

УДК 620.19

**ОСОБЕННОСТИ КОРРОЗИИ РЕЗЕРВУАРОВ  
НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ**

**FEATURES OF OIL STORAGE TANKS CORROSION  
IN THE FAR NORTH**

**Николаева М.В., Атласов Р.А.**

**Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,  
г. Якутск, Российская Федерация**

**Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской  
академии наук, г. Якутск, Российская Федерация**

**M.V. Nikolaeva, R.A. Atlasov**

**North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk,  
Russian Federation**

**Institute of Oil and Gas Problems, Siberian Branch of the Russian  
Academy of Sciences, Yakutsk, Russian Federation**

**e-mail: mnikolaeva1990@gmail.com**

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности коррозии резервуаров, эксплуатирующихся в условиях Крайнего Севера. Стальные резервуары являются основным видом сооружения, используемого для хранения жидких углеводородов – нефти и нефтепродуктов. Установлено, что с увеличением срока эксплуатации резервуаров увеличивается интенсивность коррозионных повреждений. На интенсивность и характер коррозионных повреждений оказывают влияние различные отложения из продуктов коррозии, тяжелых компонентов нефти и солей. С наружной стороны резервуары также разрушаются под воздействием атмосферной и грунтовой коррозии. Причем кровля и наружные стенки подвергаются

атмосферной коррозии, а днище – грунтовой коррозии. На скорость протекания атмосферной коррозии при критической влажности наибольшее влияние оказывает загрязненность атмосферы.

На основании результатов исследования эксплуатируемых резервуаров на территории Якутии показано, что глубокая язвенная коррозия поражает металл уторного узла и первого пояса стенки и приводит к локальному разрушению. Ножевой коррозии подвержены границы внутреннего сварного шва и внутренней поверхности стенки.

В статье также рассмотрены основные методы борьбы с коррозией. Существуют четыре основных способа противокоррозионной защиты резервуаров: изоляционное покрытие поверхности резервуара с целью предотвращения взаимодействия с внешней коррозионной средой; применение коррозионно-стойких металлов при строительстве; снижение агрессивности коррозионной среды различными химическими реагентами; применение электрохимической защиты стальных резервуаров.

В качестве противокоррозионной защиты стальных резервуаров применяют изоляционные лакокрасочные, металлизационные и металлизационно-изоляционные покрытия.

Высокая степень износа резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов является причиной значительного количества аварий и отказов, при этом наибольшая доля приходится на результат коррозионных процессов. Для увеличения срока службы стальных резервуаров в условиях Крайнего Севера необходимо своевременно особое внимание уделять методам противокоррозионной защиты.

**Abstract.** The article discusses the features of corrosion of tanks operating in the conditions of the Far North. Steel tanks are the main type of structure used for the storage of liquid hydrocarbons – oil and oil products. It has been established that with an increase in the service life of tanks, the intensity of corrosion damage increases. The intensity and nature of corrosion damage is affected by various deposits of corrosion products, heavy components of oil and

salts. From the outside, the tanks also collapse under the influence of atmospheric and ground corrosion. Moreover, the roof and outer walls are exposed to atmospheric corrosion, and the bottom - ground corrosion. Atmospheric corrosion rate at critical humidity is most influenced by the pollution of the atmosphere.

Based on the results of a study of the exploited reservoirs in the territory of Yakutia, it was shown that deep ulcerous corrosion affects the metal of the chute and the first zone of the wall and leads to local destruction. Knife corrosion is subject to the boundaries of the inner weld and the inner surface of the wall.

The article also discusses the main methods of dealing with corrosion. There are four main ways of anticorrosive protection of tanks: insulating coating of the surface of the tank in order to prevent interaction with the external corrosive environment; the use of corrosion-resistant metals in construction; reducing the aggressiveness of the corrosive environment with various chemical reagents; the use of electrochemical protection of steel tanks.

Insulating paintwork, metallization and metalization insulating coatings are used as anticorrosive protection of steel tanks.

