



УДК 622.063.88

## МИКРООРГАНИЗМЫ НЕФТЯНОГО ПЛАСТА КАК ОДНА ИЗ ПРИЧИН ВНУТРЕННЕЙ КОРРОЗИИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ

### OIL RESERVOIR MICROORGANISMS AS ONE OF THE CAUSES OF INTERNAL CORROSION OF OILFIELD COMMUNICATIONS

**Орлова Инна Олеговна**

кандидат технических наук,  
доцент кафедры нефтегазового дела  
имени профессора Г.Т. Вартумяна,  
Институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский Государственный  
технологический университет  
assoletta77@mail.ru

**Даценко Елена Николаевна**

кандидат технических наук,  
доцент кафедры нефтегазового дела  
имени профессора Г.Т. Вартумяна,  
Институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский Государственный  
технологический университет  
aldac@mail.ru

**Авакимян Наталья Николаевна**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры нефтегазового дела  
имени профессора Г.Т. Вартумяна,  
Институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский Государственный  
технологический университет  
avnatali@mail.ru

**Орлов Игорь Владиславович**

студент,  
Институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский Государственный  
технологический университет

**Липатова Александра Романовна**

студентка,  
Институт нефти, газа и энергетики,  
Кубанский Государственный  
технологический университет

**Аннотация.** В статье рассмотрены виды бактерий, обитающих в нефтяных пластах. Рассмотрены особенности их жизнедеятельности как причины коррозии металла труб. Обоснован комплексный подход к защите от коррозии.

**Ключевые слова:** бактерии, нефтяной пласт, месторождение, коррозии.

**Orlova Inna Olegovna**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate professor of Oil and gas business  
of a name of professor G.T. Vartumyan,  
Institute of oil, gas and power,  
Kuban State technological university  
assoletta77@mail.ru

**Datsenko Elena Nikolaevna**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate professor of Oil and gas business  
of a name of professor G.T. Vartumyan,  
Institute of oil, gas and power,  
Kuban State technological university  
aldac@mail.ru

**Avakimyan Natalya Nikolaevna**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate professor,  
Associate professor of Oil and gas business  
of a name of professor G.T. Vartumyan,  
Institute of oil, gas and power,  
Kuban State technological university  
avnatali@mail.ru

**Orlov Igor Vladislavovich**

Student,  
Institute of oil, gas and power,  
Kuban State technological university

**Lipatova Alexandra Romanovna**

Student,  
Institute of oil, gas and power,  
Kuban State technological university

**Annotation.** The article discusses the types of bacteria that live in oil reservoirs. The features of their vital activity as a cause of corrosion of metal pipes are considered. A comprehensive approach to corrosion protection has been substantiated.

**Keywords:** bacteria, oil reservoir, field, corrosion.

**К**оррозия металла труб на нефтепромыслах происходит как снаружи под воздействием почвенного электролита (в почве всегда находится влага и растворённые в ней соли), так и внутри, вследствие примесей влаги, сероводорода и солей, содержащихся в транспортируемом углеводородном сырье. Коррозия не только приводит к разрушению трубопровода, но и ухудшает каче-



ство перекачиваемого продукта. Также продукты коррозии, как отложения солей и парафинов, увеличивают гидродинамическое сопротивление в трубах. Внутренняя коррозия металлических сооружений наносит большой материальный и экономический ущерб. Она приводит к преждевременному износу агрегатов, установок, линейной части трубопроводов, сокращает межремонтные сроки оборудования, вызывает дополнительные потери транспортируемого продукта.

Повреждения материала, вызванные микроорганизмами, называют биокоррозией. Биокоррозия – это неотъемлемый спутник нефтегазопромышленности. Около 80 % коррозионных повреждений НГПО обусловлено жизнедеятельностью микробиоты [1, 2]. На рисунке 1 приведено изменение фонда скважин по зараженности СВБ (сульфатовосстанавливающие бактерии) с 2009 года. Как видно, данный фонд за пять лет вырос в 2 раза (ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь», ТПП «Урай-нефтегаз»).

