

УДК 620.197.3

**ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ  
ПОДГОТОВКИ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ НА ВОДООБОРОТНОМ УЗЛЕ  
№ 627 НПЗ ОАО «ГАЗПРОМ НЕФТЕХИМ САЛАВАТ»**

**PILOT TESTS REAGENT FOR THE PREPARATION OF RECYCLED  
WATER ON SITE WATER CIRCULATION № 627 NPZ JSC  
"GAZPROM NEFTEKHIM SALAVAT"**

Слобода А.В., Миннигулов Ф.Ф., Садретдинов И.Ф.,  
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический  
университет», г. Уфа, Российская Федерация  
ООО «Научно-технический центр Салаватнефтеоргсинтез», г. Салават,  
Российская Федерация

A.V. Sloboda, F.F. Minnigulov, I.F. Sadretdinov,  
FSBEI NPE "Ufa State Petroleum Technological University", Ufa,  
the Russian Federation  
Ltd. "Research and Technology Center Salavatnefteorgsintez", Salavat,  
the Russian Federation  
e-mail: 28sif@snos.ru

**Аннотация.** На основе результатов опытно-промышленного пробега на водооборотном узле (далее ВОУ) № 627 НПЗ ОАО «Газпром нефтехим Салават» по испытанию реагентов для подготовки оборотной воды производства ООО «НТЦ Салаватнефтеоргсинтез» (далее НТЦ) проведена оценка их эффективности в сравнении с базовыми реагентами.

Определены индекс насыщения Ланжелье (LSI – Langelier Saturation Index) и индекс стабильности Ризнера (RSI - Ryznar Stability Index). Установлено, что оборотная вода данного водооборотного узла более склонна к накипеобразованию, чем к коррозии.

Показано, что в период пробега коэффициент упаривания имел среднюю величину порядка 1,1-1,4 единиц, что является относительно невысоким показателем для ВОУ. Приведены и проанализированы результаты аналитического контроля подпиточной и оборотной воды в различные периоды пробега (допаводковый, паводковый и послепаводковый).

Выявлено, что применение базового биоцида – гипохлорита натрия с биоцидом-активатором приводит к резкому увеличению хлорид-ионов в оборотной воде, в отличие от биоцида неокисляющего действия АддиТОП Б производства НТЦ, при лучшей эффективности и значительно меньшей дозировке последнего.

Приведены рабочие дозировки и расход базовых реагентов в сравнении с реагентами АддиТОП. Установлено, что ежегодные экономические затраты на обработку с применением базовых реагентов в 3 раза превышают затраты на реагенты АддиТОП производства НТЦ.

В целом предложенная программа обработки оборотной воды реагентами производства НТЦ, при меньших суммарных дозировках и затратах, не уступает по эффективности программе обработке базовыми реагентами, а по эффективности коррозионной и микробиологической защите превосходит ее.

**Abstract.** Based on the results of experimental and industrial water circulation mileage on site (hereinafter EWC (equipment of water circulation)) № 627 Refinery JSC "Gazprom neftekhim Salavat" testing reagents for the preparation of recycled water produced by "Research and technology center Salavatnefteorgsitez" (hereinafter RTC) an assessment of their effectiveness in comparison with basic reagents.

Defined Langelier saturation index (LSI - Langelier Saturation Index) and the stability index Riznera (RSI - Ryznar Stability Index). Found that part of the water circulation cooling water unit is more prone to scale formation than to corrosion.

It is shown that in the period of mileage had an average evaporation rate of the order of 1.1-1.4 units, a relatively low figure for EWC. Presented and analyzed the results of the analytical control of feed water and circulating water in different periods of mileage (before the flood period, flood period and after the flood period).

It was revealed that the application of base biocide - sodium hypochlorite biocide activator leads to a sharp increase in the chloride ion in the recirculating water, in contrast to non-oxidizing biocide action AddiTOP B production RTC, with better efficiency and a significantly lower dosage of the latter.

Shows dosage and the operating flow of base reagents in comparison with reagent AddiTOP. Found that the annual economic cost of processing with the use of base reagents to 3 times higher than the cost of production of reagents AddiTOP RTC.

In general, the proposed program of circulating water treatment reagents RTC production at lower cumulative doses and costs, as effective as the program treatment basic reagents, and on the effectiveness of corrosion and microbiological protection surpasses it.

**Ключевые слова:** водооборотный узел, реагент, пробег, биоцид неокисляющего действия, гипохлорит натрия, солеотложение, коррозия.

**Key words:** equipment of water circulation, reagent, mileage, non-oxidizing biocide action, sodium hypochlorite, scaling, corrosion.

В условиях закрытых водооборотных систем нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств, происходит постоянное отложение солей жесткости, оседающих на оборудовании, развивается коррозия, размножаются аэробные микроорганизмы и сульфатвосстанавливающие бактерии. Все это влияет на работу теплообменников и другого оборудования, сокращает срок их службы, приводит к неизбежным осложнениям в технологическом процессе, увеличению затрат,

повышенному потреблению водных ресурсов и загрязнению стоков. Возникающие проблемы – многофакторные, требующие комплексного решения.

Устранение негативных факторов, приводящих к осложнению работы водооборотных систем, осуществляется разными методами. Наиболее эффективной и наименее затратной на сегодняшний день является реагентная обработка воды оборотных циклов [1]. Применение реагентов, позволяющих стабилизировать производственный процесс, сокращает простои, связанные с ремонтом оборудования, позволяет использовать более дешевые конструкционные материалы [2].

