	8	6	7,2	92,7
	9	8	10,4	89,6
2	1	0	0	100
	2	0	0	100
	3	0	0	100
	4	6	7,2	92,7
	5	6	7,2	92,7
	6	6	7,2	92,7
	7	6	7,2	92,7
	8	27	25	75
	9	45	34,6	65,4
3	1	0	0	100
	2	0	0	100
	3	0	0	100
	4	0	0	100
	5	6	7,2	92,7
	6	12	9	91
	7	15	18	82
	8	39	32,5	67,5
	9	48	36,9	63,1

Таблица. 3. Определение химической стойкости

Table 3. Determination of chemical resistance

№ п.п. / № p.p	Состав эмале- вого покрытия / The composition of the enamel coating	Масса образца до испытаний, г / Sample weight before testing, g	Масса образца после испытаний, г / Sample weight after testing, g	Потери массы, мг/см ² / Weight loss, mg/cm ²
1	Состав 1	26,2	26,1	3,015
2	Состав 2	25,8	25,6	6,031
3	Состав 3	27,0	26,7	8,047

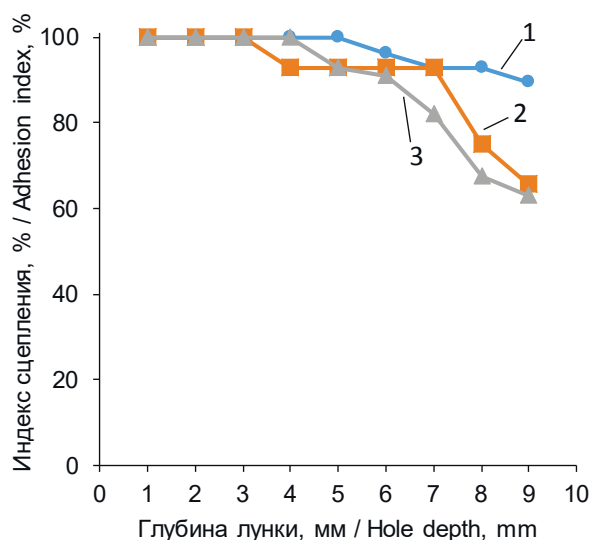


Рис. 2. График зависимости зависимости индекса сцепления от глубины лунки:

1 – образец 1 ; 2 – образец 2; 3 – образец 3

Fig. 2. Dependence graph of the dependence of the adhesion index on the depth of the hole:

1 – sample 1; 2 – sample 2; 3 – sample 3

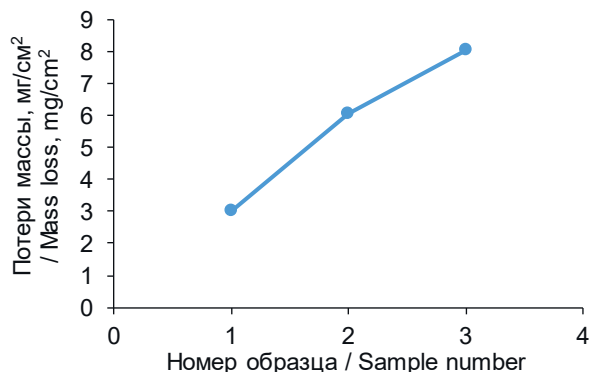


Рис. 3. График зависимости номера образца от потери массы

Fig. 3. Plot of sample number versus weight loss

Выводы

1. Были изготовлены лабораторные образцы со стеклоэмалевым покрытием для испытаний в реальных условиях.

2. Были исследованы прочности сцепления стеклоэмалевого покрытия со стальной основой. Результаты которого показали, что наилучшей прочностью сцепления обладает состав № 1, так как показал наивысший индекс сцепления 89,6 % при размере лунки в 9 мм.

3. Определена химическая стойкость стеклоэмалевого покрытия на стальных образцах. Результаты, которых показали, что наилучшей химической стойкостью к действию кислот обладает состав № 3, так как после испытания на его поверхности не обнаружено никаких признаков воздействия кислоты, что подтверждает наименьшая потеря массы, также поверхность покрытия не потеряла блеск, цвет, и никаких дефектов не обнаружено.

4. Таким образом, результаты показали, что состав 1 может использоваться для защиты химической аппаратуры и трубопроводов, которые имеют сложную конфигурацию и большое количество участков с малым радиусом кривизны, что требует повышенного сцепления в системе сталь – эмалевое покрытие. Состав 3 рекомендуется для эмалирования стальных изделий, эксплуатирующихся в агрессивных средах, особенно в средах с высоким содержанием H_2S и CO_2 .

Литература

1. Кочетов Д.М., Шапуров В.С. Коррозия оборудования нефтедобычи и проблемы промышленной безопасности // Научный журнал. – 2016. – № 4(5). – С. 22-24.

2. Савенок О.В. и др. Влияние коррозии нефтегазового оборудования и сверхнормативной кривизны скважин на продуктивность нефтедобычи // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 2. – С. 174-178.

3. Ивановский В.Н. Коррозия скважинного оборудования и способы защиты от нее // Инженерная практика. – 2011. – № 3. – С. 18-25.

4. Мавлиев А.Р. и др. Исследование антикоррозионных свойств технологических жидкостей для скважинной добычи нефти // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2011. – № 3. – С. 462-471.

5. Вигдорович В. И. и др. Универсальные ингибиторы сероводородной и углекислотной коррозии стали для нефтедобычи серии «Инкоргаз». Теоретические аспекты, практика использования, новое в подходах к оценке эффективности // Практика противокоррозионной защиты. – 2016. – № 1. – С. 26-42.