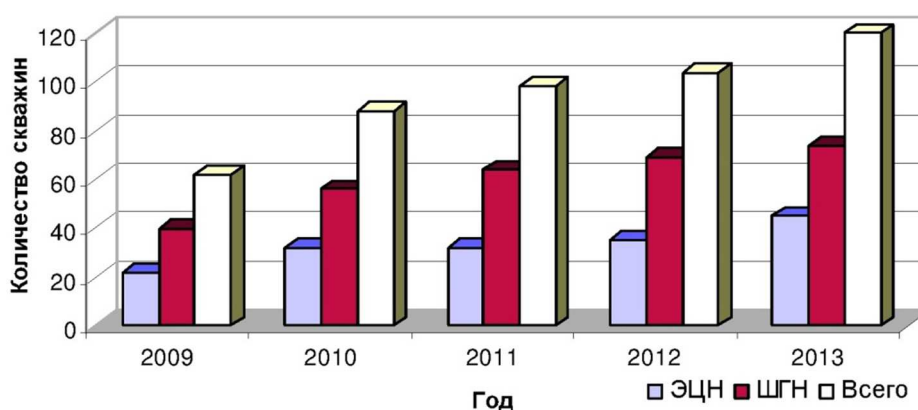


Рисунок 1 – Изменение фонда скважин, зараженных СВБ

Микробные сообщества нефтяных пластов относят к наиболее древним биоценозам Земли, погружившимся вместе с органическими остатками и биогенными илами на большие глубины. По одной из гипотез происшедшие из них органогенные породы являются тем материнским материалом, из которого возникает нефть. Особенностью нефтяных пластов является незамкнутость функционирующих здесь циклов углерода и серы. Захороненное органическое вещество нефти при активизации водообмена в пластах, обусловленной геологическими процессами и техногенным воздействием, вновь вовлекаются в биогеохимические циклы [3]. В нефтяных пластах распространены виды бактерий, связанные с процессами биогенной коррозии: углеводородокисляющие, сульфатовосстанавливающие, метанобразующие бактерии.

Из анализа коррозионной ситуации на группе месторождений Краснодарского края известно, что одной из причин внутренней коррозии является деятельность сульфатовосстанавливающих бактерий, так как в продуктах коррозии содержится связанный  $H_2S$ . Об этом также свидетельствует следующее:

- наличие в пластовых водах сульфат-ионов;
- мшистая структура продуктов коррозии;
- окрашивание поверхности (в зеленый, коричневый, черный или коричнево-красный цвета),
- относительно высокое содержание воды в продуктах коррозии.

Коррозия, протекающая в присутствии сульфатовосстанавливающих бактерий, характеризуется определенными признаками: на металлической поверхности появляются коррозионные отложения в виде темной корки и рыхлых бугорков. Они состоят из сульфидов, карбонатов и гидратов окиси железа, механических примесей и других осадков. Многочисленные колонии СВБ начинают активно размножаться под слоем отложений и инициируют локальную коррозию [4].

На рисунке 2 приведена принципиальная схема колонии СВБ на поверхности металла. Сульфатовосстанавливающие бактерии СВБ, взаимодействуя с нефтью, продуцируют нерастворимые соединения. Сульфатредукция обуславливает изменение физико-химических свойств воды, соприкасающейся с нефтью. Пластовая вода теряет ион сульфата и обогащается сероводородом и углекислотой, в результате чего превращается из сульфатно-натриевой в гидрокарбонатно-натриевую. Сероводород, взаимодействуя с ионами железа, образует нерастворимый сульфит железа и, одновременно мигрируя в зоны с окисленным режимом, окисляется до элементарной серы.

Углекислота, выделяющаяся при окислении парафинов и восстановлении сульфатов, способствует выпадению вторичного кальцита. Наиболее активно СВБ развиваются в призабойной зоне нагнетательных скважин, поскольку именно в них создаются исключительно благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов: оптимальная минерализация воды, наличие остаточной нефти, оптимальная температура. В дальнейшем СВБ попадают на объекты наземного оборудования, адгезируются на поверхности металла, формируя биоплёнку, и действуют как коррозионные



агенты главным образом за счет продукции агрессивных метаболитов и создания коррозионно-активных сред. В качестве агрессивных метаболитов выступают органические и неорганические кислоты, ферменты, сероводород.