The high degree of wear of storage tanks for oil and oil products is the cause of a significant number of accidents and failures, with the largest share of the result of corrosion processes. In order to increase the service life of steel tanks in the conditions of the Far North, it is necessary to pay special attention to methods of corrosion protection in a timely manner.

**Ключевые слова:** резервуар, питтинговая коррозия, язвенная коррозия, скорость коррозии, Крайний Север, нефть, противокоррозионная защита

**Key words:** reservoir, pitting corrosion, peptic corrosion, corrosion rate, Far North, oil, corrosion protection

Стальные резервуары подвергаются коррозии: с внешней стороны – от воздействия грунтового электролита и атмосферы, а с внутренней – от воздействия подтоварной воды, водонефтяной эмульсии и газов, испаряющихся из нефти или попадающих из атмосферы.

Местной коррозии подвержены 47 % эксплуатирующихся резервуаров на территории Якутии, скорость коррозии составляет 0,026 мм/год [1, 2].

Установлено, что глубина коррозионных повреждений стенок резервуаров, изготовленных из стали 09Г2С и эксплуатирующихся в условиях Крайнего Севера, составляет 2-3 мм, для днища – 2-4 мм (рисунок 1, 2) [3]. При этом с увеличением срока эксплуатации резервуаров увеличивается интенсивность коррозионных повреждений.

*Внутреннее пространство резервуара* разделяется на зоны, определяемые по характеру разрушения и степени воздействия поступающей в него нефти:

- верхняя зона – находится выше линии заполнения и контактирует с газовоздушной смесью;
- средняя зона – стенки резервуара смачиваются нефтью и водонефтяной эмульсией;
- нижняя зона – проходящая по уровню подтоварной воды, выделившейся из нефти в процессе хранения.

Данные участки подвержены сплошной равномерной, неравномерной и язвенной коррозии. Питтинговой коррозии часто подвержено днище резервуара со стороны подтоварной воды.

Средняя часть резервуара практически не подвержена коррозии, поскольку эта зона исполняет роль катода по отношению к нижнему поясу и днища из-за растворенного в нефти кислорода. Наличие в нефти сероводорода и неудовлетворительное изоляционное покрытие пагубно влияют на состояние металлов – сквозные отверстия в днище появляются уже через 3-5 лет. Отсутствие в нефти диоксида углерода и сероводорода,

положительно сказывается на состоянии днища и нижнего пояса – коррозия при некачественной защите достигает 0,4–0,6 мм/год.



Рисунок 1. Зависимость глубины коррозионных повреждений стенки резервуаров от срока эксплуатации

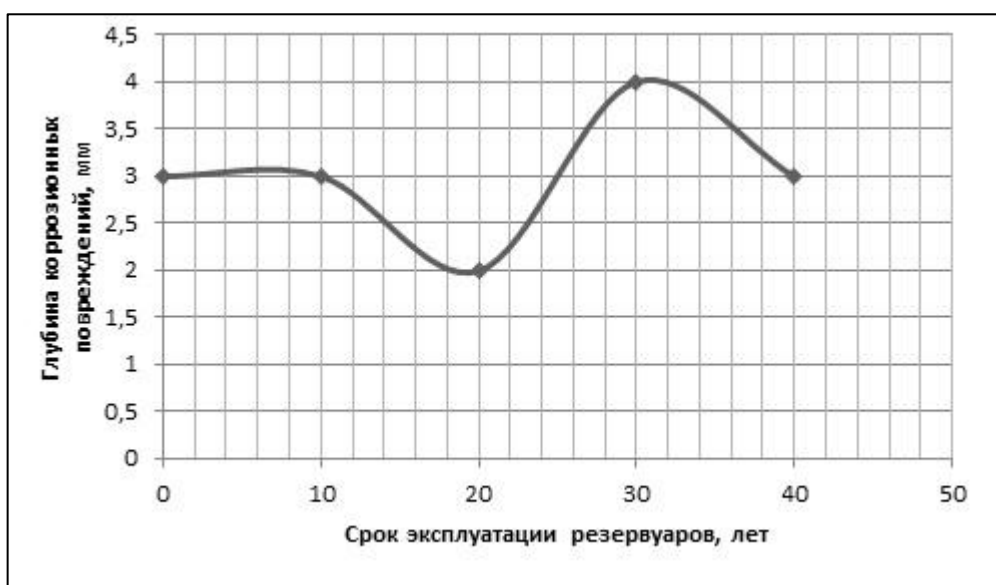


Рисунок 2. Зависимость глубины коррозионных повреждений днища резервуаров от срока эксплуатации

