

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПР ПО ПОДГОТОВКЕ СТОЧНЫХ ВОД ДО СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ СТП В ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ»

Для того чтобы обеспечить соответствие качества подготовки используемой для заводнения нефтяных месторождений воды требованиям принятого в 2009 году корпоративного стандарта, в ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» проводятся ОПИ технологий подготовки и очистки сточных вод, основанных на флотации, центробежной и магнитной сепарации, применении реагентов, фильтрационных систем, титанового коагулянта и др. В предлагаемой Вашему вниманию статье приведены результаты испытаний некоторых технологий и дана оценка технологической и экономической эффективности их применения.

18.03.2017 Инженерная практика №12/2016



Дурбажев Алексей Юрьевич

Начальник отдела подготовки нефти Управления технологий добычи нефти и газа ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ»



Скрипченко Григорий Станиславович

Ведущий инженер отдела подготовки нефти Управления технологий добычи нефти и газа ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ»

Стандарт ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» (СТП) «Требования к качеству воды, используемой для заводнения нефтяных месторождений ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» (СТП-07-03.4-15-001-09) устанавливает основные функции закачиваемой воды: обеспечение работы системы ППД и эффективного вытеснения нефти из пористой среды с различными коллекторскими свойствами, предъявляет более жесткие требования к качеству воды по сравнению с ОСТ 39225-88. Так, согласно требованиям стандарта рабочий агент не должен:

- содержать частицы и формировать осадки, приводящие к кольматации пор и каналов пласта;
- становиться причиной неконтролируемого разрушения скелета пласта;
- оказывать вредное воздействие на технологические процессы добычи, сбора, транспорта и подготовки продукции скважин и предварительного сброса воды;
- провоцировать выделение балластных и коррозионно-активных газов.

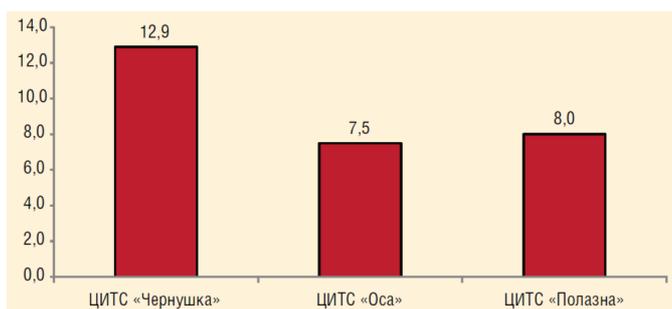


Рис. 1. Объем подготовки сточной воды для систем ППД ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» в 2016 г., млн м³

По итогам 2016 года объем подготовки воды в ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» составил не менее 28,4 млн м³ (рис. 1), на некоторых из 20 основных объектов подготовки воды качество воды не соответствовало требованиям СТП, что обуславливает необходимость продолжения работ по повышению качества воды за счет применения

соответствующих технологий.

ФЛОТАЦИОННАЯ ОЧИСТКА ВОДЫ

Технология немецкой фирмы AWAS International GmbH основана на флотации – очистке сточной воды за счет ее насыщения воздушной смесью (рис. 2). В процессе декомпрессии шлам всплывает и удаляется с поверхности, а при флотации выделяется сероводород, который необходимо утилизировать. Технология AWAS была испытана на двух объектах ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ»: УППН «Павловка» и УПСВ «Шагирт» и в целом показала свою эффективность (табл. 1). После проведения



Рис. 2. Технология флотационной очистки воды AWAS International GmbH (Германия)

испытаний она была рассмотрена в программе ОПР ПАО «ЛУКОЙЛ» и официально рекомендована к применению на объектах Компании. К сожалению, на этапе проектирования блока подготовки воды с использованием технологии AWAS выяснилось, что содержание сероводорода в газе, который выделяется при использовании данной технологии, очень велико.