На водооборотных узлах ОАО «Газпром нефтехим Салават», как и на других аналогичных предприятиях, проводят специальную реагентную обработку воды.

Водооборотный узел ВОУ № 627 представляет собой открытую, проточную, незамкнутую систему. Основные характеристики ВОУ № 627 представлены в таблице 1, блок-схема ВОУ № 627 приведена на рисунке 1.

Таблица 1. Основные технические характеристики ВОУ № 627

Показатель	Допустимые значения
Объем системы, м <sup>3</sup>	6500
Циркуляция, м <sup>3</sup> /час	3600 – 3850
Температура, °С	зима от плюс 6 до минус 7; лето от плюс 6 до плюс 10
Подпитка, м <sup>3</sup> /час, не более	150
Упаривание и унос, м <sup>3</sup> /час, не более	1,2-2,0
Продувка и потери, м <sup>3</sup> /час, не более	5
Время рабочей эксплуатации в году, дни	365
Коэффициент упаривания	2
Конструкционные материалы	железобетон, углеродистая сталь, древесина
Внешние характеристики оборотной воды и открытых участков системы	мутная, имеется запах, наличие водорослей, плёнок пены, взвеси, ила

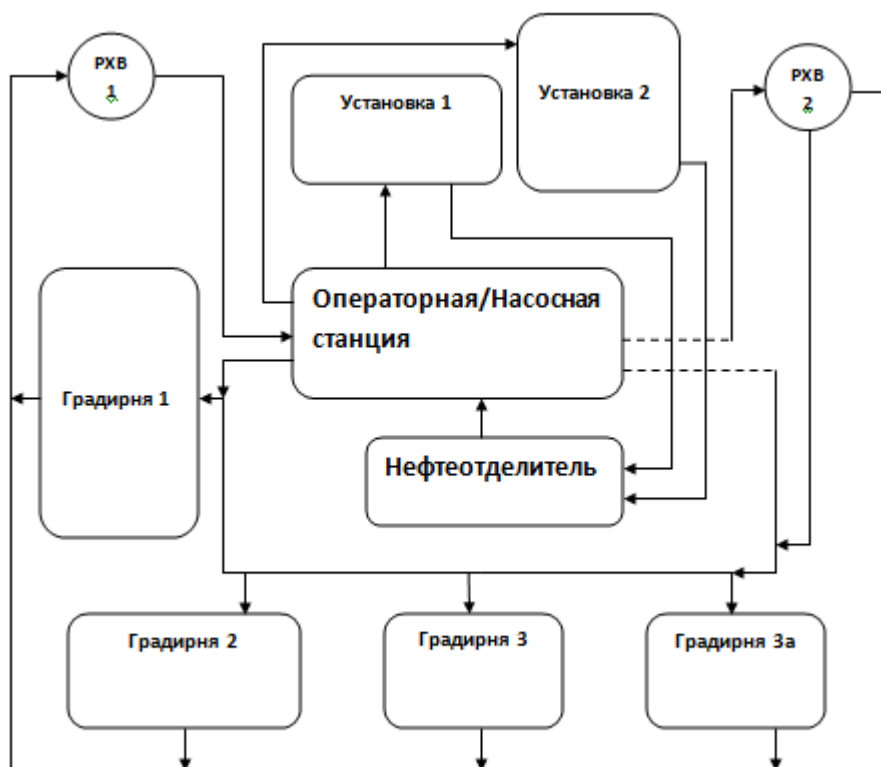


Рисунок 1. Блок-схема ВОУ № 627  
РХВ 1,2 – резервуар холодной воды 1,2

Потребителями оборотной воды ВОУ №627 являются установки ГО-2, КК-1, КК-2, ГФУ-1 НПЗ ОАО «Газпром нефтехим Салават».

Показателем, определяющим тенденцию воды к коррозионным процессам и процессам солеотложения, является индекс насыщения Ланжелье (LSI – Langelier Saturation Index), который на практике рассчитывается как функция электропроводности, кальциевой жесткости, щелочности, рН и максимальной температуры нагрева поверхности [3]. Для оценки термостабильности раствора наряду с индексом Ланжелье используется индекс стабильности Ризнера (RSI - Ryznar Stability Index), который связывает эмпирические данные по толщине пленки отложений, наблюдаемых для водооборотной воды, с химическими характеристиками воды. Также как и Индекс Ланжелье, Индекс Ризнера имеет в своей основе концепцию уровня насыщенности воды. Ризнер попытался оцифровать отношение между уровнем насыщения по карбонату кальция и образованием отложений (таблица 2) [4].

Таблица 2. Индекс Ланжелье и индекс стабильности Ризнера для оборотной воды ВОУ № 627

Период	Индекс Ланжелье (LSI)		Индекс стабильности Ризнера (RSI)	
	значение	заключение	значение	заключение
Допаводковый период (до 15.03.2013)	1,3	накипеобразование, коррозия незначительная	5,8	накипе- образование
Паводковый период (15.03.2013 – 01.05.2013)	1,6	накипеобразование, коррозия незначительная	4,8	накипе- образование
Послепаводковый период (с 01.05.2014)	0,9	накипеобразование, коррозия незначительная	6,2	коррозия

Проведя расчеты индексов Ланжелье и Ризнера получаем, что оборотная вода ВОУ № 627 более склонна к накипеобразованию, чем к коррозии.

