

КОМПОЗИЦИОННЫЙ ДЕЭМУЛЬГАТОР ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ТЯЖЕЛЫХ ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ

COMPOSITE DEMULSIFIER FOR THE PREPARATION OF HEAVY HIGH-VISCOSITY OILS

УДК 622.276.8

Р.Р. МИНГАЗОВ**А.В. ЛУЖЕЦКИЙ****О.Ю. СЛАДОВСКАЯ****Н.Ю. БАШКИРЦЕВА****Р.Р. РАХМАТУЛЛИН****В.А. ТОЛСТОГУЗОВ****R.R. MINGAZOV****A.V. LUZHETSKY****O.J. SLADOVSKAJA****N.J. BASHKIRTSEVA****R.R. RAHMATULLIN****V.A. TOLSTOGUZOV**

аспирант кафедры «Химическая технология переработки нефти и газа» КГТУ

аспирант кафедры «Химическая технология переработки нефти и газа» КГТУ

кандидат технических наук, доцент кафедры «Химическая технология переработки нефти и газа» КГТУ

доктор технических наук, профессор кафедры «Химическая технология переработки нефти и газа» КГТУ

кандидат химических наук, доцент кафедры «Технологии основного органического и нефтехимического синтеза» КГТУ
технический директор ОАО «Елабуганефть»Казань
rifat18@mail.ru

Post graduate, Kazan state technological university

Post graduate, Kazan state technological university

Cand.Tech.Sci., Kazan state technological university

Dr.Tech.Sci., Kazan state technological university

Cand.Tech.Sci., Kazan state technological university

Tech.director, Elabuganeft JSC

Kazan

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Нефть, подготовка нефти, деэмульгатор, деэмульгирующая способность, динамическая вязкость

KEYWORDS:

Oil, oil treating, demulsificator, demulsifying ability, dynamic viscosity

При проведении лабораторных испытаний на водонефтяной эмульсии Пенячинского месторождения ОАО «Елабуганефть» был подобран высокоэффективный многофункциональный композиционный деэмульгатор СТХ-ДП-11М, разработанный с учетом свойств нефтяной эмульсии. В результате опытно-промышленных испытаний установлено, что за счет проявления синергизма действия компонентов входящих в состав разработанного композиционного состава, замена базовых реагентов на СТХ-ДП-11М позволила стабилизировать содержание воды и солей в водонефтяной эмульсии, поступающей на установку подготовки нефти, а также улучшить качество подтоварной воды. Применение данного реагента обеспечивает показатели содержания воды и солей в товарной нефти в соответствии с требованиями ГОСТ.

During laboratory tests of oil-water emulsion from the Penjachinsky field of JSC Elabuganeft, highly effective multifunction composite emulsion breaker STH-DP-11M was designed taking into account crude-oil emulsion properties. As a result of field tests it has been determined, that at the expense of appearance of a synergism of the action of different components of the designed composite, substitution of basic compounds on STH-DP-11M allowed to stabilize water content and salt content in oil-water sludge entering oil treatment unit, and also to meliorate quality of commercial water. Application of the produced compound provides indicators of water and salt content in tank oil according to requirements of GOST.

Задача снижения энергозатрат в системе промышленного сбора нефти была и остается актуальной, и связана, частично, с образованием устойчивых высоковязких эмульсий. Поэтому ее решение во многом зависит от эффективности разрушения водонефтяной эмульсии, в том числе, с помощью технологии внутритрубной деэмульсации. Чем глубже удастся разрушить эмульсию на этапе нефтесбора, тем меньше становится ее вязкость [1, с.134]. В связи с этим, применение эффективного реагента на стадии внутритрубной деэмульсации является существенным вкладом в экономику процесса подготовки нефти. Основными требованиями для такого реагента являются: эффективность при низких температурах и хорошая динамика обезвоживания водонефтяной эмульсии.

В данной статье приведены результаты лабораторных и опытно-промышленных испытаний композиционного состава СТХ-ДП-11М при сборе и подготовке нефтяной эмульсии Пенячинского месторождения ОАО «Елабуганефть».