Результаты испытаний технологий AWAS International GmbH и GEA Westfalia Separator Group GmbH на УПСВ «Шагирт»						
Технология	Концентрация нефтепродуктов, мг/л		Требования СТП	Концентрация ТВЧ, мг/л		Требования СТП
	до ОПИ	во время ОПИ		до ОПИ	во время ОПИ	
AWAS International GmbH	48-79	18-26	20	24-32	14-20	14
GEA Westfalia Separator Group GmbH	65-90	16-22		26-41	9-18	

Таблица 1. Результаты испытаний технологий AWAS International GmbH и GEA Westfalia Separator Group GmbH на УПСВ «Шагирт»

Проектным институтом была предложена технология по удалению сероводорода. Тем не менее, с учетом необходимости строительства дополнительного блока по удалению сероводорода проект приостановлен в связи с увеличением общей стоимости объекта по очистке воды в целом.

ОЧИСТКА ВОДЫ НА ОСНОВЕ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ СЕПАРАЦИИ

Еще одна технология очистки сточной воды, разработанная немецкой фирмой GEA Westfalia Separator Group GmbH, основана на применении установки центробежной сепарации на базе центрифуги ODA-8-01-937 (рис. 3).

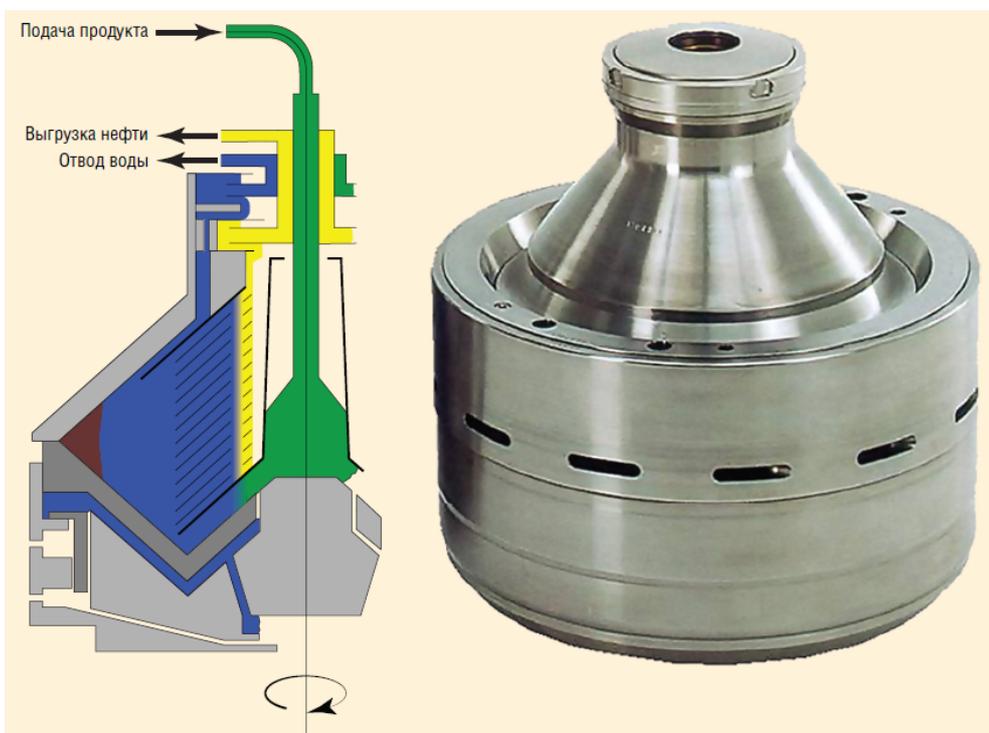


Рис. 3. Технология очистки воды на основе центробежной сепарации GEA Westfalia Separator Group GmbH (Германия)

Технология была испытана на УПСВ «Шагирт» и была признана соответствующей нормам СТП, однако отсутствие стабильности в результатах ОПИ (см. табл. 1) не позволило признать ее эффективной и рекомендовать к промышленному внедрению. По итогам ОПИ принято решение о доработке оборудования. В настоящий момент GEA Westfalia Separator Group GmbH готовы предложить усовершенствованный сепаратор и продолжить испытания.