ООО «НТЦ Салаватнефтеоргсинтез» разработало пакет реагентов для подготовки оборотной воды на ВОУ под торговой маркой АддиТОП.

Для оценки реагентов АддиТОП в промышленных условиях с целью их возможного дальнейшего внедрения и комплексного анализа их влияния на качественные показатели оборотной воды конкретной водооборотной системы, был проведен опытно-промышленный пробег реагентов АддиТОП на ВОУ № 627 НПЗ ОАО «Газпром нефтехим Салават» в период с 1 февраля 2013 года по 15 мая 2013 года.

Согласно утвержденной программе, пробег проводился в сравнении с базовыми (применяемыми в настоящее время на ВОУ № 627) реагентами в четыре этапа (рисунок 2).

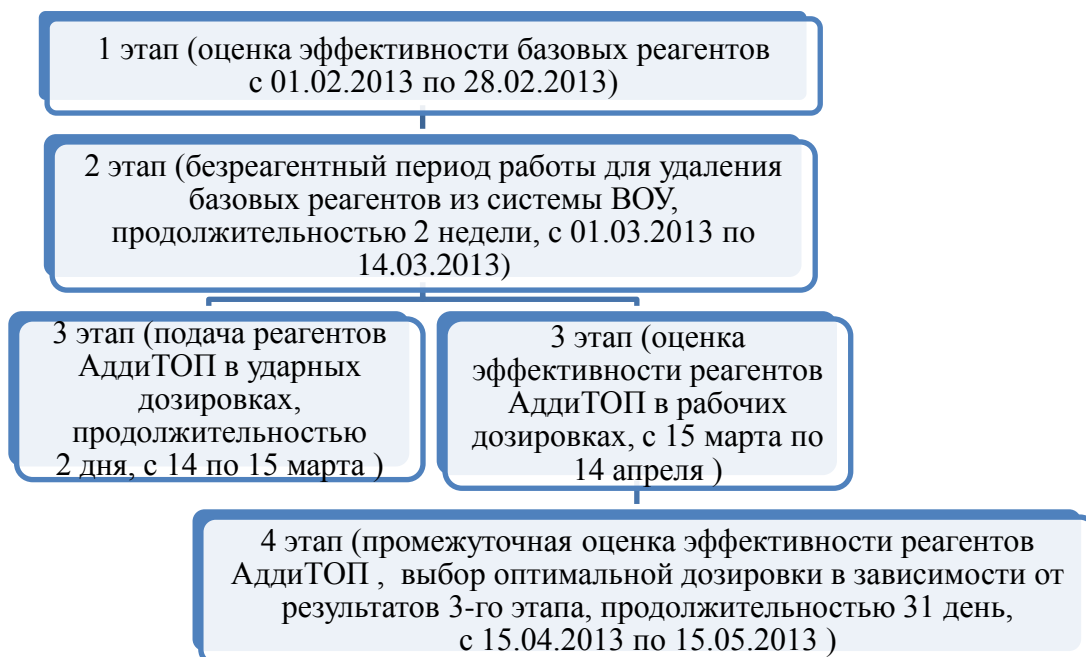


Рисунок 2. Этапы опытно–промышленного пробега на ВОУ № 627 НПЗ

Рабочие дозировки и расход базовых реагентов при коэффициенте упаривания равном двум приведены в таблице 3.

Таблица 3. Рабочие дозировки базовых реагентов при  $K_{уп}= 2$  и среднем объеме подпитки  $650 \text{ м}^3/\text{сут.}$ , расчет годового объема потребления

Реагент	Дозировка, г/т	Расход, кг/сут	Годовой объем потребления (365 сут), т
Базовый ингибитор коррозии	21,4	13,91	5,08
Базовый ингибитор солеотложений	5,2	3,38	1,23
Базовый биодисперсант	10,7	6,96	2,54
Базовый бромсодержащий биоцид-активатор	36,8	23,92	8,73
Базовый бактерицид - водный раствор гипохлорита натрия	608,8	395,72	144,44
			<b>Итого: 162,02</b>

Дозирование реагентов АддиТОП производилось по аналогии с базовыми реагентами технологическим персоналом водооборотного узла № 627 с периодичностью 1 раз в смену или 3 раза в сутки.

Рабочие дозировки реагентов АддиТОП при  $K_{уп}= 2$  и годовой объем потребления приведены в таблице 4.

Таблица 4. Рабочие дозировки реагентов АддиТОП при  $K_{уп}=2$  и среднем объеме подпитки  $650 \text{ м}^3/\text{сут.}$ , расчет годового объема потребления

Реагент	Дозировка, г/т	Расход, кг/сут	Годовой объем потребления (365 сут), т
Ингибитор солеотложения АддиТОП ИС-1	30	19,5	7,12
Ингибитор коррозии АддиТОП ИНВ	20	13,0	4,75
Дисперсант АддиТОП ДП	10	6,5	2,37
Бактерицид АддиТОП Б	50	18,3	6,68
			<b>Итого: 20,92</b>

Данные аналитического контроля о ключевых параметрах подпиточной и оборотной воды, характеризующих эффективность реагентов в подавлении коррозионных процессов и отложений солей жесткости представлены в таблицах 5, 6.

