

Открытое акционерное общество  
«Тюменский проектный и научно-исследовательский институт нефтяной и  
газовой промышленности им. В.И. Муравленко»  
ОАО «Гипротюменнефтегаз»  
Научно-исследовательский комплекс



УТВЕРЖДАЮ  
Зам. генерального директора  
по научной работе

*Горбатов* В.А. Горбатов  
2003 г

## ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТЧЕТ

«Лабораторные исследования и разработка рекомендаций по  
использованию реагента «Альтосан» на нефтяных месторождениях  
Тюменской области»

(договор № *11* от 25 декабря 2003 г.)

Ответственные исполнители:

Начальник лаборатории  
защиты от коррозии нефтепромысловых систем *Э.П. Мингалев* Э.П. Мингалев

Ведущий научный сотрудник *Г.Д. Маланчев* Г.Д. Маланчев

Старший научный сотрудник *Н.В. Кутлунина* Н.В. Кутлунина

Научный сотрудник *Л.В. Филимонова* Л.В. Филимонова

Тюмень 2003

**СОДЕРЖАНИЕ**

	Стр.
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>1. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ</b> .....	4
<b>2. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОГО ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ОБРАЗЦОВ РЕАГЕНТА "АЛЬТОСАН" ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ</b> .....	5
<b>3. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОГО ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ОБРАЗЦОВ РЕАГЕНТА "АЛЬТОСАН" МЕТОДОМ ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ</b> .....	6
<b>4. ИССЛЕДОВАНИЕ БАКТЕРИЦИДНОГО ДЕЙСТВИЯ ОБРАЗЦОВ РЕАГЕНТА "АЛЬТОСАН"</b> .....	7
<b>5. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ</b> .....	8
<b>ВЫВОДЫ</b> .....	8

## Лабораторные исследования и разработка рекомендаций по использованию реагента «Альтосан» на нефтяных месторождениях Тюменской области

### ВВЕДЕНИЕ

Технологические процессы сбора и транспорта добываемой нефти, утилизации попутнодобываемой воды сопровождаются коррозией внутренней поверхности стальных трубопроводов, обусловленной следующими факторами:

- контактом водной фазы с металлической поверхностью;
- наличием в водной фазе минеральных солей и растворенных агрессивных газов:  $H_2S$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$ ;
- гетерогенностью (энергетической неоднородностью) металлической поверхности, возникающей при изготовлении труб и усиливающейся в процессе сооружения и эксплуатации трубопроводов за счет возникающих местных механических и температурных напряжений, образования рыхлых минеральных осадков, пленок и отложений другого происхождения;
- существованием в трубопроводах микрофлоры, в том числе наиболее опасных сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ), продуктом жизнедеятельности которых является сероводород.

Коррозионный процесс стальных трубопроводов представляет собой процесс электрохимического (анодного) растворения металла при работе возникающих на его поверхности микро- и макрогальванопар. Микропроцессами обусловлена равномерная коррозия поверхности, скорость которой относительно невелика. Основной причиной аварийности оборудования является, как правило, более интенсивная локальная коррозия, обусловленная действием макрогальванопар.

Зараженность нефтепромысловых сред коррозионно-опасной микрофлорой является одной из основных причин возрастания их агрессивности.

Среди известных микроорганизмов, инициирующих коррозию нефтепромыслового оборудования и трубопроводов, наиболее агрессивны сульфатвосстанавливающие бактерии (СВБ). Длительная зараженность сред агрессивной микрофлорой приводит к формированию закрепленных (адгезированных) биоценозов – микробных сообществ типа биопленок и биообразований.

Адгезированные микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности препятствуют доступу ингибитора коррозии к поверхности металла, что снижает эффективность их действия.

Из этого следует, что разработка реагентов комплексного действия, одновременно ингибирующих металлическую поверхность и подавляющих биоценоз, является актуальной проблемой.

В «Лаборатории защиты от коррозии нефтепромысловых систем» НИК ОАО «Гипротюменнефтегаз» проведены испытания эффективности противокоррозионного защитного действия опытных образцов реагента «Альтосан» относительно углеродистой стали в средах, характерных для нефтяных промыслов Западной Сибири. Проведена также оценка бактерицидной активности образцов реагента относительно сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ). Образцы реагента доставлены в лабораторию 22.10.2003 г из ЗАО «Пролак», (г. Екатеринбург) и зарегистрированы под номерами 897, 898. Отличаются данные образцы от ранее испытываемых тем, что в состав продуктов введено 10 и 20 % метилового спирта соответственно с целью понижения температуры замерзания продукта. Содержание основного вещества в обоих образцах 21,0 %.