РЕАГЕНТНАЯ ОЧИСТКА ВОДЫ

В 2014 году были проведены ОПИ технологии реагентной очистки подтоварной воды УПСВ «Бырка» и УПСВ «Шагирт» с применением реагента-флокулянта ФМ-1 производства ООО «НПО ХИМТЭК» (г. Екатеринбург). В исходной воде УПСВ «Шагирт» содержание твердых взвешенных частиц (ТВЧ) составляло 72 мг/л, содержание нефтепродуктов – 94 мг/л.

Показатель	Исходное качество воды	Достигнутое качество воды	Требования СТП
УПСВ «Шагирт»			
Концентрация ТВЧ, мг/л	72	12	14
Концентрация нефтепродуктов, мг/л	94	65,4	20
УПСВ «Бырка»			
Концентрация ТВЧ, мг/л	24	4	8
Концентрация нефтепродуктов, мг/л	45	35	11

После применения технологии эти показатели снизились до 14 и 20 мг/л соответственно, но при этом требования СТП к качеству воды были достигнуты только для ТВЧ. Схожие результаты были получены после обработки воды УПСВ «Бырка» (табл. 2).

Таблица 2. Результаты ОПИ технологии реагентной подготовки воды

В 2015 году на УПСВ «Шагирт» были проведены испытания деэмульгатора

для подготовки сточной воды «Алкиокс 516К» производства ООО «Миррико». В результате содержание ТВЧ в сточной воде на БКНС-0304 удалось снизить с 34 до 17,8 мг/л, содержание нефтепродуктов – с 68 до 28,4 мг/л (рис. 4).

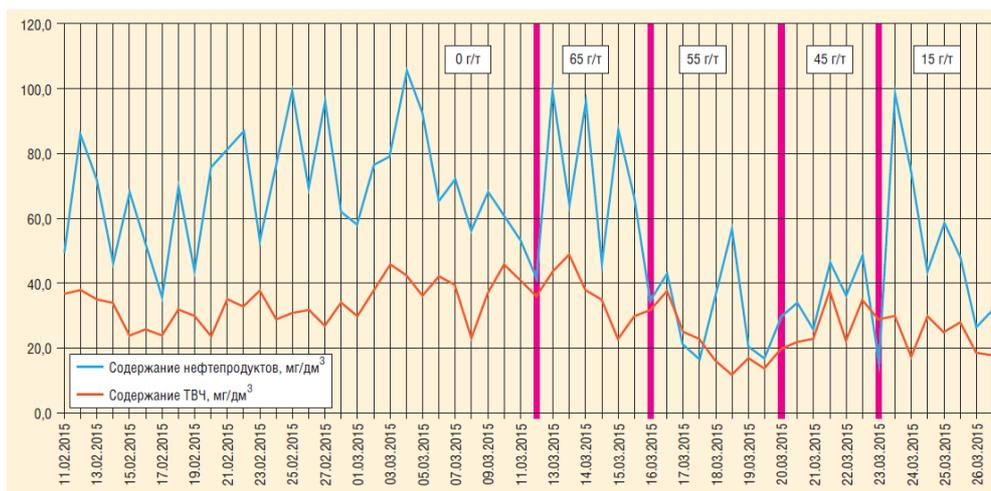


Рис. 4. Результаты ОПИ деэмульгатора для подготовки сточной воды «Алкиокс 516К» производства ООО «Миррико»

Технологии реагентной подготовки воды показали эффективность только по снижению количества ТВЧ, тогда как снижение содержания нефтепродуктов до норм стандарта требует проведения дополнительных мероприятий. Проведенный расчет экономической эффективности показал, что в случае внедрения технологии операционные расходы на подготовку воды выросли бы как минимум вдвое, что связано с высокой стоимостью реагентов. В силу этих причин технологии реагентной подготовки воды не были рекомендованы к промышленному внедрению на объектах ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ».