Таблица 5. Результаты аналитического контроля подпиточной воды в период пробега

№	Показатель			Среднее значение за период		
	Показатель	Ед. измерения	Норма	допаводковый (до 15.03.2013)	паводковый (15.03.2013 – 1.05.2013)	послепаводковый (с 01.05.2014)
2	рН	ед.рН	6,5-8,5			
3	удельная электропроводность, УЭП	мкСм/см	-*	326	260	227
4	массовая доля растворенного железа общего	мг/дм <sup>3</sup>	-	0,2	0,73	0,97
5	щелочность общая, Щ <sub>о</sub>	мг-экв/дм <sup>3</sup>	-	2,9	2,4	1,85
6	жесткость общая, Ж <sub>общ</sub>	мг-экв/дм <sup>3</sup>	не более 5,8	3,1	3,2	2,3
7	жесткость временная, Ж <sub>врем</sub>	мг-экв/дм <sup>3</sup>	-	2,2	1,8	0,7
8	жесткость кальциевая, Ж <sub>Са</sub>	мг-экв/дм <sup>3</sup>	не более 2,5	1,1	1,4	1,6
9	массовая доля взвешенных веществ	мг/дм <sup>3</sup>	не более 25	5	6,7	10
10	массовая доля хлоридов	мг/дм <sup>3</sup>	не более 300	10	9,3	8
11	массовая доля сульфатов	мг/дм <sup>3</sup>	не более 100	24	12,3	13

\* - показатель не нормируется



Таблица 6. Результаты аналитического контроля оборотной воды в период пробега

№	Показатель			Среднее значение за период			
				допаводковый (до 15.03.2013)		паводковый (15.03.2013 – 1.05.2013)	послепавод- ковый (с 01.05.2014)
	Показатель	Ед. измере- ния	Норма	Базовые реагенты	Без реагентов	Реагенты АддиТОП	Реагенты АддиТОП
1	рН	ед.рН	6,5-8,5	8,5	8,3	8	7,95
3	удельная электропроводность, УЭП	мкСм/ см	_*	395	358	311	241
4	массовая доля растворенного железа общего	мг/дм <sup>3</sup>	-	0,4	0,23	0,33	0,91
5	щелочность общая, Щ <sub>о</sub>	мг- экв/дм <sup>3</sup>	-	3,2	3	2,8	1,95
6	жесткость общая, Ж <sub>общ</sub>	мг-экв/ дм <sup>3</sup>	не более 5,8	3,8	3,5	3,5	2,5
7	жесткость временная, Ж <sub>врем</sub>	мг-экв/ дм <sup>3</sup>	-	2,7	2,5	1,2	0,55
8	жесткость кальциевая, Ж <sub>Са</sub>	мг-экв/ дм <sup>3</sup>	не более 2,5	1,1	1,1	2	2,05
9	массовая доля взвешенных веществ	мг/дм <sup>3</sup>	не более 25	9	13	11	16
10	массовая доля хлоридов	мг/дм <sup>3</sup>	не более 300	31	11	9,3	10
11	массовая доля сульфатов	мг/дм <sup>3</sup>	не более 100	28	34	17	6

\* - показатель не нормируется

### Общий анализ физико-химических показателей воды в период пробега

Значения показателя активности водородных ионов (рН) оборотной воды в течение всего периода пробега находились в границах допустимых норм и не превышали 8,5 единиц, имея некоторую тенденцию к снижению на реагентах АддиТОП. При этом, при применении базовых реагентов, среднее значение рН оборотной воды было равно верхней границе нормируемого диапазона и составляло 8,5 ед., что связано с применением в

качестве бактерицида больших количеств гипохлорита натрия, гидролизующегося с образованием гидроксида натрия.

Щелочность воды обуславливается наличием находящихся в растворе гидратов, карбонатов, бикарбонатов и фосфатов щелочных и щелочноземельных металлов натрия, кальция и магния, вызывающих щелочную реакцию воды. В период с начала пробега 01.02.2013 г. и по 08.04.2013 г. показатель остается относительно постоянным и не снижается ниже отметки 2,5 мг/дм<sup>3</sup>. Начиная с 8 апреля 2013 г. наблюдается резкое снижение показателя общей щелочности (Щ<sub>о</sub>), что связано с паводковым периодом, при сохранении постоянной корреляции данного показателя между подпиточной и оборотной водой.

Наиболее значимыми характеристиками качества воды являются удельная электрическая проводимость (далее УЭП), отражающая общую минерализацию воды, и расчетный коэффициент упаривания  $K_y$ . В период всего пробега коэффициент упаривания  $K_y$  имел среднюю величину порядка 1,1-1,4 единиц, что является относительно невысоким показателем для ВОУ и связано со значительной продувкой на установках (слив оборотной воды в промышленную канализацию). Из рисунка 3 следует, что УЭП оборотной и подпиточной воды ожидаемо коррелируют между собой во все периоды пробега.

В период подачи реагентов АддиТОП, УЭП как оборотной, так и подпиточной воды была несколько выше, чем в период пробега на базовых реагентах. Это напрямую связано с увеличением объема паводковых (загрязненных) вод в подпиточной воде в период таянья снега. Наибольший результат зафиксирован 03.04.2013 г. – 418 мкСм/м (рисунок 3).