Для Пенячинского месторождения характерны нефти с высокой плотностью,

с повышенной вязкостью, с малым содержанием светлых фракций и большим количеством асфальтено-смолистых веществ (таблица 1). Как правило, эмульсии образованные подобными нефтями обладают высокой вязкостью и стойкостью к воздействию деэмульгатора. Это обусловлено тем, что реологические характеристики нефти, как дисперсной системы, во многом определяются образованием надмолекулярных структур, что сказывается на технологических параметрах процессов, протекающих при подготовке нефти [2, с.61].

Были проведены исследования реологических параметров нефтяной эмульсии Пенячинского месторождения на ротационном вискозиметре «VISCO STAR-L» при температуре 10°C, что соответствует температуре нефтяной эмульсии на устье скважин в зимний период. Полученные зависимости динамической вязкости нефти от скорости сдвига при различной обводненности нефтяной эмульсии приведены на рисунке 1. Установлено, что наибольшей обводненности продукции скважин соответствуют максимальные значения

вязкости. При обводненности 70 % об. значения динамической вязкости водонефтяной эмульсии составляют более 30000 сПз. Далее, при незначительном снижении содержания воды в эмульсии (с 70% об. до 54% об.), динамическая вязкость эмульсии снижается почти в три раза, несмотря на то, что значения вязкости по прежнему остаются очень высокими (более 10000 сПз). Даже при обводненности 0,50% об. нефтяная эмульсия остается такой же высоковязкой, с вязкостью порядка 500 сПз (рисунок 1).

Транспортировка и подготовка таких высоковязких и агрегативно устойчивых нефтей, несмотря на разнообразие существующих на сегодняшний день промышленных деэмульгаторов, является сложной задачей и ее решение возможно только при использовании высокоэффективных и многофункциональных композиционных составов.

Подбор высокоэффективных композиционных деэмульгаторов во многом определяется свойствами добываемой продукции (обводненность эмульсии, наличие механических примесей, ►

физико-химические свойства нефти и попутной воды, состав природных стабилизаторов, температура и т.д.). Наиболее рациональный подход к подбору эффективных и экономичных реагентов обеспечивается проведением комплекса исследований со свежееотобранными эмульсиями непосредственно на промыслах.

Лабораторные испытания по подбору эффективных реагентов-деэмульгаторов проводились путем моделирования процесса сбора и подготовки нефти Пенячинского месторождения. На первом этапе моделировалась внутритрубная деэмульсация на участке трубопровода ГЗУ – ДНС – УПН при температуре 10 °С. На втором этапе моделировался процесс подготовки нефти на УПН. Исследования проводились при температурах 20 и 45 °С, т.к. процесс обезвоживания нефти осуществляется в две ступени.

На рисунке 2 приведена схема сбора продукции скважин Пенячинского

месторождения ОАО «Елабуганефть». На стадии сбора в поток нефти дозируется реагент-деэмульгатор в блоках подачи реагента БР-1, БР-2 и БР-3 в количестве 120 г/т нефти. Водонефтяная эмульсия с реагентом-деэмульгатором поступает на УПН при температуре 20 °С (рисунок 3).

На УПН осуществляется обезвоживание нефти в две ступени в ГО-1 и ГО-2 и обессоливание нефти в ГО-3 при температуре 45 °С. В поток водонефтяной эмульсии подается реагент-деэмульгатор на блоках подачи реагента БР-4 и БР-5 в количестве 60 г/т нефти.

В работе использовались индивидуальные реагенты-деэмульгаторы марки «СТХ», производимые ЗАО «Среднетоннажная химия», и многофункциональные композиционные составы на основе этих реагентов. В качестве реагентов сравнения использовались базовые реагенты СНПХ-4480, применяемый в системе нефтесбора на Пенячинском месторождении, и LML-4312,

применяемый на УПН «Елабуганефть». Исследования были проведены по стандартной методике «бутылочной пробы».

В таблице 2 представлены сравнительные результаты деэмульгирующей эффективности реагентов при лабораторном моделировании процесса внутритрубной деэмульсации. Исследования проводились при температуре 10 °С, расход реагента составлял 120 г/т, обводненность водонефтяной эмульсии – 58 % об.