С наружной стороны резервуары также разрушаются под воздействием атмосферной и грунтовой коррозии. Причем кровля и наружные стенки подвергаются атмосферной коррозии, а днище – грунтовой коррозии [4].

Повреждения, нанесенные атмосферной коррозией, носят сплошной и равномерный характер. Данный вид коррозии развивается с меньшей скоростью, чем коррозия под действием подтоварной воды, влажных диоксида углерода  $\text{CO}_2$ , сероводорода  $\text{H}_2\text{S}$ . На процесс протекания атмосферной коррозии влияют такие факторы, как запыленность, состав атмосферы и его влажность.

На скорость протекания атмосферной коррозии при критической влажности и выше наибольшее влияние оказывает загрязненность атмосферы. При электрохимическом процессе коррозии в присутствии  $\text{SO}_2$ , влаги и кислорода протекают анодные реакции, в результате чего на поверхности металла образуется сульфат железа.

От агрессивного воздействия атмосферы не защищен ни один резервуар в любой атмосфере, её необходимо замедлять защитными покрытиями, независимо от степени воздействия атмосферы [4].

Влажный диоксид углерода является активным коррозионным агентом и наносит сплошные или более опасные язвенные поражения.

Для углеродистых и низколегированных сталей скорость развития сплошной коррозии зависит от множества факторов и, как правило, не превышает 0,2-0,3 мм/год. Наиболее опасным считается сероводородное язвенное поражение в присутствии  $\text{CO}_2$ , его скорость бывает очень высокой и может превышать отметку в 2,5 мм/год.

Исследование эксплуатируемых резервуаров на территории Якутии показывает, что глубокая язвенная коррозия поражает металл уторного узла и первого пояса стенки, что приводит к локальному разрушению. Ножевой коррозии подвержены границы внутреннего сварного шва и внутренней поверхности стенки.

Срок службы стальных резервуаров без существенной противокоррозионной защиты в условиях эксплуатации бывает относительно коротким.

Существуют четыре основных способа *противокоррозионной защиты резервуаров* [5]:

- изоляционное покрытие поверхности резервуара против взаимодействия с внешней коррозионной средой;
- применение коррозионно-стойких металлов при строительстве;
- снижение агрессивности коррозионной среды различными химическими реагентами;
- применение электрохимической защиты стальных резервуаров.

*Метод изоляции* поверхности резервуаров относится к пассивной защите и включает в себя:

1) нанесение защитного покрытия на поверхность резервуара, обладающего низкой химической активностью относительно основного металла и коррозионных агентов в окружающей среде, а также высокими диэлектрическими свойствами. В качестве защитных покрытий используют различные лакокрасочные, металлизационные и металлизационно-изоляционные материалы [6];

2) использование специальных растворов при обработке изделий, которые образуют сплошной слой малорастворимых солей. При пассивировании происходит резкое уменьшение количества ионов металла, перешедших в раствор, и по этой причине скорость коррозии понижается.

Использование *коррозионно-стойких материалов* предусматривает удаление вредных примесей, ускоряющих коррозию, или введение в металл компонентов, повышающих его коррозионную стойкость. Введение в сплав легкопассивирующихся металлов благоприятно сказывается на его антикоррозионных свойствах, так как сам сплав начинает пассивироваться в коррозионной среде.

Воздействие на коррозионно-активную окружающую среду предусматривает введение в среду специальных ингибиторов. К этому

способу также относят и удаление коррозионных агентов из состава коррозионной среды.

Для снижения действия биокоррозии, вызванной жизнедеятельностью бактерий, применяют различные ядохимикаты, эффективные для подавления интенсивности деятельности этих микроорганизмов.

