



УДК 628.147.22

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ КОРРОЗИИ

ANALYSIS OF MODERN METHODS FOR PROTECTING OILFIELD EQUIPMENT FROM CORROSION

Поварова Лариса Валерьевна

кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры химии
Кубанский государственный технологический университет
larisa.0808@mail.ru

Мунтян Валерия Сергеевна

студентка института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
leramunya77@mail.ru

Скиба Анна Сергеевна

студентка института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
anya.ivanova.25@mail.ru

Аннотация. Наиболее серьёзным и комплексным осложнением, приводящим к существенному снижению ресурса нефтепромыслового оборудования и повышению его аварийности, является коррозия металла. Рассмотрены основные методы защиты нефтепромыслового оборудования от коррозии и их использование в нефтегазовой промышленности.

Ключевые слова: методы защиты нефтепромыслового оборудования, скорость потока, очистка нефти, вид покрытия, электрохимическая защита, ингибиторы коррозии, технологические системы.

Povarova Larisa Valeryevna

Candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor of
Chemistry Department
Kuban State Technological University
larisa.0808@mail.ru

Muntian Valeria Sergeevna

Student of Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
leramunya77@mail.ru

Skiba Anna Sergeevna

Student of Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
anya.ivanova.25@mail.ru

Annotation. The most serious and complex complication leading to a significant reduction in the resource of oilfield equipment and an increase in its accident rate is metal corrosion. The basic methods of protecting oilfield equipment from corrosion and their use in the oil and gas industry are considered.

Keywords: oilfield equipment protection methods, flow rate, oil refining, type of coating, electrochemical protection, corrosion inhibitors, technological systems.

Основные методы защиты нефтепромыслового оборудования от коррозии можно условно разделить на несколько групп, при этом для повышения эффективности антикоррозионной защиты допускается одновременное использование двух и более методов.

Первая группа методов заключается в создании рациональных конструкций оборудования и предусматривает выбор материалов, позволяющих обеспечивать его высокую коррозионную устойчивость. При этом форма узлов и деталей должна допускать их быструю очистку и смазку.

Вторая группа методов включает нанесение защитных покрытий. Защитные покрытия, как правило, представляют собой слои, искусственно создаваемые на поверхности металлических изделий и сооружений для предохранения их от коррозии. Они делятся на металлические и неметаллические. Выбор того или иного вида покрытия зависит от условий, в которых используется изделие из металла.

Способы нанесения металлических защитных слоев разнообразны, их делят на высокотемпературные и электрохимические.

К высокотемпературным методам можно, прежде всего, отнести метод погружения, который применяется для нанесения покрытий из легкоплавких металлов на более тугоплавкие. Таким образом, покрывают стальные листы оловом, цинком или свинцом. Сущность метода сводится к тому, что в расплавленный металл, из которого готовится покрытие, через слой флюса погружают стальной лист, в результате чего на его поверхности, образуется металлическое покрытие.

Другой метод – металлизация, представляет собой нанесение металлических покрытий на поверхность изделия путём распыления жидкого металла. Распыление осуществляется в дуговом, искровом или плазменном разряде.

Планкирование – заключается в нанесении плёнок из защитного металла путём совместного проката. Этот метод используется для листов, прутков и угольников. Примером может служить дюраль, планкированный алюминием, либо сталь, планкированная нержавеющей сталью.



Третья группа методов: легирование металлов, которое может быть поверхностным и объёмным. Это весьма эффективный, но дорогостоящий путь повышения их коррозионной стойкости. При легировании в состав сплава вводят компоненты, вызывающие пассивацию металла: хром, никель, вольфрам и др.

Поверхностное легирование представляет собой насыщение поверхности сплава металлом, который при высоких температурах окисляется энергичнее, образуя плотную защитную плёнку оксида. Так, легирование стали осуществляют алюминием (алитирование), хромом (хромирование) или кремнием (силицирование).

Четвёртая группа методов: изменение свойств коррозионной среды. Суть этих методов заключается в уменьшении концентрации опасных в коррозионном отношении компонентов для снижения агрессивности среды. Применение этих методов не всегда экономически оправдано, учитывая, что подавляющая часть коррозионной среды не соприкасается с оборудованием.

Также для защиты от коррозии широко применяют ингибиторы. Это вещества, которые пассивируют поверхность металлов и препятствуют развитию коррозионных процессов. Ингибиторами могут быть как неорганические, так и органические вещества. Неорганические вещества применяются редко, главным образом при травлении металлов.