Анализируя результаты, полученные при моделировании низкотемпературной внутритрубной деэмульсации, было установлено, что при данных условиях по динамике обезвоживания и остаточному содержанию воды, наилучшие показатели у нового композиционного состава СТХ-ДП-11М, разработанного с учетом свойств нефтяной эмульсии Пенячинского месторождения. Следует отметить, что за первые 30 мин. отстоя с использованием композиции СТХ-ДП-11М степень обезвоживания составляет 59%, тогда как при использовании базового реагента СНПХ-4480 всего лишь 31% (таблица 2).

На этапе сбора высокообводненных нефтей наиболее важным показателем является быстрое разрушение эмульсии, что позволяет не только снизить вязкость перекачиваемой нефтяной эмульсии, но и уменьшить объем транспортируемой жидкости путем сброса отделившейся воды на ДНС. Поэтому необходимым критерием для отбора эффективных реагентов на этапе внутритрубной деэмульсации являлась динамика обезвоживания нефтяной эмульсии.

Наряду с композиционным составом СТХ-ДП-11М, реагенты СТХ-2124 и СТХ-5, показавшие хорошие результаты при моделировании внутритрубной деэмульсации, также были испытаны при условиях подготовки нефти. Моделирование подготовки нефти на УПН проводилось при температуре 20 °С в течение часа и при температуре 45 °С в течение трех часов (таблица 3). В качестве базового реагента была выбрана смесь реагентов СНПХ-4480 и LML-4312 в соотношении 1:1, так как до поступления водонефтяной эмульсии на УПН в составе эмульсии уже содержится реагент СНПХ-4480, а на УПН в поток подается реагент LML-4312. С учетом количества реагента подаваемого для внутритрубной деэмульсации (120 г/т) и реагента подаваемого на УПН (60 г/т), суммарная дозировка реагента-деэмульгатора на весь процесс от сбора, до получения товарной нефти составляла 180 г/т.

При моделировании процесса подготовки нефти на УПН также было выявлено, что разработанный композиционный состав СТХ-ДП-11М обеспечивает наилучшую глубину обезвоживания. Значение остаточного содержания воды композиционного деэмульгатора СТХ-ДП-11М в 4 раза ниже по сравнению с базовыми реагентами (таблица 3).

По результатам лабораторных исследований установлено, что наиболее ►

№ п/п	Наименование показателя	Значения	Метод испытаний (обозначение НТД)
1.	Плотность нефти ρ_4^{20}	0,9352	ГОСТ 3900-85
2.	Массовая доля воды, % масс.	0,23	ГОСТ 2477-65
3.	Динамическая вязкость, сПз	427	ГОСТ 33-82
4.	Содержание солей, мг/л	257	ГОСТ 21534-76
5.	Суммарное содержание асфальтено-смолистых веществ, % масс.	19,06	ГОСТ 11851-85
6.	Фракционный состав, % об.	до 100 °С до 200 °С до 300 °С	4 12 42

Таб. 1. Физико-химическая характеристика товарной нефти

Наименование реагента	Степень обезвоживания (% об.) за время (мин.)										Остаточное содержание воды, % об.
	10	20	30	60	90	120	150	180	210	240	
Реапон-4В	0	5	14	22	29	40	45	47	50	53	39,1
СНПХ-4480	16	26	31	40	47	52	57	59	62	66	32,3
СТХ-ДП-11	24	43	45	47	48	52	55	56	57	58	36,8
СТХ-ДП-11М	43	57	59	64	67	72	77	81	84	87	15,2
СТХ-5	14	31	40	47	55	60	67	67	71	76	25
СТХ-2124	14	24	31	45	55	57	57	64	66	67	31,1
СТХ-1	0	10	14	21	26	31	43	45	50	52	40
Без реагента	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58

Таблица 2. Деэмульгирующая эффективность реагентов при моделировании процесса внутритрубной деэмульсации

Наименование реагента	Степень обезвоживания (% об.) за время (мин.) при температуре										Остаточное содержание воды, % об.
	20 °С					45 °С					
	10	20	30	60	90	120	150	180	210	240	
СТХ-5	18	24	37	49	68	91	91	93	94	94	10,5
СТХ-2124	16	23	38	56	76	89	90	92	92	92	12,8
СТХ-ДП-11М	42	50	52	65	89	97	98	99	99	99	1,4
СНПХ-4480 + LML-4312	8	11	18	44	79	91	94	95	96	97	5,6
Без реагента	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66