ОЧИСТКА ВОДЫ ФИЛЬТРАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ

ОПИ фильтрационной системы очистки подтоварной воды, разработанной совместно РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина и ООО «ЭЛКАМ», были проведены в 2014-2016 годах. Данная система включает в себя гидроциклон, фильтр грубой очистки (20 мкм), фильтр тонкой очистки (ФТО) (5 мкм) и фильтрационный блок с наполнителем – термически расщепленным графитом.

В исходной воде содержание ТВЧ и нефтепродуктов достигало 57 и 107 мг/л соответственно. После проведения очистки эти показатели удалось снизить до 19 и 30 соответственно, что оказалось недостаточным для соответствия СТП (табл. 3).

Показатель	Исходное качество воды	Достигнутое качество воды	Требования СТП
Концентрация ТВЧ, мг/л	57	19	8
Концентрация нефтепродуктов, мг/л	107	30	11

Таблица 3. Результаты ОПИ технологии фильтрационной системы очистки подтоварных вод, разработанной РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина и ООО «ЭЛКАМ»

Показатель	Исходное качество воды	Достигнутое качество воды	Требования СТП
Концентрация ТВЧ, мг/л	46	21	14
Концентрация нефтепродуктов, мг/л	61	29	20

Таблица 4. Результаты ОПИ ФТО производства ООО «Альянс Нефтегаз Технолджи» на УППН «Гожан»

Также в 2014 году на УППН «Гожан» прошли ОПИ ФТО производства ООО «Альянс Нефтегаз Технолджи». Данная фильтрационная система включает в себя три ФТО с глубиной фильтрации до 5 мкм. В результате применения этой технологии содержание ТВЧ и нефтепродуктов в воде было снижено с 46 и 61 мг/л до 21 и 29 мг/л соответственно, что также оказалось ниже требований стандарта (табл. 4).

В целом по результатам ОПИ фильтрационных систем мы

пришли к выводу, что для повышения эффективности их применения требуется, во-первых, более качественная подготовка исходной воды, во-вторых, доработка процесса регенерации фильтроэлементов. В ходе ОПИ производились работы по исследованию различных технологий регенерации фильтр-элементов: обратная промывка водой, очистка щетками и пропаривание. Было установлено, что при очистке паром фильтр-элемент восстанавливает первоначальные параметры, в связи с чем этот способ регенерации фильтр-элементов следует признать наиболее эффективным.

ПОДГОТОВКА ВОДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТИТАНОВОГО КОАГУЛЯНТА

ОПИ технологии титанового коагулянта производства ЗАО «СИТТЕК» для подготовки попутно добываемых минерализованных вод для систем ППД были проведены на УПСВ «Малая Уса». Помимо основной

цели – подготовки воды, в процессе испытаний мы поставили задачу добиться увеличения КИН на объектах, характеризующихся снижением проницаемости в процессе закачки, а также вовлечь в активную разработку запасы нефти в залежах с низкопроницаемыми коллекторами.

Используемый в данной технологии титановый коагулянт представляет собой неорганический состав на основе соединений титана и алюминия, который при смешении с водой образует суспензию. Процесс очистки воды на основе этой технологии представляет собой абсорбцию мехпримесей, отслоения нефти и ее налипания на частицы титанового коагулянта (рис. 5).