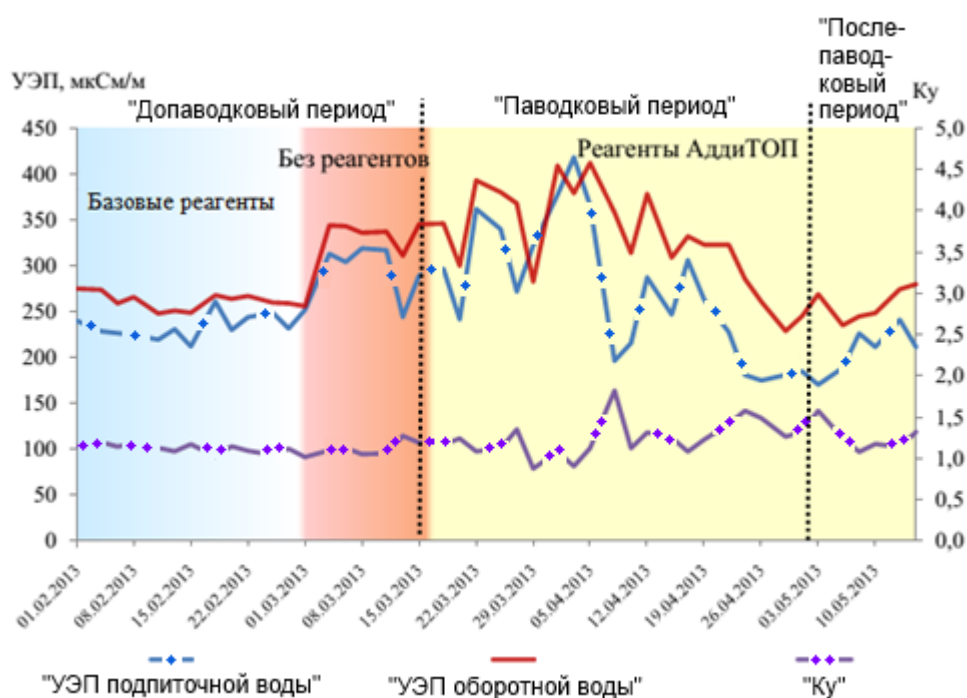


Рисунок 3. Значения УЭП и  $K_u$  подпиточной и оборотной воды

Показатели жесткости подпиточной и оборотной воды также коррелируют между собой. В период пробега данные показатели не превышали установленных норм и характеризовались стабильными значениями с некоторым понижением в период пробега на реагентах АддиТОП, что связано с изменением концентрации солей в подпиточной воде в паводковый и послепаводковый периоды.

Показатели взвешенных веществ в подпиточной и оборотной воде в период пробега на базовых реагентах и безреагентный период не превышали допустимые значения. Количество взвешенных веществ в оборотной и подпиточной воде в период пробега на реагентах АддиТОП резко увеличилось, что связано с интенсивным таяньем снега. Применение в паводковый период дисперсанта АддиТОП ДП позволило минимизировать влияние значительного прироста взвешенных веществ в подпиточной воде на состояние оборотной воды. После завершения таянья снега количество взвешенных веществ пришло в норму и не превышало показателей на базовых реагентах, что свидетельствует об успешном

удалении (вымывании) взвешенных и твердых частиц из системы (рисунок 4).

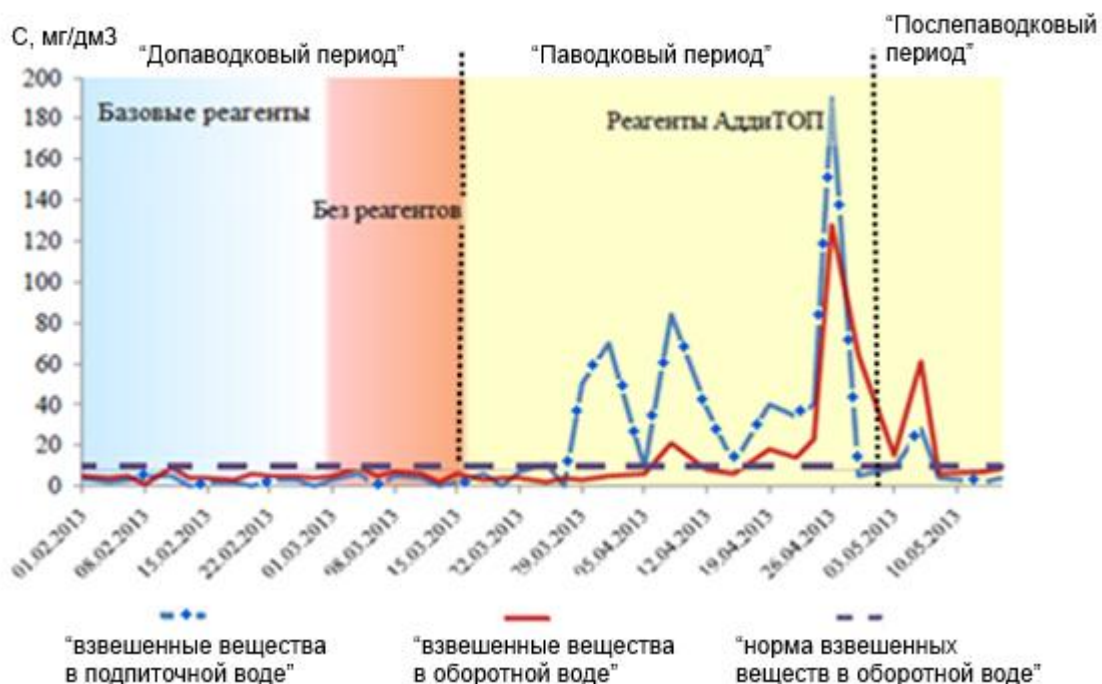


Рисунок 4. Содержания взвешенных веществ в подпиточной и оборотной воде ВОУ № 627

Необходимо отметить, что объективно оценить эффективность ингибиторов солеотложений и дисперсантов по физико-химическим показателям подпиточной и оборотной воды крайне сложно, так как необходимо учитывать множество показателей и влияющих факторов.