Таблица 3. Деэмульгирующая эффективность реагентов при моделировании процесса подготовки нефти на УПН

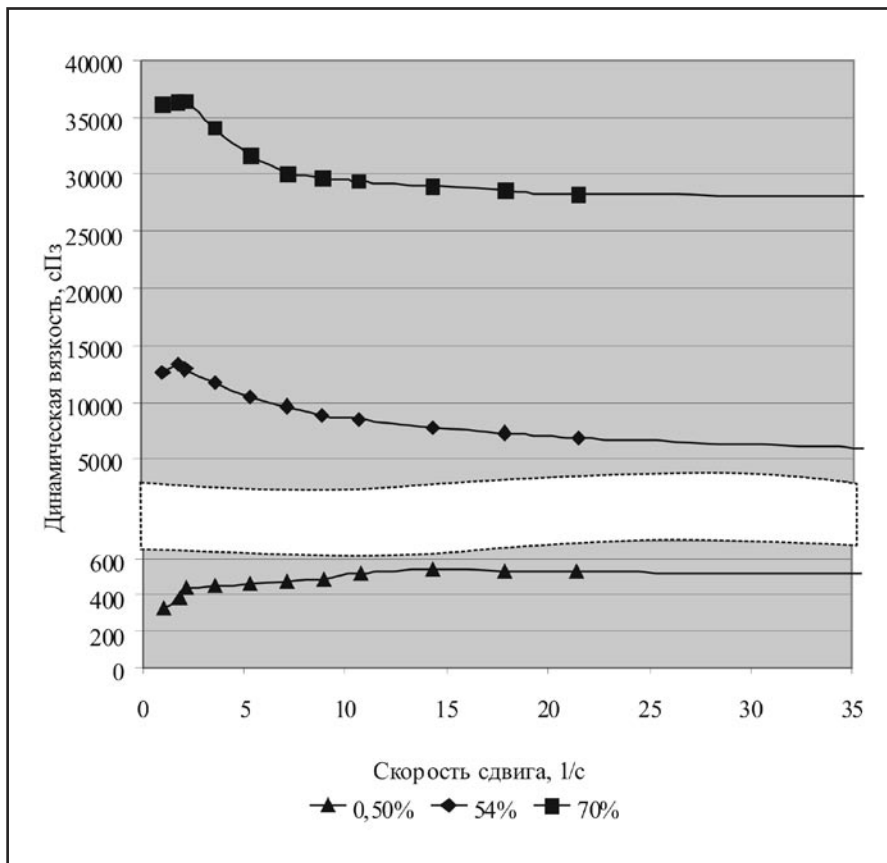


Рис. 1 Зависимость динамической вязкости водонефтяной эмульсии Пенячинского месторождения от скорости сдвига при разной обводненности

эффективным по сравнению с базовыми реагентами как по динамике обезвоживания, так и по остаточному содержанию воды является многофункциональный композиционный состав СТХ-ДП-11М.

Реагент СТХ-ДП-11М представляет собой композиционный деэмульгатор на основе реагента олигоуретанового типа СТХ-ДП-11 с 10 % добавкой цвиттер-ионного ПАВ. Как было показано при моделировании процесса внутритрубной деэмульсации, введение цвиттер-ионного ПАВ увеличивает деэмульгирующую эффективность реагента СТХ-ДП-11 в два раза, что позволяет снизить содержание воды и вязкость нефтяной эмульсии после введения реагента-деэмульгатора намного быстрее.

Это связано с синергизмом в деэмульгирующей эффективности компонентов, входящих в состав композиции, который может быть обусловлен формированием наиболее плотной упаковки молекул в адсорбционном слое, что приводит к снижению поверхностного натяжения на межфазной границе и слианию глобул воды.

В результате комплекса лабораторных исследований установлено, что за счет добавки цвиттер-ионного ПАВ с гетероатомными функциональными группами, композиционный состав СТХ-ДП-11М приобретает комплексность действия, т.е. помимо основных деэмульгирующих свойств композиция обладает и дополнительной защитной функцией от коррозии [3, с.123].