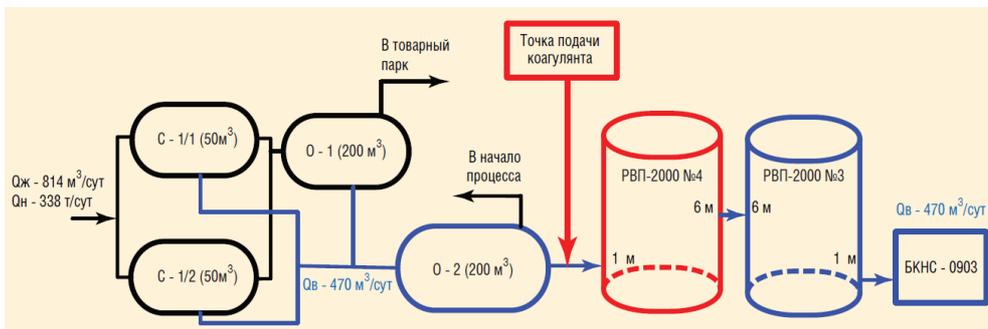


Рис. 5. Схема подготовки воды с использованием титанового коагулянта ЗАО «СИТТЕК»

Показатель	Исходное качество воды	Достигнутое качество воды	Требования СТП
Концентрация ТВЧ, мг/л	10	3,7	11
Концентрация нефтепродуктов, мг/л	47,6	8,4	17

В результате применения технологии на УПСВ «Малая Уса» в воде удалось снизить концентрацию ТВЧ с 10 до 3,7 мг/дм³, а содержание остаточной нефти – с 47,6 до 8,4 мг/л, то есть достичь

К недостаткам технологии следует отнести ее недоработку в части вывода образующегося осадка титанового коагулянта из системы водоподготовки. Решить проблему удалось путем изменения схемы работы технологического оборудования.

ПОДГОТОВКА ВОДЫ ПО ТЕХНОЛОГИИ ФМС

На Кокуйском месторождении, где действуют наиболее жесткие требования к качеству подготовки воды, мы использовали технологию флокуляционной магнитной сепарации (ФМС), разработанную японской компанией Hitachi Plant Technologies, Ltd. Для проведения ОПИ в ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» компания изготовила пилотную установку ФМС.

В основе технологии лежит введение в поток воды раствора магнетита, который «намагничивает» на себя нефтепродукты и ТВЧ. Загрязненный магнетит притягивается к магнитному барабану и выводится из процесса водоподготовки (рис. 6).

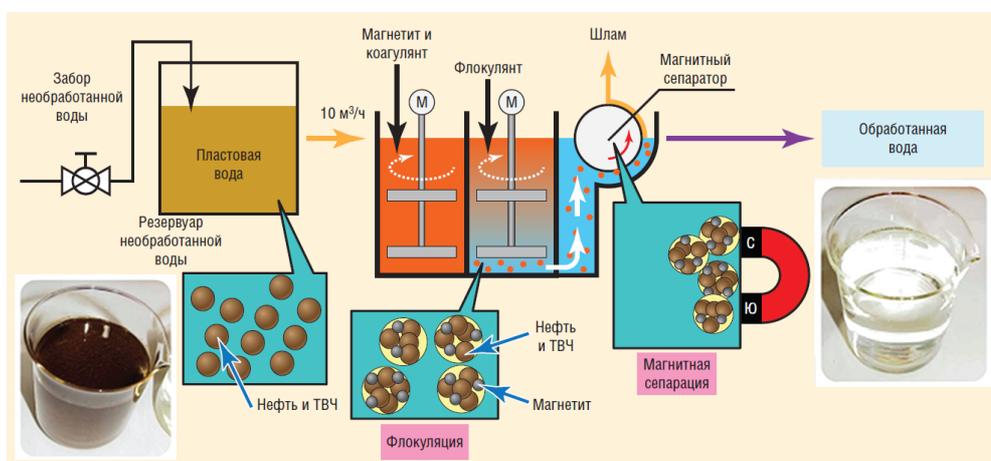


Рис. 6. Схема подготовки воды по технологии ФМС Hitachi Plant Technologies

Показатель	Исходное качество воды	Достигнутое качество воды	Требования СТП
Концентрация ТВЧ, мг/л	15	< 6	6
Концентрация нефтепродуктов, мг/л	35	< 6	9

Таблица 6. Результаты ОПИ технологии ФМС Hitachi Plant Technologies на УППН «Кокуй»

ОПИ технологии ФМС на УППН «Кокуй» показали очень хорошие результаты: содержание ТВЧ и нефтепродуктов в обработанной воде значительно снизилось и достигло требований стандарта (рис. 7, табл. 6).