Пятая группа методов: электрохимическая защита. Среди методов электрохимической защиты различают анодную, катодную и протекторную защиту.

Метод анодной (катодной) защиты основан на торможении анодных или катодных реакций коррозионного процесса. В этом случае образуется коррозионная гальваническая пара, в которой активный участок (анод) разрушается и переходит в ионное состояние, развивая при этом некоторый отрицательный потенциал. Если на защищаемое изделие извне наложить больший отрицательный потенциал, чем развивает анод, то процесс коррозии прекратится.

Метод протекторов заключается в том, что к изделию, подвергающемуся электрохимической коррозии, присоединяют деталь – протектор, изготовленную из более активного металла, чем металл изделия. В этом случае протектор (анод) будет разрушаться, а изделие (катод) не корродирует. Для изготовления протекторов большей частью используют магний и его сплавы, цинк, алюминий.

Методы борьбы с коррозией нефтепромыслового оборудования, которые в настоящее время применяют отечественные и зарубежные компании, можно условно разделить на три основные группы: химические, физические и технологические (рис. 1).

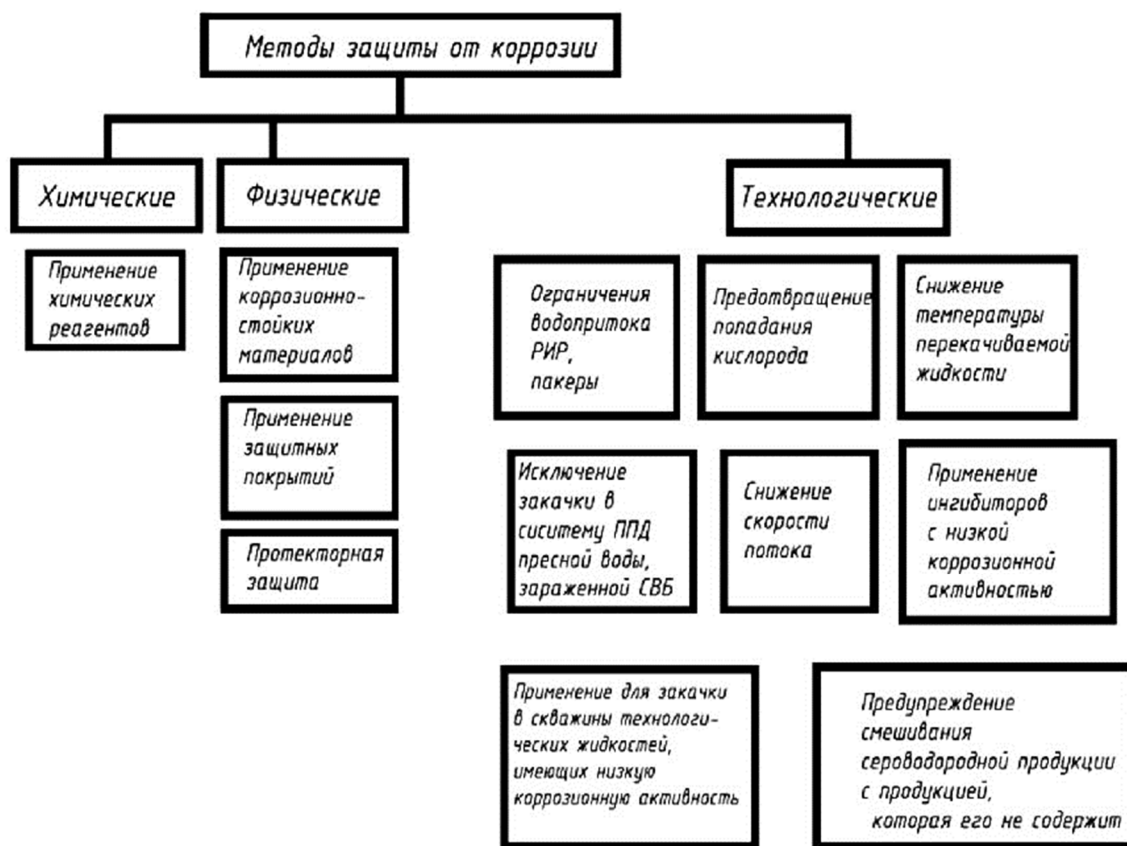


Рисунок 1 – Методы защиты от коррозии нефтедобывающего оборудования



Химические методы основаны на использовании химических реагентов, в основном ингибиторов коррозии. Физические методы подразумевают применение коррозионностойких материалов, защитных покрытий и протекторной защиты. Технологические методы защиты от коррозии предусматривают корректировку коррозионных факторов непосредственно в скважине, в том числе ограничение водопритока, предотвращение попадания кислорода, снижение скорости потока и температуры жидкости и др.