Реальную картину эффективности можно получить только путем планового или внепланового осмотра теплообменного оборудования (пучки холодильников и др.), в котором использовалась для охлаждения оборотная вода с ингибитором солеотложений. В случае использования неэффективных реагентов возможен преждевременный выход из строя теплообменников или снижения нормируемых показателей таких параметров, как температура и давление технологической среды до и после теплообменников. В период пробега нареканий со стороны технологического персонала цехов и установок, которых обеспечивает оборотной водой ВОУ № 627, не поступало, что позволяет на данном

временном отрезке оценивать базовые реагенты и серии АддиТОП как эффективные.

### **Анализ коррозионной защиты оборудования**

Содержание растворенного общего железа косвенно характеризует коррозионную агрессивность среды и, соответственно, эффективность ингибитора коррозии.

За весь период пробега реагентов АддиТОП концентрация ионов общего железа колебалась в пределах от 0,10 до 1,72 мг/дм<sup>3</sup>. Критическим значением показателя массовая концентрация общего железа является величина 3,0 мг/дм<sup>3</sup>. Таким образом, за период пробега концентрация растворенного железа находилась в безопасном диапазоне.

Как следует из рисунка 5, начиная с 17.03.2013 г., показатель содержания общего железа в оборотной воде имел тенденцию к увеличению, хотя в подпиточной воде период увеличения, связанный с загрязнением речной воды талыми водами, наступает несколько позже – 08.04.2013 г. Вероятно, это связано с подачей ударных дозировок реагентов АддиТОП и, в частности, высокой эффективностью диспергатора АддиТОП ДП, что вызвало вымывание железистых отложений с поверхностей технологического оборудования. В дальнейшем содержание железа в оборотной воде не превышает показателей подпиточной воды, что говорит об отсутствии постороннего железа в оборотной воде и достаточной степени защиты оборудования от коррозии.

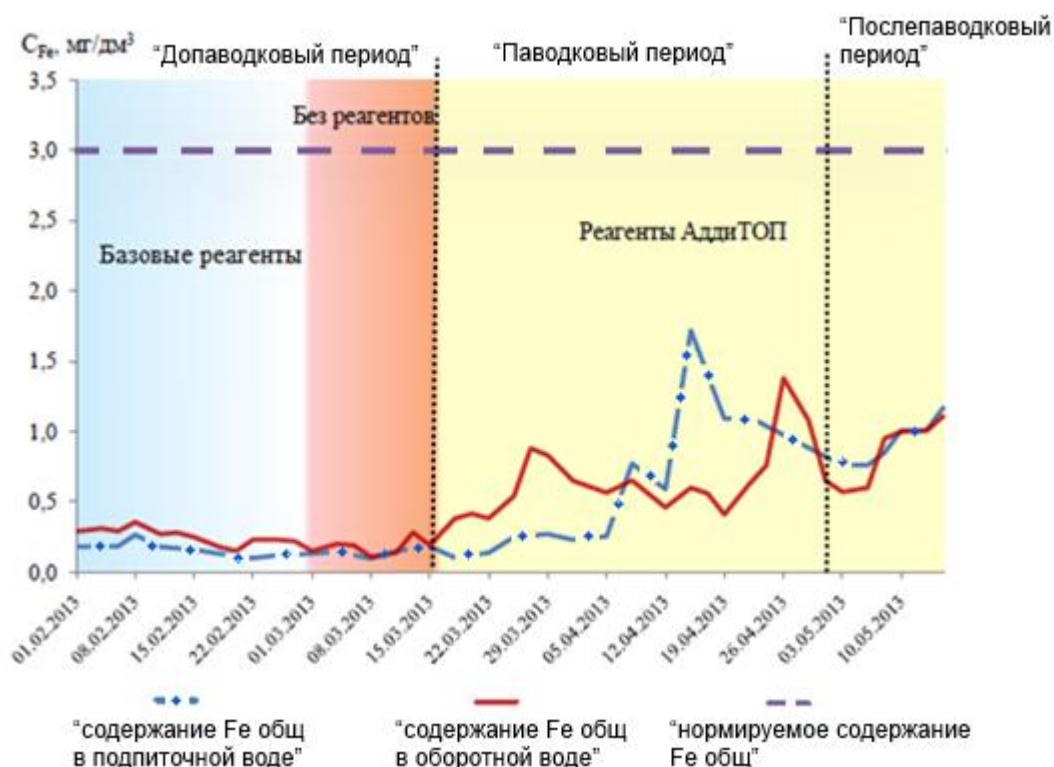


Рисунок 5. Изменение содержания растворенного общего железа  $Fe_{общ}$  в подпиточной и оборотной воде в ходе пробега