Для борьбы с грунтовой коррозией фундамент строящегося резервуара обрабатывают специальными щелочными или кислотными растворами с целью повышения его гидрофобности.

Применение *электрохимической защиты* также называют активной защитой. К ней относятся [6]:

1) катодная защита. При катодной защите к днищу подключается «минус» источника, который придает ему отрицательный электрический потенциал – металл становится катодом;

2) создание гальванической пары подключением к днищу металла с более отрицательным потенциалом. В созданной гальванопаре металл днища становится катодом, а более электроотрицательный металл – анодом, который и подвергается разрушению. Такой металл будет называться протектором, а сам метод – протекторной защитой.

3) анодная поляризация, которая способствует поддержанию пассивного состояния металла в средах, не пассивирующих металл и являющихся весьма агрессивными.

Согласно действующим нормативным документам [5], изоляционные покрытия являются основным способом защиты от коррозии стальных резервуаров. В качестве противокоррозионной защиты стальных резервуаров применяют изоляционные лакокрасочные, металлизационные и металлизационно-изоляционные покрытия.

Лакокрасочное покрытие наносят на слой грунтовки (слой с повышенной адгезией) как к металлу резервуара, так и к самому материалу покрытия. В состав грунтовки входят пленкообразователь и пигмент. Свойства грунтовки в значительной степени зависят от соотношения этих



компонентов. Хорошие защитные свойства проявляют армированные покрытия, в состав которых, кроме грунтовки и основного лакокрасочного покрытия, входит слой армирующей стеклоткани, поверх которого наносится отделочный слой [6].

Лакокрасочные покрытия применяют для защиты как внешней, так и внутренней поверхности стальных резервуаров [7].

Каждое изоляционное защитное покрытие имеет определенную конструкцию, которая может состоять из нескольких слоев. При многослойном покрытии требуется высокая адгезия для каждого слоя. Также не допускается любое химическое взаимодействие между слоями.

При защите наружной поверхности резервуаров, как правило, применяют многослойные лакокрасочные покрытия на основе полиуретановых, эпоксидных и других материалов. Слои на основе эпоксидных смол характеризуются высокой адгезией, но недостаточной износостойкостью и пластичностью и в основном наносятся как грунтовочные или промежуточные. Полиуретановые слои обладают высокими эластичными, прочностными, износостойкими и коррозионностойкими свойствами и используются как отделочные внешние слои.

Защита внутренней поверхности резервуаров осуществляется с помощью покрытий различного типа: нормального, усиленного и особо усиленного. Они также выполняются из одного или нескольких слоев. Все перечисленные типы покрытий различаются толщиной, конструкцией, составом и назначением. Тип нормального покрытия имеет толщину до 300 мкм и используется против слабоагрессивных сред. Усиленный тип покрытий наносят на всю внутреннюю поверхность резервуаров для защиты от коррозионных сред, характеризующихся повышенной агрессивностью. Они достигают толщины до 500-600 мкм. Особо усиленный тип покрытий применяют для защиты днища и нижнего пояса

резервуара от воздействия особо агрессивных сред и характеризуется толщиной до 2000-3000 мкм.

### **Выводы**

Рассмотрены особенности коррозии резервуаров, эксплуатирующихся в условиях Крайнего Севера. Высокая степень износа резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов является причиной значительного количества аварий и отказов, при этом наибольшая доля приходится на результат коррозионных процессов.

С увеличением срока эксплуатации резервуаров увеличивается интенсивность коррозионных повреждений. Для увеличения срока службы стальных резервуаров в условиях Крайнего Севера необходимо своевременно особое внимание уделять методам противокоррозионной защиты.

### **Список используемых источников**

1. Зырянов И.А., Левин А.И., Лепихин А.М., Прохоров В.А., Черняев А.П. Надежность резервуаров и газопроводов в условиях Крайнего Севера. Якутск: Изд-во Якутского ун-та, 2004. 102 с.

2. Прохоров В.А. Оценка параметров безопасности эксплуатации нефтегазохранилищ в условиях Севера. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 1999. 142 с.