Таким образом, на основании результатов лабораторных исследований деэмульгатор СТХ-ДП-11М был рекомендован для проведения опытно-промышленных испытаний на Пенячинском месторождении. Испытания реагента в промышленных условиях проводились в течение 2 месяцев без изменений технологической схемы, распределения сырьевых потоков системы сбора, технологических параметров подготовки нефти и дозировки применяемого реагента-деэмульгатора.

Замена базовых реагентов на реагент СТХ-ДП-11М производилась поэтапно. Изначально был заменен базовый реагент СНПХ-4480 на СТХ-ДП-11М в системе сбора продуктов скважин. Замена реагента LML-4312 на реагент СТХ-ДП-11М на УПН произвели по истечении 20 суток. Удельный расход реагента-деэмульгатора ▶

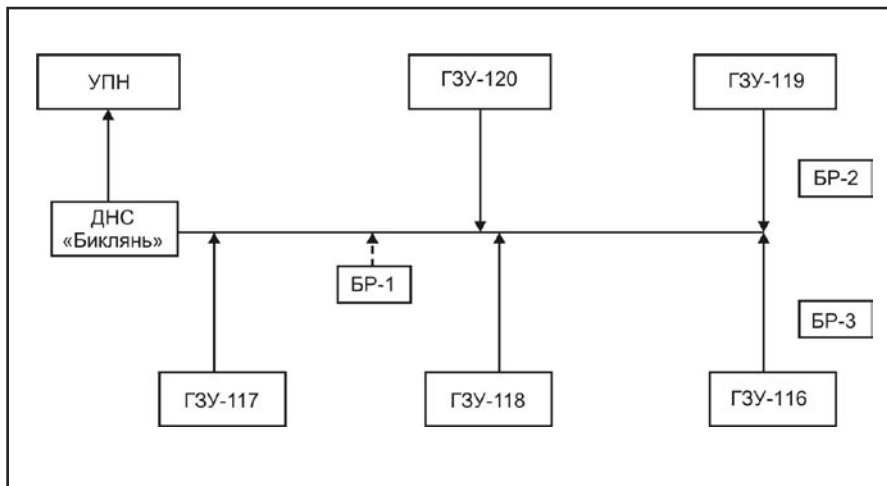


Рис. 2 Принципиальная схема сбора продукции скважин Пенячинского месторождения ОАО «Елабуганефть» БР - блок подачи реагента; ГЗУ – групповая замерная установка; ДНС – дожимная насосная станция; УПН – установка подготовки нефти.

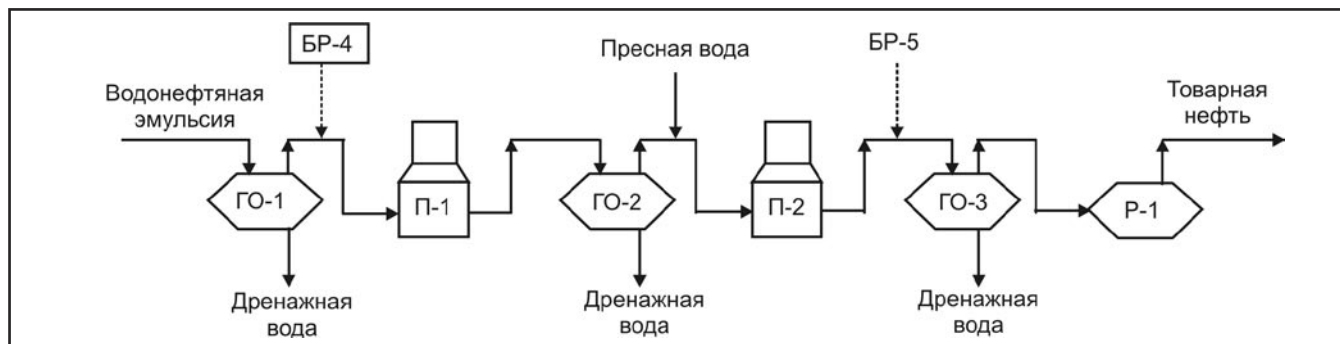


Рис. 3. Принципиальная схема УПН ОАО «Елабуганефть» БР - блок подачи реагента; ГО – горизонтальный отстойник; П – печь для нагрева нефти; Р – резервуар товарной нефти

СТХ-ДП-11М соответствовал расходу базовых реагентов-деэмульгаторов.