В оборотной и подпиточной воде также контролировалась концентрация сульфатов и хлоридов, как наиболее распространенных в природе анионов. В целом, чем больше содержание сульфатов и хлоридов, тем более коррозионной является среда. Количество сульфатов и хлоридов в период пробега на базовом реагенте было заметно выше, чем в безреагентный период и на реагентах АддиТОП. Высокое содержание хлоридов при использовании базового реагента связано с подачей большого количества гипохлорида натрия (далее ГПХН) в систему. Использование в качестве бактерицида ГПХН приводит к необратимому воздействию на окружающую среду и человека ввиду потенциальной опасности выделения газообразного хлора при хранении. ГПХН образует побочные продукты дезинфекции, включая тригалометаны, что ухудшает качество воды. Также ГПХН оказывает довольно сильное коррозионное воздействие на различные материалы. Большие дозировки ГПХН обусловлены неселективностью ГПХН (активный хлор, в первую очередь, расходуется на взаимодействие с непредельными углеводородами,

аммиаком и другими органическими соединениями). Кроме того, газообразный хлор чрезвычайно ядовитый газ, относится ко второму классу опасности [5, 6].

В период пробега на реагентах АддиТОП содержание хлоридов хорошо коррелирует с содержанием данного аниона в подпиточной воде, что говорит о том, что реагенты АддиТОП не содержат хлориды и этот анион поступает в систему только с подпиточной водой.

Для контроля скорости коррозии в период пробега на базовых реагентах и АддиТОП проводились измерения скорости коррозии гравиметрическим способом с помощью купонов [7, 8], представляющие собой 4 стальные пластинки (Ст20), собранные в кассету и установленные в нефтеотделитель и резервуар холодной воды на ВОУ № 627.

В таблице 7 приведены данные по скорости коррозии металлических образцов в ходе гравиметрических испытаний на ВОУ № 627.

Таблица 7. Скорость коррозии металлических пластинок

Объект	Период	Скорость коррозии, мм/год	
		Базовые реагенты	АддиТОП
Оборотная вода из нефтеотделителя	1 февраля – 28 февраля (допаводковый период)	0,286	-
Резервуар холодной воды	1 февраля – 28 февраля (допаводковый период)	0,335	-
Оборотная вода из нефтеотделителя	5 марта – 14 апреля (паводковый период)	-	0,221
Резервуар холодной воды	15 марта – 14 апреля (паводковый период)	-	0,253
Оборотная вода из нефтеотделителя	15 апреля - 15 мая (послепаводковый период)	-	0,327
Резервуар холодной воды	15 апреля - 15 мая (послепаводковый период)	-	0,414

Результаты испытаний (таблица 7) показывают, что охлажденная оборотная вода в резервуаре, обладает большей коррозионной активностью по сравнению с теплой оборотной водой в нефтеотделителе. Полученные данные характерны как для базового реагента, так и для АддиТОП и объясняются наличием большого количества растворенного

кислорода в подпиточной воде. После снижения дозировки ингибитора коррозии АддиТОП ИНВ скорость коррозии возросла и несколько превысила показатели базового реагента. Этот факт указывает на необходимость возврата к первоначальной дозировке АддиТОП ИНВ (в период с 15 марта по 14 апреля), при которой скорость коррозии на реагентах АддиТОП была ниже по сравнению с базовым реагентом.

### **Микробиологическое состояние оборотной воды в период пробега**

Эффективность бактерицида оценивалась с помощью BART-тестов, представляющих собой контейнеры с питательной средой, рассчитанной для определения содержания железовосстанавливающих (далее ЖВБ) и сульфатовосстанавливающих (далее СВБ) бактерий.

В период подачи реагентов АддиТОП с 15 марта по конец апреля 2013 г. наблюдался паводок, при котором бактериальное загрязнение подпиточной воды намного выше, чем в зимний период. В этих условиях бактерицид АддиТОП Б показал одинаковую эффективность с базовыми реагентами. По окончании паводка (отбор проб 13.05.2013 г) на реагентах АддиТОП количество колоний СВБ снизилось по сравнению с базовыми реагентами в 3,6 раза, ЖВБ – в 22 раза [9]. Таким образом, бактерицид АддиТОП Б превышает по эффективности базовые реагенты в подавлении жизнедеятельности СВБ и ЖВБ.

### **Выводы**

Обобщая результаты пробега, можно с уверенностью утверждать, что предложенная программа обработки оборотной воды реагентами АддиТОП не уступает по эффективности программе обработки базовыми реагентами, а по эффективности коррозионной и микробиологической защиты превосходит ее. Годовой объём потребления базовых реагентов в 3 раза превышает аналогичный показатель для реагентов АддиТОП, что в совокупности с более низкой суммарной стоимостью обработки



реагентами АддиТОП делает обоснованным переход на новый пакет реагентов для обработки оборотной воды на ВОУ № 627.

### Список используемых источников

1 Наука. Технология. Производство – 2013. Тезисы докладов Междунар. науч.-техн. конф. Уфа: Изд-во Уфимского нефтяного гос. техн. ун-та, 2013. 179с.

2 Рахманкулов Д.Л. Ингибиторы коррозии. Основы теории и практики применения. Уфа: Гос. изд-во науч.-техн. лит-ры Реактив, 1997. Т. 1. 296 с.