3. Аммосов Г.С., Иванов Д.С., Аммосов А.П. Особенности коррозионного истощения ресурса резервуаров и оценка интенсивности возрастания напряженного состояния в сварных швах // Наука и образование. 2017. № 1. С. 75-80.

4. Медведева М.Л., Мурадов А.В., Прыгаев А.К. Коррозия и защита магистральных трубопроводов и резервуаров. М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2013. 250 с.

5. РД 05.00-45.21.30-KTN-005-1-05. Правила антикоррозионной защиты резервуаров. 2005. 107 с.

6. СП 28.13330.2012. Защита строительных конструкций от коррозии. М., 2012. 99 с.

7. Розенфельд И.Л., Рубинштейн Ф.И., Жигалова К.А. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями. М.: Химия, 1987. 224 с.

## References

1. Zyryanov I.A., Levin A.I., Lepikhin A.M., Prokhorov V.A., Chernyaev A.P. *Nadezhnost' rezervuarov i gazoprovodov v usloviyakh Krainego Severa* [Reliability of Tanks and Gas Pipelines in the Far North]. Yakutsk, Izd-vo Yakutskogo un-ta, 2004. 102 p. [in Russian].

2. Prokhorov V.A. *Otsenka parametrov bezopasnosti ekspluatatsii neftegazokhranilishch v usloviyakh Severa* [Estimation of Safety Parameters of Oil and Gas Storage Facilities in the North]. Moscow, ООО «Nedra-Biznestsentr», 1999. 142 p. [in Russian].

3. Ammosov G.S., Ivanov D.S., Ammosov A.P. *Osobennosti korrozionnogo ischerpaniya resursa rezervuarov i otsenka intensivnosti vozrastaniya napryazhennogo sostoyaniya v svarnykh shvakh* [The Features of Corrosion Exhaustion of Tank Resource and Assessment of Intensity of Stress State Increasing in Welds]. *Nauka i obrazovanie – Science and Education*, 2017, No. 1, pp. 75-80. [in Russian].

4. Medvedeva M.L., Muradov A.V., Prygaev A.K. *Korroziya i zashchita magistral'nykh truboprovodov i rezervuarov* [Corrosion and Protection of Pipelines and Tanks]. Moscow, RGU nefti i gaza imeni I.M. Gubkina, 2013. 250 p. [in Russian].

5. RD 05.00-45.21.30-KTN-005-1-05. *Pravila antikorrozionnoi zashchity rezervuarov* [RD 05.00-45.21.30-KTN-005-1-05. Rules of Corrosion Protection of Tanks]. 2005. 107 p. [in Russian].

6. SP 28.13330.2012. *Zashchita stroitel'nykh konstruktsii ot korrozii* [SP 28.13330.2012. Protection against Corrosion of Construction]. Moscow, 2012. 99 p. [in Russian].

7. Rozenfel'd I.L., Rubinshtein F.I., Zhigalova K.A. *Zashchita metallov ot korrozii lakokrasochnymi pokrytiyami* [Metal Protection against Corrosion by Paint and Varnish Coatings]. Moscow, Khimiya Publ., 1987. 224 p. [in Russian].

### **Сведения об авторах**

#### **About the authors**

Николаева М.В., старший преподаватель кафедры недропользования, ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», инженер-исследователь, ФГБУН «Институт проблем нефти и газа СО РАН», г. Якутск, Российская Федерация

M.V. Nikolaeva, Senior Lecturer of Subsoil Use Department, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Engineer-Researcher, Institute of Oil and Gas Problems of the SB RAS, Yakutsk, Russian Federation

e-mail: mnikolaeva1990@gmail.com

Атласов Р.А., заведующий кафедрой недропользования, ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», инженер-исследователь, ФГБУН «Институт проблем нефти и газа СО РАН», г. Якутск, Российская Федерация

R.A. Atlasov, Head of Subsoil Use Department, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Engineer-Researcher, Institute of Oil and Gas Problems of the SB RAS, Yakutsk, Russian Federation

e-mail: atlasov.rinat@mail.ru