## 1. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Защитные свойства образцов реагента «Альтосан» испытывались в бескислородных водных средах. В качестве исходной коррозионной среды использовалась минерализованная вода сеноманского горизонта из артезианской скважины с содержанием солей 8386,6 мг/л, в том числе ионов  $\text{Cl}^-$  - 4928,7 мг/л;  $\text{HCO}_3^-$  - 265,3 мг/л;  $\text{Ca}^{2+}$  - 150,5 мг/л;  $\text{Mg}^{2+}$  - 47,5 мг/л;  $\text{K}^+ + \text{Na}^+$  - 2976,2 мг/л;  $\text{pH}=7,3$ . Для усиления агрессивности в исходную среду добавлялись 10 мг/л сероводорода, 100 мг/л углекислоты и уайт-спирита, в качестве углеводородной фазы, 500 мг/л. Удаление кислорода осуществлялось продувкой среды азотом в течение 20 минут.

Испытания проводились на двух лабораторных установках, создающих динамические условия различного характера:

- в герметичных коррозионных ячейках, устанавливаемых на подвижной платформе с частотой возвратно-поступательных движений 100 в минуту и амплитудой 50 мм,
- в коррозионных ячейках, установленных на магнитных мешалках.

Исследование бактерицидной активности химреагентов «Альтосан» проводили с использованием свободноплавающих (планктонных) форм СВЕ в накопительных культурах, выделенных из подтоварных вод ЦК ППН Правдинского и Приразломного месторождений НГДУ «Правдинскнефть».

Учитывая возможное формирование на поверхности оборудования микробных сообществ в виде биопленок, исследования бактерицидного действия реагента «Альтосан» проводили также относительно закрепленных (адгезированных) клеток СВЕ.

Для получения пленки СВЕ на поверхности металла использовали те же накопительные культуры СВЕ.

## 2. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВО- КОРРОЗИОННОГО ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ОБРАЗЦОВ РЕАГЕНТА «АЛЬТОСАН» ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Образцы реагента «Альтосан» в виде 1%-ного водного раствора в количестве 20, 30 мг/л дозировались в ячейки при приготовлении агрессивной среды, т.е. адсорбция реагента происходила на чистую поверхность металла. Контроль скорости коррозии осуществлялся гравиметрическим методом по образцам-свидетелям из стали 08кп с размерами 25x25x0,5 мм, площадью 12,5 см<sup>2</sup>. Удельный объем среды 12,0 мл/см<sup>2</sup>.

Температура среды в экспериментах составляла 20-22° С.

Продолжительность опытов - 6 часов.

Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытаний эффективности противокоррозионного защитного действия образцов реагента «Альтосан» гравиметрическим методом

Номер образца	Дозировка, мг/л	Характеристика среды			Скорость коррозии, г/м <sup>2</sup> ч		Эффект защиты, %
		Обводнен., %	Содержание, мг/л		К контр.	К инг.	
			H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub>			
№ 897	20	100	10	100	0,188	0,066	64,6
	30	100	10	100	0,146	0,043	71,0
№ 898	20	100	10	100	0,188	0,068	63,5
	30	100	10	100	0,147	0,041	72,0

### 3. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВО- КОРРОЗИОННОГО ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ОБРАЗЦОВ РЕАГЕНТА «АЛЬТОСАН» МЕТОДОМ ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Испытания образцов реагента «Альтосан» проводились в коррозионных ячейках, установленных на магнитных мешалках.

Образцы реагента в виде 1 %-ного водного раствора в количестве 20 и 30 мг/л вводились в ячейки после стабилизации показаний коррозиметра (примерно через 1,5 часа от начала опыта), т.е. адсорбция реагента происходила на предварительно прокорродировавшую поверхность металла. В дальнейшем мгновенная скорость коррозии фиксировалась через каждые 30 минут до стабилизации показаний прибора.

Контроль скорости коррозии осуществлялся методом поляризационного сопротивления с применением коррозиметра фирмы "Magna Instruments AG" модели 1130 и двухэлектродных датчиков с электродами из углеродистой стали 20, размерами  $\varnothing 6,8 \pm 0,2 \times 23$  мм, площадью  $\sim 5,3$  см<sup>2</sup> каждый. Удельный объем среды 18,9 мл/см<sup>2</sup>.