Вместе с тем высокая

стоимость технологии не позволяет начать ее масштабное промышленное внедрение на объектах ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ».

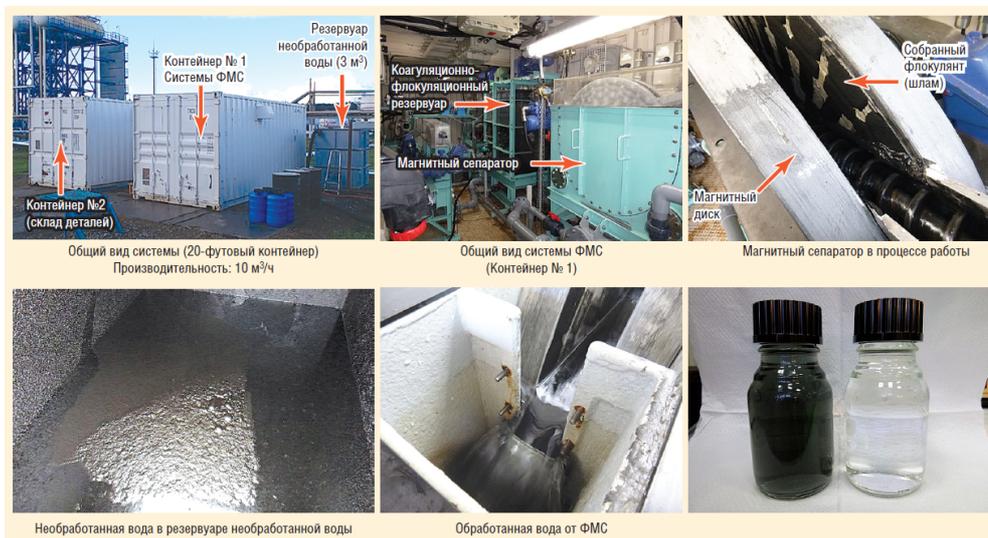


Рис. 7. ОПИ технологии ФМС на УППН «Кокуй»

ПОДГОТОВКА ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ УСТАНОВКИ КМСРК

ОПИ технологии подготовки закачиваемых в систему ППД сточных вод с помощью установки КМСРК ООО «Новые технологии и решения» (г. Москва) были проведены в 2016 году на объектах УППН «Павловка» ЦДНГ№1 и УПСВ «Шагирт» ЦДНГ №3 с целью улучшения качества подготавливаемой сточной воды.

Блок КМСРК 50-1,6 предназначен для очистки сточных пластовых вод от мехпримесей и нефти в системах ППД перед закачкой в пласт и представляет собой теплоизолированный двухсекционный модуль, разделенный газонепроницаемой перегородкой на два отсека: машзал и щитовую. В машзале размещен аппарат КМ-50, предназначенный для осаждения мехпримесей, снабженный центрифугой с гидравлической выгрузкой осадка, емкостью сбора суспензии с датчиком уровня и циркуляционным насосом, а также аппарат СРК-50, предназначенный для удаления из воды тонкодисперсной нефтяной фазы и представляющий собой центрифугу барабанного типа с пористым коалесцирующим патроном.

Показатель	Исходное качество воды	Достигнутое качество воды	Требования СТП
УППН «Павловка»			
Концентрация ТВЧ, мг/л	55	8	10
Концентрация нефтепродуктов, мг/л	180	7,5	14
УППН «Гожан»			
Концентрация ТВЧ, мг/л	33	10	14
Концентрация нефтепродуктов, мг/л	64	11	20

Таблица 7. Результаты ОПИ технологии подготовки воды с помощью установки КМСРК ООО «Новые технологии и решения»

При проведении ОПИ были получены положительные результаты (табл. 7), что позволило признать эту технологию эффективной и рекомендовать к промышленному внедрению. В конце 2016 года начато проектирование блоков водоподготовки с использованием этой технологии на УППН «Павловка» и УПСВ «Шагирт».