6. Моисеева Л.С. Углекислотная коррозия нефтегазопромыслового оборудования // Защита металлов. – 2005. – Т. 41. – № 1. – С. 82-90.

7. Шарафиев Р.Г. и др. Исследование механизма углекислотной коррозии сталей нефтяного назначения // Башкирский химический журнал. – 2018. – Т. 25. – № 4. – С. 105-109.

8. Хижняков В. И., Трофимова Е. В. Анализ механизма токообразования при катодной защите подземных стальных трубопроводов от коррозии // Практика противокоррозионной защиты. – 2014. – № 3. – С. 5-13.

9. Цыганкова Л. Е. и др. Структура и интегральная токсичность водных растворов ряда ингибиторов сероводородной коррозии // Практика противокоррозионной защиты. – 2014. – № 2. – С. 66-70.

10. Козлова Л.С. и др. Ингибиторы коррозии (обзор) // Авиационные материалы и технологии. – 2015. – № 2 (35). – С. 67-75.

11. Рябова А.В. и др. Влияние структуры и фазового состава стекломалевок покрытий для защиты стальных изделий от коррозии на их свойства // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2017. – № 1 (193). – С. 93-99.

12. Ryabova A.V. et al. Development of Compositions of New Enamel Coatings with Various Operational and Decorative Properties

to Protect Steel Architectural and Construction Panels // Materials Science Forum. – Trans Tech Publications Ltd, 2021. – V. 1037. – P. 684-692.

References

1. Kochetov, D. M., Shapurov, V. S. (2016). Corrosion of oil production equipment and problems of industrial safety. *Scientific journal*, (4(5)), 22-24.

2. Savenok, O. V. et al. (2019). Influence of corrosion of oil and gas equipment and excess curvature of wells on the productivity of oil production. *Bulatovskie readings*, 2, 174-178.

3. Ivanovsky, V. N. (2011). Corrosion of well equipment and methods of protection against it. *Engineering practice*, (3), 18-25.

4. Mavliev, A. R. et al. (2011). Study of anti-corrosion properties of process fluids for oil well production. *Electronic scientific journal «Oil and Gas Business»*, (3), 462-471.

5. Vigdorovich, V. I. et al. (2016). Universal inhibitors of hydrogen sulfide and carbon dioxide corrosion of steel for oil production of the Inkorgaz series. Theoretical aspects, practice of use, new approaches to assessing efficiency. *Theory and Practice of Corrosion Protection*, (1), 26-42.

6. Moiseeva, L. S. (2005). Carbon dioxide corrosion of oil and gas equipment. *Protection of metals*, 41(1), 82-90.

7. Sharafiev, R. G. et al. (2018). Study of the mechanism of carbon dioxide corrosion of steels for oil purposes. *Bashkir Chemical Journal*, 25(4), 105-109.

8. Khizhnyakov, V. I., Trofimova, E. V. (2014). Analysis of the mechanism of current generation during cathodic protection of underground steel pipelines from corrosion. *Theory and Practice of Corrosion Protection*, (3), 5-13.

9. Tsygankova, L. E. et al. (2014). Structure and integral toxicity of aqueous solutions of a number of hydrogen sulfide corrosion inhibitors. *Theory and Practice of Corrosion Protection*, (2), 66-70.

10. Kozlova, L. S. et al. (2015). Corrosion inhibitors (review). *Aviation materials and technologies*, 2(35), 67-75.

11. Ryabova, A. V. et al. (2017). Influence of the structure and composition of glass-enamel coatings to protect steel products from the impact on their properties. *Izvestiya of higher*

educational institutions. North Caucasian region. *Technical science*, (1), 93-99.

12. Ryabova, A. V. et al. (2021). Development of Compositions of New Enamel Coatings with

Various Operational and Decorative Properties to Protect Steel Architectural and Construction Panels. *Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd*, 1037, 684-692.

Информация об авторах

Рябова Анна Владимировна, к.т.н., доцент, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Российская Федерация

Information about authors

Anna V. Ryabova, Ph.D. in Technical Sciences, assistant professor, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russian Federation

Уважаемые коллеги!

Оргкомитет III Конференции «Фундаментальные и прикладные вопросы электрохимического и химико-каталитического осаждения и защиты металлов и сплавов», посвященной памяти выдающегося ученого в области электрохимии и защиты от коррозии металлов и сплавов члена-корреспондента РАН Ю.М. Полукарова, приглашает Вас и Ваших коллег принять участие в работе Конференции, которая будет проходить 28-29 ноября 2023 г. в Москве на базе Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН.

На конференции планируется работа следующих секций.

1. Фундаментальные вопросы электрохимического и химико-каталитического осаждения металлов и сплавов.
2. Прикладные вопросы электрохимического и химико-каталитического осаждения металлов и сплавов.
3. Защита металлов и обработка поверхности.
4. Современные электрохимические процессы и технологии.

Научная программа Конференции будет включать пленарные, ключевые и устные доклады. По итогам конференции будет издан Сборник тезисов. Материалы конференции также будут размещены на сайте РИНЦ (www.elibrary.ru). Кроме того, авторам докладов по решению Программного комитета будет предложена публикация расширенных материалов докладов в профильных журналах.

С более подробной информацией о Конференции Вы можете ознакомиться на официальном сайте www.polukarov.lsp.ru, где уже открыта регистрация участников.



Ю.М. Полукаров