Остановимся подробнее на ингибиторах коррозии. В зависимости от механизма действия ингибиторы коррозии подразделяются на ингибиторы барьерного типа, нейтрализующие, удаляющие и прочие.

Действие ингибиторов барьерного типа основано на образовании защитных плёнок. Анодные, катодные и смешанные барьерные ингибиторы образуют на поверхности металла защитные плёнки в результате физической абсорбции. Окисляющие ингибиторы образуют оксидную плёнку, а ингибиторы, преобразующие поверхностную плёнку, – нерастворимые плёнки.

Нейтрализующие ингибиторы увеличивают pH среды, удаляющие – ликвидируют из неё агрессивные компоненты. Наконец, к группе прочих ингибиторов относятся биоциды, которые подавляют действие сульфатовосстанавливающих бактерий (СВБ).

Среди производителей ингибиторов на рынке присутствуют как зарубежные, так и отечественные компании. Из отечественных производителей можно выделить АО «Опытный завод Нефтехим», ООО «Экспериментальный завод «Нефтехим», российская группа производственно-сервисных компаний «Миррико» и ООО «ФЛЭК». Наиболее крупные производители ингибиторов среди зарубежных компаний – Nalco Chemicals, Champion Chemicals, Baker Petrolite, Cortec.

Ингибиторы подаются в скважину и пласт. Подача ингибитора в скважину возможна несколькими способами:

- дозирование в затрубное пространство с помощью устьевых дозаторов;
- дозирование в заданную точку с помощью устьевых дозаторов по капиллярной трубке;
- периодическая закачка в заданное пространство с помощью агрегатов и др.

Среди способов подачи химреагентов в пласт можно назвать следующие: задавка в пласт добывающих скважин, закачка в нагнетательные скважины через систему ППД, введение ингибитора с жидкостью глушения, подача капсулированного реагента.

К преимуществам технологии, на наш взгляд, можно отнести длительное время выноса ингибитора, а также то, что ПЗП не кольматируется вследствие отсутствия задавки ингибитора. Среди недостатков технологии можно назвать то, что ингибитор легко адсорбируется на поверхности механических примесей. При использовании капсулированного реагента необходим определённый диапазон соотношения дебита по воде к объёму зумпфа. Требуется свободный объём зумпфа для размещения капсул. Кроме того, при большом выносе механических примесей возможно засыпание зумпфа с капсулами.

Одним из наиболее распространённых физических методов является нанесение защитных покрытий, противостоящих таким коррозионным факторам, как агрессивная среда, бактерии и механический износ. Внутренние покрытия для труб в зависимости от химического состава подразделяются в основном на эпоксидные, фенольные, эпоксидно-фенольные, новолачные, нейлоновые, уретановые и полиэтиленовые.

Есть несколько специальных технологий нанесения защитных покрытий. К примеру, компания «Технологические системы защитных покрытий» (ТЗСП) применяет следующие способы нанесения: высокоскоростное, электродуговое, металлизационное, плазменное, газоплазменное напыление и плазменная наплавка. Эти технологии позволяют наносить в качестве покрытий нержавеющие сплавы на основе железа, сплавы на основе никеля, твёрдые сплавы, нержавеющие стали, монель, цинк, алюминий и их сплавы. Они обеспечивают высокую прочность сцепления покрытия с покрываемой поверхностью, но вместе с тем данные технологии сложны с точки зрения технического исполнения и весьма дорогостоящи.

В компании «Татнефть» производится несколько видов нефтепромыслового оборудования с защитным покрытием. Остановимся на них подробнее.

Во-первых, металлопластмассовые трубы (МПТ). К их преимуществам относятся стойкость к агрессивным средам, а также снижение отложения солей и АСПО, к недостаткам – высокие требования к подготовке поверхностей, низкая термостойкость, сложность нанесения на поверхность и высокая стоимость.

Во-вторых, стальные трубы с полимерной наружной изоляцией и внутренним цементно-песчаным покрытием. Их преимущества аналогичны МПТ, в качестве минусов можно назвать высокую степень зависимости прочности и долговечности покрытия от качества применяемого состава и технологии нанесения, техническую сложность нанесения на поверхность и высокую стоимость.