В ходе опытно-промышленных испытаний СТХ-ДП-11М контролировались все промежуточные и основные параметры работы установки и качество подготовки нефти по основным параметрам. Остаточное содержание воды и содержание солей контролировалось в трех точках: на выходе из горизонтального отстойника ГО-1, на выходе из горизонтального отстойника ГО-3 и на выходе с установки в резервуаре товарной нефти (рисунок 3).

Опытно-промышленные испытания показали, что реагент СТХ-ДП-11М обеспечивает высокую степень разрушения эмульсии на стадиях внутритрубной деэмульсации и предварительного сброса. Согласно полученным данным, при замене базового реагента СНПХ-4480 на реагент СТХ-ДП-11М на этапах сбора нефти наблюдаются стабилизация и снижение средних значений содержания воды и солей. При поступлении на УПН содержание воды в нефтяной эмульсии снизилось с 1,4 % масс. до 0,5 % масс. (рисунок 4), содержания солей – с 4000 мг/л до 1500 мг/л (рисунок 5).

На рисунке 6 представлены значения содержания воды в нефтяной эмульсии в резервуаре товарной нефти при применении реагентов СНПХ-4480 и LML-4312 до опытно-промышленных испытаний и при применении реагента

СТХ-ДП-11М после опытно-промышленных испытаний.

Как видно из рисунка 6, при применении реагента СТХ-ДП-11М, стабилизируются значения содержания воды в товарной нефти, т.е. нормализуется работа установки. Таким образом, замена двух разных реагентов (СНПХ-4480 и LML-4312) в системе сбора и подготовки нефти на один (СТХ-ДП-11М), способствует не только эффективному и стабильному отделению воды при сборе нефти, но и стабилизации процесса подготовки нефти в целом.

В ходе опытно-промышленных испытаний деэмульгатора СТХ-ДП-11М также осуществлялся строгий контроль по качеству подтоварной воды. При применении реагента СТХ-ДП-11М наблюдались снижение и стабилизация значений содержания нефтепродуктов и количества взвешенных частиц (КВЧ) в подтоварной воде (рисунок 7).

По результатам проведенных лабораторных и опытно-промышленных испытаний установлено, что разработанный новый многофункциональный композиционный деэмульгатор СТХ-ДП-11М, за счет проявления синергизма действия компонентов входящих в состав композиции, показывает хорошую динамику отстоя по сравнению с базовыми реагентами и обеспечивает высокую степень разрушения эмульсии. При замене базовых реагентов на

деэмульгатор СТХ-ДП-11М стабилизировался весь процесс сбора и подготовки нефти. Применение нового композиционного реагента-деэмульгатора СТХ-ДП-11М позволяет эффективно осуществлять подготовку нефти и подтоварной воды на Пенячинском месторождении ОАО «Елабуганефть». Учитывая положительный результат применения, данный реагент может быть рекомендован при подготовке тяжелых высоковязких нефтей и других регионов. ■

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Анализ режима работы дожимной насосной станции / Л.П. Пергушев, Р.Б. Фаттахов, Р.З. Сахубудинов, С.А. Соболев // Нефтяное хозяйство. – 2005. – №5. – С. 134 – 137.
2. Изучение реологических особенностей высоковязких нефтей / О.Ю. Трифонова, Н.Ю. Башкирцева // В материалах 2-ой международной конференции молодых ученых и студентов «Актуальные проблемы современной науки». – Самара, 2005. – С. 61-64.
3. Составы для обезвоживания нефти на основе неионогенных и ионогенных поверхностно-активных веществ / Р.Р. Мингазов, О.Ю. Сладовская, Н.Ю. Башкирцева // В материалах 5-ой Всероссийской научно-практической конференции «Нефтепромысловая химия». – Москва, 2010. – С.123-124.