Температура среды в экспериментах составляла 20-22° С.

Продолжительность опытов - 6 ч после ввода реагента.

Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Результаты испытаний эффективности противокоррозионного защитного действия образцов реагента «Альтосан» методом поляризационного сопротивления**

Номер образца	Дозировка, мг/л	Характеристика среды				Скорость коррозии, мм/год		Эффект защиты, %
		Обводнен., %	Содержание, мг/л			К контр.	К инг.	
			H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>			
№ 897	20	100	10	100	-	0,312	0,093	70,1
	20	100	10	100	-	0,333	0,093	73,4
	20	100	10	100	-	0,214	0,062	71,0
	20	100	10	100	-	0,210	0,044	79,0
	30	100	10	100	-	0,240	0,041	82,9
	30	100	10	100	-	0,190	0,031	83,7
	30	100	10	100	-	0,228	0,010	95,6
	30	100	10	100	-	0,202	0,030	85,1
№ 898	20	100	10	100	-	0,442	0,113	74,6
	20	100	10	100	-	0,219	0,057	74,0
	20	100	10	100	-	0,214	0,041	80,8
	20	100	10	100	+	0,790	0,346	57,5
	30	100	10	100	-	0,261	0,043	83,5
	30	100	10	100	-	0,203	0,018	91,1
	30	100	10	100	-	0,232	0,010	87,1
	30	100	10	100	-	0,228	0,034	85,1

Примечание: + в ячейку попал O<sub>2</sub>.

#### 4. ИССЛЕДОВАНИЕ БАКТЕРИЦИДНОГО ДЕЙСТВИЯ ОБРАЗЦОВ РЕАГЕНТА «АЛЬТОСАН»

Испытания проведены относительно планктонных и адгезированных форм СВБ, выделенных из подтоварных вод Правдинского и Приразломного месторождений.

Для получения адгезированных (закрепившихся) на поверхности металлических пластинок колоний бактерий пластинки выдерживали семь суток в активных накопительных культурах СВБ. Затем их обрабатывали химреагентом в дозировках 400, 600, 800, 1200 мг/л и после выдержки в термостате в течение 24 ч переносили во флаконы с питательной средой Постгейта. Наблюдения за ростом СВБ в питательной среде проводили в течение 15 суток, отмечая минимальную бактерицидную концентрацию реагента.

Результаты испытаний сведены в табл. 3.

Таблица 3

**Результаты лабораторных испытаний бактерицидного действия образцов  
реагента «Альтосан» относительно сульфатовосстанавливающих бактерий**

Место отбора пробы воды для получения накопительной культуры СВБ	Тип клеток СВБ для испытаний	Номер образца реагента	Дозировка, мг/л	Наличие роста СВБ в стандартной питательной среде Постгейта (+)
ЦК ППН-2 Приразломного месторождения, из водовода на выходе с РВС № 3,4,5 ОС	Планктонные	№ 897	200	-
			400	-
			600	-
			600	-
		№ 898	250	-
			400	-
			600	-
		Контроль	без реаг.	+
ЦК ППН-1 Правдинского месторождения, РВС № 2 ОС	Адгезированные	№ 897	400	+ (на 10-е сутки)
			600	-
			800	-
			1200	-
		№ 898	400	+ (на 2-е сутки)
			600	-
			800	-
			1200	-
		Контроль	без реаг.	+ (на 2-е сутки)
ЦК ППН-2 Приразломного месторождения, из водовода на выходе с РВС № 3,4,5 ОС	Планктонные	№ 897	400	+ (на 2-е сутки)
			600	-
			800	-
			1200	-
		№ 898	400	+ (на 2-е сутки)
			600	+ (на 3-и сутки)
			800	-
			1200	-
		Контроль	без реаг.	+ (на 2-е сутки)
ЦК ППН-1 Правдинского месторождения, РВС № 2 ОС	Планктонные	№ 897	200	-
			400	-
			600	-
			600	-
		№ 898	250	-
			400	-
			600	-
		Контроль	без реаг.	+ (на 2-е сутки)

## 5. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

Оба испытанных образца реагента «Альтосан» обладают выраженным ингибирующим действием в отношении углеродистой стали в пластовых минерализованных бескислородных водах, содержащих растворённые углекислоту и сероводород. В присутствии  $O_2$  эффективность защитного действия реагента заметно уменьшается.