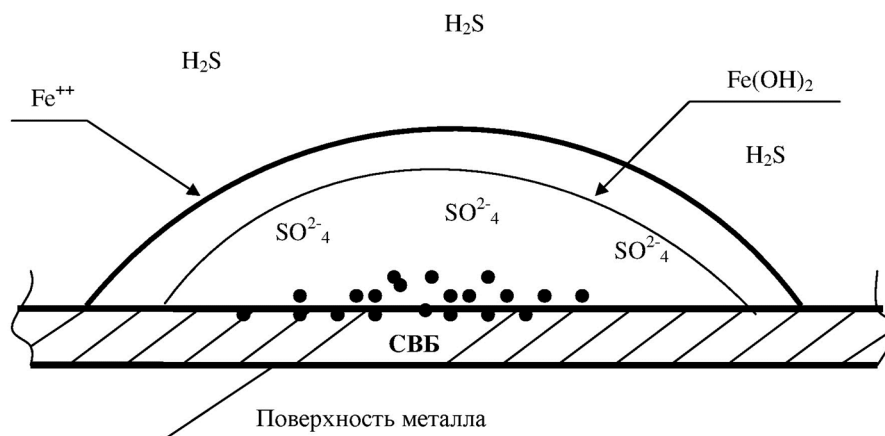


Рисунок 2 – Принципиальная схема колонии СВБ на поверхности металла

Продуктом сероводородной коррозии является сульфид железа ( $\text{FeS}$ ), накопление которого на внутренней поверхности труб и других наземных коммуникаций, приводит к образованию мощной гальванопары железо/сульфид железа. Поскольку электродный потенциал  $\text{FeS}$  более положительный по сравнению с железом, сульфид железа становится катодом, а поверхность металла – анодом. Кроме того, образование бактериями мукополисахаридной слизи делает осадки  $\text{FeS}$  вязкими и клейкими, что улучшает их контакт с анодной поверхностью металла, и одновременно защищает СВБ от неблагоприятных воздействий. Все эти факторы приводят к тому, что СВБ резко увеличивают скорость коррозии (в 2–4 раза), в особенности, скорость локальной коррозии.

Недооценка опасности бактериальной опасности в нефтедобыче приводит к преждевременному выходу из строя скважинного оборудования, трубопроводов и коммуникаций. Мировой опыт показал, что 15 % коррозии – это биокоррозия. В России на долю биокоррозии приходится больший процент из-за игнорирования её существования. Очень важно понимать, что нефтеносный пласт забивается колониями бактерий и продуктами их жизнедеятельности, уменьшая нефтеотдачу. Только комплексный подход к проблемам защиты от коррозии труб является надежным и наиболее рациональным путем решения проблемы.

#### Литература:

1. Саматов Р.Р. Осторожно, биокоррозия! Риски, мифы и решения // Нефть. Газ. Новации. – 2013. – № 10. – С. 51–57.
2. Салманов В.Н. Борьба с коррозией в нефтяной промышленности // Научное сообщество студентов XXI столетия: сборник статей по материалам LIX международной студенческой научно-практической конференции: Технические Науки. – № 11 (58).
3. Розанова Е.П., Назина Т.Н. Углеворокисляющие бактерии и их активность в нефтяных пластах // Микробиология. – 1982. – Т. 51.
4. Ивановский В.Н. Коррозия скважинного оборудования и способы защиты // Территории нефтегаз. – 2011. – № 18.

#### References:

1. Samatov R.R. Careful, biocorrosion! Risks, myths and solutions // Oil. Gas. Innovations. – 2013. – № 10. – P. 51–57.
2. Salmanov V.N. Corrosion control in the oil industry // Scientific community of students of the XXI century: collection of articles on the materials of LIX international student scientific-practical conference: Technical Sciences. – № 11 (58).
3. Rozanova E.P., Nazina T.N. Hydrocarbon-oxidizing bacteria and their activity in oil formations // Microbiology. – 1982. – V. 51.
4. Ivanovskiy V.N. Corrosion of the downhole equipment and methods of the corrosion protection // Territories of the oil and gas industry. – 2011. – № 18.