Третий вид изделий – стальные трубы с силикатно-эмалевым покрытием. Среди их плюсов: стойкость к агрессивным средам, способность к снижению отложений солей и АСПО, значительный диапазон температуры эксплуатации (от –60 до +350 °С), высокая стойкость к абразивному износу.

Недостатки аналогичны перечисленным для труб с полимерной наружной изоляцией и внутренним цементно-песчаным покрытием.

И, наконец, НКТ с защитным полимерным покрытием, для нанесения которого на поверхность применяется материал ПЭП-585. Они отличаются стойкостью к агрессивным средам, снижением от-



ложения солей и АСПО и гидравлических сопротивлений. Недостатки аналогичны перечисленным выше.

Ещё один физический метод для борьбы с коррозией – это применение протекторной защиты. В ряде случаев для борьбы с коррозией применяются алюминиево-магниевые протекторы для УЭЦН. Их разработчиком, в частности, выступает дочернее общество компании «ТНК-ВР». Принцип этой технологии заключается в том, что протектор поляризует сталь до безопасного потенциала, что приводит к окислению («растворению») самого протектора.

К преимуществам такого рода оборудования относится достаточно низкая стоимость и значительный срок службы (до 5 лет) при условии правильного подбора. Среди недостатков можно назвать увеличение габаритных размеров насосной установки, высокие требования к качеству подбора протектора. Так, чтобы корректно подобрать протектор, необходима достоверная и точная информация об электрохимических характеристиках защищаемого металла, свойствах среды, покрытия, форме и размерах защищаемого оборудования, температуре и скорости потока.

Примечательно, что на развитие коррозии существенное воздействие оказывает также высокая интенсивность технологических режимов работы оборудования (высокие давление, температура и скорость потока технологических сред), способствующая возникновению значительных механических напряжений в металле. Они в совокупности с высокой коррозионной агрессивностью технологических сред приводят к ускоренному коррозионно-механическому разрушению нефтепромысловых объектов.

Методы борьбы с рассмотренными осложнениями, как правило, заключаются в применении химических реагентов (ингибиторов коррозии и солеотложения, биоцидов, умягчителей, коагулянтов, флокулянтов и т.п.), которые в огромных количествах закачивают в технологические среды.

Однако присутствие данных химических соединений в технологических средах нежелательно, так как приводит к необходимости дальнейшей очистки от них нефти и нефтепродуктов, а также к образованию в ряде случаев новых веществ, ещё более усугубляющих коррозию нефтеперерабатывающего оборудования. Кроме того, вводимые в технологические среды вещества могут быть высокотоксичными и опасными для здоровья персонала, обслуживающего нефтепромысловое оборудование.

Таким образом, наиболее серьёзным и комплексным осложнением, приводящим к существенному снижению ресурса нефтепромыслового оборудования и повышению его аварийности, является коррозия металла. Это свидетельствует о необходимости дальнейших исследований с целью поиска оптимальных методов защиты от коррозии нефтедобывающего оборудования.

Литература:

1. Арутюнов А.А. Оборудование для добычи нефти / А.А. Арутюнов и др. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2014. – 182 с.
2. Булатов А.И. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин : учебное пособие для студентов вузов / А.И. Булатов и др. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
3. Булатов А.И. Асфальто-смоло-парафиновые отложения и гидратообразования: предупреждение и удаление : в 2 томах : учебное пособие / А.И. Булатов, Г.В. Кусов, О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2011. – Т. 1–2.
4. Завьялов В.В. Проблемы эксплуатационной надёжности трубопроводов на поздней стадии разработки месторождений. – М. : ВНИИОЭНГ, 2005. – 331 с.
5. Апасов Т.К. Протекторная защита от коррозии в скважинах с УЭЦН / Т.К. Апасов и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2. – С. 65–71.
6. Васильев Н.И. Внутренняя коррозия шлейфов добывающих скважин / Н.И. Васильев и др. // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 4. – С. 19–22.
7. Давлетшин Д.Ф. Подбор ингибитора коррозии для условий эксплуатации объекта Арктического шельфа / Д.Ф. Давлетшин, А.Б. Мратшин, А.В. Фаресов // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2. – Ч. 1. – С. 156–158.
8. Орлова И.О. Микроорганизмы нефтяного пласта как одна из причин внутренней коррозии нефтепромысловых коммуникаций / И.О. Орлова и др. // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 2. – С. 136–138.
9. Поварова Л.В. Экологические риски, связанные с эксплуатацией нефтяных месторождений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 2. – С. 112–122.
10. Поварова Л.В. Нормативно-техническое регулирование экологической безопасности в нефтегазовой отрасли / Л.В. Поварова, Г.В. Кусов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 4. – С. 195–216.
11. Поварова Л.В. Рациональное использование производственных сточных вод // Актуальные вопросы охраны окружающей среды: сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции (17–19 сентября 2018 года, Белгород). Секция 2. Очистка природных и сточных вод. – Белгород : Издательство Белгородского государственного технологического университета, 2018. – С. 160–167.
12. Савенок О.В. Влияние коррозии нефтегазового оборудования и сверхнормативной кривизны скважин на продуктивность нефтедобычи / О.В. Савенок и др. // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 2. – С. 174–178.
13. Сатыбалдина С.Д. Защита от коррозии нефтепромыслового оборудования / С.Д. Сатыбалдина, Г.К. Муратова // Новое слово в науке: перспективы развития. – 2014. – № 1 (1). – С. 237–238.
14. Тимирханов И.Ф. Проблема обеспечения коррозионной надёжности основных трубных конструкций райзера // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 274–276.