Эффективность защитного действия испытанных образцов реагента «Альтосан» (так же, как и ранее испытываемых модификаций продукта), полученная при проведении испытаний по второй методике, несколько выше, чем по первой. Это можно объяснить разными условиями формирования защитной плёнки на прокорродировавшей металлической поверхности в потоке с направленным движением, характерным для второй методики и для большинства участков промышленных трубопроводов, и в пульсирующем потоке, характерном для первой методики и для восходящих участков трубопроводов с низкоскоростными потоками. Однако, следует предположить, что со временем и на этих участках эффективность может достичь более высоких значений. Поэтому результаты испытаний по второй методике приняты за основу при оценке эффективности защитного действия реагента. При дозировках 20-30 мг/л эффективность ингибирующего действия образцов реагента «Альтосан» составила: № 897 – 73,3-86,2%; № 898 – 74,5-87,8%. Показатели защитного действия образцов близки и значительных различий от содержания метанола в образце не обнаружено, что, по нашему мнению, возможно, т.к. содержание основного вещества в образцах одинаковое (21,0 %).

В присутствии кислорода защитное действие реагента значительно ниже (57,5 % при дозировке 20 мг/л).

Испытанные образцы реагента «Альтосан» проявили бактерицидную эффективность относительно планктонных и адгезированных клеток СВБ, выделенных из подтоварных вод Правдинского и Приразломного месторождений.

При испытаниях образцов реагента № 897, № 898 выявлено, что рост планктонных клеток обоих видов накопительных культур СВБ в стандартной питательной среде при концентрациях 200, 400 и 600 мг/л отсутствовал.

Минимальные дозировки, при которых наблюдалось полное подавление адгезированных клеток СВБ составили: для образца № 897 (10 % метанола) – 600 мг/л, для образца № 898 (20 % метанола) – 800 мг/л.

### ВЫВОДЫ

1. Испытанные образцы реагента «Альтосан», содержащие 10 и 20 % метанола, обладают выраженным ингибирующим действием в отношении углеродистой стали в пластовых минерализованных бескислородных водах, содержащих растворённые углекислоту и сероводород. При дозировках 20-30 мг/л эффективность ингибирующего действия образцов реагента «Альтосан» составила: № 897 – 73,3-86,2%; № 898 – 74,5-87,8%. Показатели защитного действия образцов близки и их зависимости от содержания метанола в образце не обнаружено, что, по нашему мнению, возможно, т.к. содержание основного вещества в образцах одинаковое (21,0 %).

2. В присутствии кислорода защитное действие реагента «Альтосан» значительно ниже (57,5 % при дозировке 20 мг/л).

3. Эффективность защитного действия ингибиторов коррозии при постоянном применении в промышленных условиях, как показывает опыт, на 10-15 % выше по сравнению с результатами лабораторных испытаний. С учётом этого, можно



заклучить, что реагент, модифицированный добавкой метилового спирта в количестве 10-20 %, при постоянной дозировке может обеспечить снижение скорости коррозии трубной стали в бескислородных средах до 90 %.

4. Испытанные образцы реагента «Альтосан» проявили бактерицидную эффективность относительно планктонных и адгезированных клеток СББ, выделенных из подтоварных вод Правдинского и Приразломного месторождений.

При испытаниях образцов реагента, содержащих 10 и 20 % метанола и одинаковое количество основного вещества (21 %) выявлено следующее: рост планктонных клеток обоих видов накопительных культур СББ в стандартной питательной среде при концентрациях 200, 400 и 600 мг/л отсутствовал.

Минимальные дозировки, при которых наблюдалось полное подавление адгезированных клеток СББ составили: для образца № 897 (10 % метанола) – 600 мг/л, для образца № 898 (20 % метанола) – 800 мг/л.

5. Реагент «Альтосан» может быть рекомендован к опытно-промышленным испытаниям в качестве ингибитора для защиты внутренней поверхности водоводов пластовых вод и трубопроводов систем нефтесбора от микробиологической коррозии.

Для подавления планктонных форм СББ рекомендуется дозировать 200 мг/л не менее 24 часов, для подавления адгезированных форм – 600– 800 мг/л в зависимости от агрессивности сред, не менее 24 часов. Оптимальная периодичность бактерицидных обработок должна быть установлена в процессе промышленных испытаний.