ПОДГОТОВКА ВОДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ И КОАГУЛЯЦИИ

Работа установки по подготовки воды, разработанной ООО «Альянс Нефтегаз Текнолоджи» (г. Уфа), основана на магнитной сепарации и коагуляции (рис. 8).

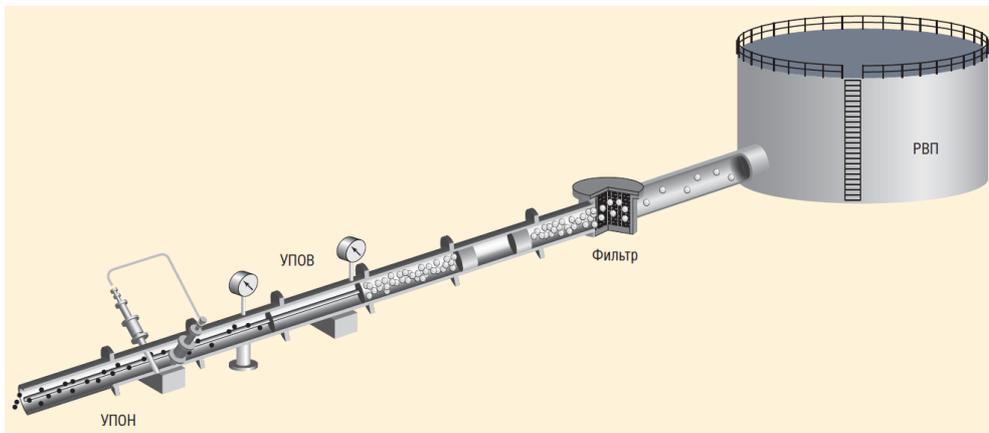


Рис. 8. Установка ООО «Альянс Нефтегаз Текнолоджи» для повышения качества воды, закачиваемой в пласт

Очистка воды от остаточной нефти и мехпримесей осуществляется за счет интенсификации процессов коагуляции и флокуляции с применением специально подобранных химреагентов, вводимых в систему подготовки воды через установку поточного обессоливания нефти (УПОН). Магнитная сепарация мехпримесей, обладающих магнитной восприимчивостью, происходит в установке поточной очистки воды (УПОВ) в поле постоянных сильнодействующих магнитов. В области действия магнитного поля происходит укрупнение ТВЧ, нефтепродуктов входящих в состав ВЧ. Затем укрупненные частицы ТВЧ и нефтепродукты задерживаются фильтрами. Установка, разработанная ООО «Альянс Нефтегаз Текнолоджи», позволяет проводить очистку закачиваемых вод до содержания нефтепродуктов в количестве не более 10 мг/л и ТВЧ – 5 мг/л и менее (подтверждено в лабораторных условиях).

Показатель	Исходное качество воды*	Достигнутое качество воды **	Требования СТП
Концентрация ТВЧ, мг/л	27	13	6
Концентрация нефтепродуктов, мг/л	45	15	9

* Средние значения за 2016 год.
 ** Промежуточные результаты

Таблица 8. Результаты ОПИ технологии ООО «Альянс Нефтегаз Текнолоджи» для повышения качества подготавливаемой воды

ОПИ технологии с использованием данной установки начаты в 2016 году на УППН «Кокуй» для подготовки воды, закачиваемой в пласт. Результаты не позволяют признать эту технологию эффективной (табл. 8).

В 2017 году ОПИ технологии ООО «Альянс Нефтегаз Текнолоджи» будут продолжены. С целью повышения эффективности данной технологии предусмотрена отработка технологических режимов системы подготовки воды, дозирование в технологический процесс выбранного в лабораторных условиях реагента, что позволит обеспечить соответствие качества закачиваемой воды до требований СТП.