15. Шарифуллин А.В. Синтез и исследование защитных свойств ингибиторов коррозии на основе таллового масла и олеиновой кислоты / А.В. Шарифуллин, С.И. Васюков, К.А. Ямалтдинова // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 4. – С. 156–158.

References:

1. Arutyunov A.A. Equipment for oil extraction / A.A. Arutyunov et al. – Krasnodar : Publishing House – South, 2014. – 182 p.
2. Bulatov A.I. Ecology in the construction of oil and gas wells : textbook for university students / A.I. Bulatov et al. – Krasnodar : OOO Enlightenment-South, 2011. – 603 p.
3. Bulatov A.I. Asphalt-resin-paraffin deposits and hydrate formation: prevention and removal : in 2 vol. : training manual / A.I. Bulatov, G.V. Kusov, O.V. Savenok. Krasnodar : Publishing House – South, 2011. – Vol. 1–2.
4. Zavyalov V.V. Problems of operational reliability of pipelines at the late stage of field development. – M. : VNIYO-ENG, 2005. – 331 p.
5. Apasov T.K. Protective protection against corrosion in wells with ESP installations / T.K. Apasov et al. // Modern Problems of Science and Education. – 2015. – № 2-2. – P. 65–71.
6. Vasiliev N.I. Internal corrosion of the producing well plumes / N.I. Vasiliev et al. // Bulatovskie readings. – 2017. – Vol. 4. – P. 19–22.
7. Davletshin D.F. Selection of a corrosion inhibitor for the Arctic shelf object operation conditions / D.F. Davletshin, A.B. Mratshin, A.V. Faresov // Bulatovskie readings. – 2018. – Vol. 2. – Part 1. – P. 156–158.
8. Orlova I.O. Microorganisms of oil reservoir as one of the reasons of internal corrosion of oilfield communications / I.O. Orlova et al. // Bulatovskie readings. – 2019. – Vol. 2. – P. 136–138.
9. Povarova L.V. Ecological risks connected with the oil fields exploitation // Science. Technique. Technologies (Polytechnicheskij Vestnik). – 2018. – № 2. – P. 112–122.
10. Povarova L.V. Normative and technical regulation of an ecological safety in oil and gas industry / L.V. Povarova, G.V. Kusov // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic bulletin). – 2018. – № 4. – P. 195–216.
11. Povarova L.V. Rational use of industrial waste waters // Actual questions of environment protection: collection of reports of All-Russian scientific and technical conference (17–19 September 2018, Belgorod). Section 2. Purification of natural and waste waters. – Belgorod : Belgorod State University of Technology Publishing House, 2018. – P. 160–167.
12. Savenok O.V. Corrosion influence of the oil-and-gas equipment and super-normative well curvature on oil production productivity / O.V. Savenok et al. // Bulatovskie readings. – 2019. – Vol. 2. – P. 174–178.
13. Satybaldina S.D. Protection against oilfield equipment corrosion / S.D. Satybaldina, G.K. Muratova // New word in science: prospects of development. – 2014. – № 1 (1). – P. 237–238.
14. Timirkhanov I.F. Problem of the corrosion reliability assurance of the basic pipe structures of the raser // Bulatovskie readings. – 2017. – Vol. 2. – P. 274–276.
15. Sharifullin A.V. Synthesis and investigation of the protective properties of the tall oil and oleic acid-based corrosion inhibitors / A.V. Sharifullin, S.I. Vasyukov, K.A. Yamaltdinova // Bulatovskie readings. – 2019. – Vol. 4. – P. 156–158.