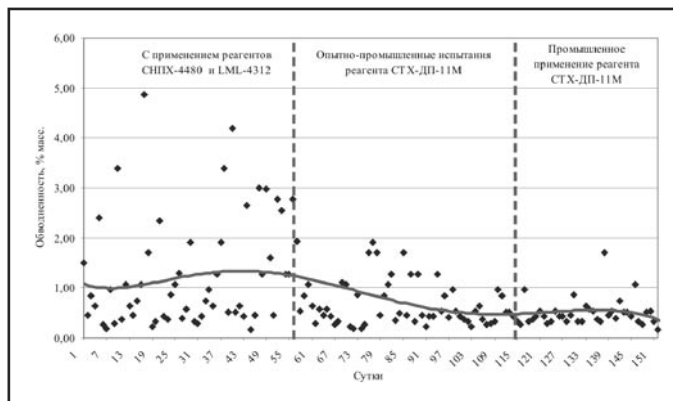


Рис. 4 Динамика изменения обводненности нефтяной эмульсии, поступающей на ступень обезвоживания

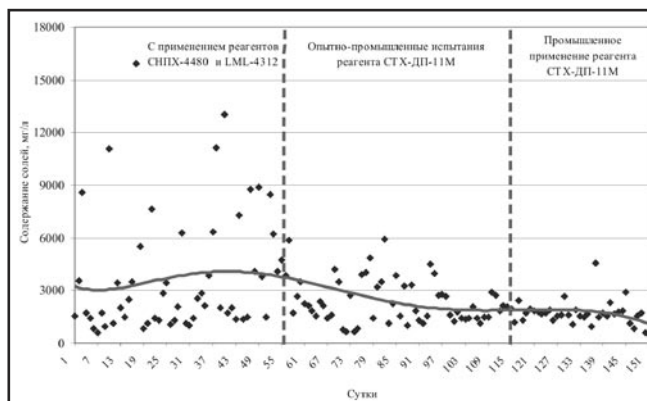


Рис. 5 Динамика изменения содержания солей в нефтяной эмульсии, поступающей на ступень обезвоживания

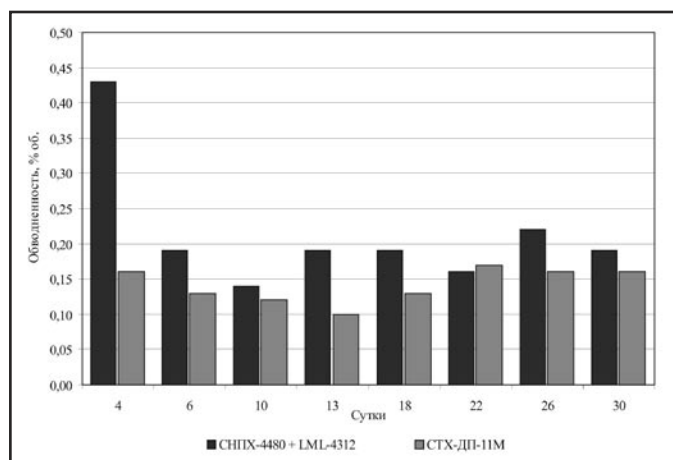


Рис. 6 Обводненность нефтяной эмульсии в резервуаре товарной нефти при применении реагентов СНПХ-4480 и LML-4312 и при применении реагента СТХ-ДП-11М

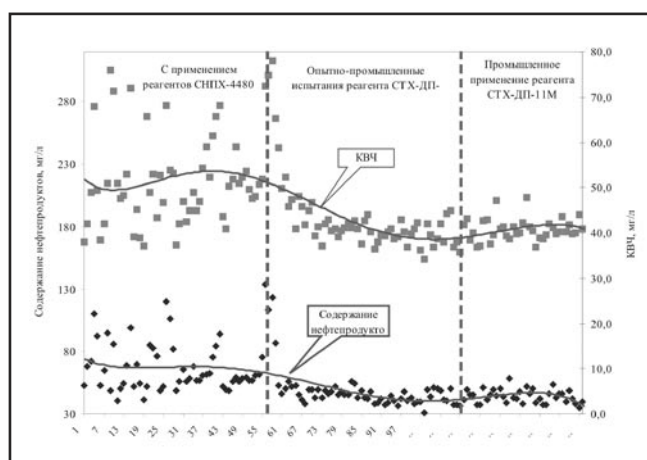


Рис. 7 Содержание нефтепродуктов и КВЧ в подтоварной воде