3 Водоподготовка // h-flow.ru: сайт. Москва. 2014. URL: <http://www.h-flow.ru/tehnologii/raschet-indeksa-lanzhelier-i-indeksa-rizner/>(дата обращения 01.04.2014).

4 Технологии Воды // t-water.ru: сайт. Санкт-Петербург. 2014. URL: <http://t-water.ru/index.php/water-properties/khimiya-vody/142-ryznar-stability-index-rsi> (дата обращения 01.04.2014).

5 Талалай А.В., Шукайло Б.Н., Коломиец П.В. Предупреждение закисления оборотной воды в результате биологической нитрификации. Современные технологии водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования // Сб. докладов конф. М.: ИРЕА, 2003. С. 81.

6 Алферова А.А., Нечаев А.П. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов. М.: Стройиздат, 1997. С. 86.

7 Робинсон Д.С. Ингибиторы коррозии / Пер. с англ. под ред. Иванова Е.С. М.: Metallurgia. 1983. С. 272.

8 ГОСТ 9.506-87 Единая система защиты от коррозии и старения. Ингибиторы коррозии металлов в водно-нефтяных средах. Методы определения защитной способности. М., 1987. С.6.

9 Экологические проблемы нефтедобычи – 2013. Сб. докладов науч.-техн. конф. Уфа: Изд-во «Нефтегазовое дело», 2013. 131с.

## References

- 1 Nauka. Tehnologiya. Proizvodstvo -2013. Tezisy dokladov Mezhdunar. nauch.-tehn. konf. Ufa: Izd-vo Ufimskogo neftyanogo gos. tehn. un-ta, 2013. 179 s. [in Russian].
- 2 Rahmankulov D.L. Ingibitory korrozii. Osnovy teorii i praktiki primeneniya. Ufa: Gos. izd-vo nauch.-tehn. lit-ry Reaktiv, 1997. T. 1. 296 s. [in Russian].
- 3 Vodopodgotovka // h-flow.ru: sait. Moskva. 2014. URL: [http://www.h-flow.ru/texnologii/raschet-indeksa-lanzhelier-i-indeksa-rizner/\(data obrasheniya 01.04.2014\)](http://www.h-flow.ru/texnologii/raschet-indeksa-lanzhelier-i-indeksa-rizner/(data obrasheniya 01.04.2014)). [in Russian].
- 4 Tehnologii Vody // t-water.ru: sait. Sankt-Peterburg. 2014. URL: [http://t-water.ru/index.php/water-properties/khimiya-vody/142-ryznar-stability-index-rsi \(data obrasheniya 01.04.2014\)](http://t-water.ru/index.php/water-properties/khimiya-vody/142-ryznar-stability-index-rsi (data obrasheniya 01.04.2014)). [in Russian].
- 5 Talalai A.V., Shukailo B.N., Kolomiec P.V. Preduprezhdenie zakisleniya oborotnoi vody v rezul'tate biologicheskoi nitrifikacii. Sovremennye tehnologii vodopodgotovki i zashity oborudovaniya ot korrozii i nakipeobrazovaniya // Sb. dokladov konf. M. : IREA, 2003. S. 81. [in Russian].
- 6 Alferova A.A., Nechaev A.P. Zamknutyie sistemy vodnogo hozyaistva promyshlennyh predpriyatii, kompleksov i raionov. M.: Stroiiizdat, 1997. S. 86. [in Russian].
- 7 Robinson D.S. Ingibitory korrozii / Per. s angl. pod red. Ivanova E.S. M.: Metallurgiya. 1983. S. 272. [in Russian].
- 8 GOST 9.506-87 Edinaya sistema zashity ot korrozii i stareniya. Ingibitory korrozii metallov v vodno-neftnyanyh sredah. Metody opredeleniya zashitnoi sposobnosti. M., 1987. S.6. [in Russian].
- 9 Ekologicheskie problemy nefte dobychi - 2013. Sb. dokladov nauch.-tehn. konf. Ufa: Izd-vo «Neftegazovoe delo», 2013. 131s. [in Russian].

**Сведения об авторах****About the authors**

Слобода А.В., магистрант, группа МТС 01-12-01 ФГБОУ ВПО УГНТУ,  
г. Уфа, Российская Федерация

A.V. Sloboda, Master Student of MTS 01-12-01 the Group FSBEI HPE "Ufa  
State Petroleum Technological University", Ufa, the Russian Federation

Миннигулов Ф.Ф., канд. хим. наук, ведущий специалист Лаборатории  
проблемных исследований ООО «Научно - Технический Центр  
Салаватнефтеоргсинтез», г. Салават, Российская Федерация

F.F. Minnigulov, Candidate Chemical Sciences, Lead Specialist of  
Laboratory Problem Research LLC "Research and Technology Center  
Salavatnefteorgsintez", Salavat, the Russian Federation

Садретдинов И.Ф., канд. хим. наук, начальник лаборатории  
проблемных исследований ООО «Научно - технический центр  
Салаватнефтеоргсинтез», г. Салават, Российская Федерация

I. F. Sadretdinov, Candidate Chemical Sciences, Head of Laboratory  
Problem Research LLC "Research and Technology Center  
Salavatnefteorgsintez", Salavat, the Russian Federation

e-mail: 28sif@snos.ru