

КАПСУЛИРОВАННЫЕ ПРОДУКТЫ — НЕДОРОГАЯ ТАБЛЕТКА ОТ ПРОБЛЕМ

Падение стоимости нефти и, как следствие, снижение получаемой нефтедобывающими компаниями прибыли послужили причиной необходимости активнее экономить, уменьшая операционные затраты, отказываясь от приобретения оборудования, повышая ресурс имеющихся основных средств и фондов.

При этом активное освоение новых месторождений, начавшееся еще до падения цены нефти, привело к тому, что с проблемами, возникающими при добыче, транспортировке и подготовке нефти нужно бороться, не имея развитой инфраструктуры и достаточного количества средств для ее развития. Одной из основных проблем является отложение парафинов, солей, а также коррозия нефтепромыслового оборудования. В настоящее время существует масса способов борьбы с данными отложениями. Почти все они связаны с подачей химических реагентов — ингибиторов коррозии, солей и парафинов, что в свою очередь требует наличия развитой инфраструктуры по их хранению, закачке, а также службы по заправке и контролю работы дозирующего оборудования.

На фоне сокращения затрат для многих заказчиков содержание дозирующих станций стало затратным мероприятием, поэтому возрос интерес к альтернативным технологиям борьбы с отложениями — капсулированным продуктам, погружным дозирующим устройствам, подающим концентрат реагента в скважину, технологии Squeeze и пр. ⁽¹⁾.

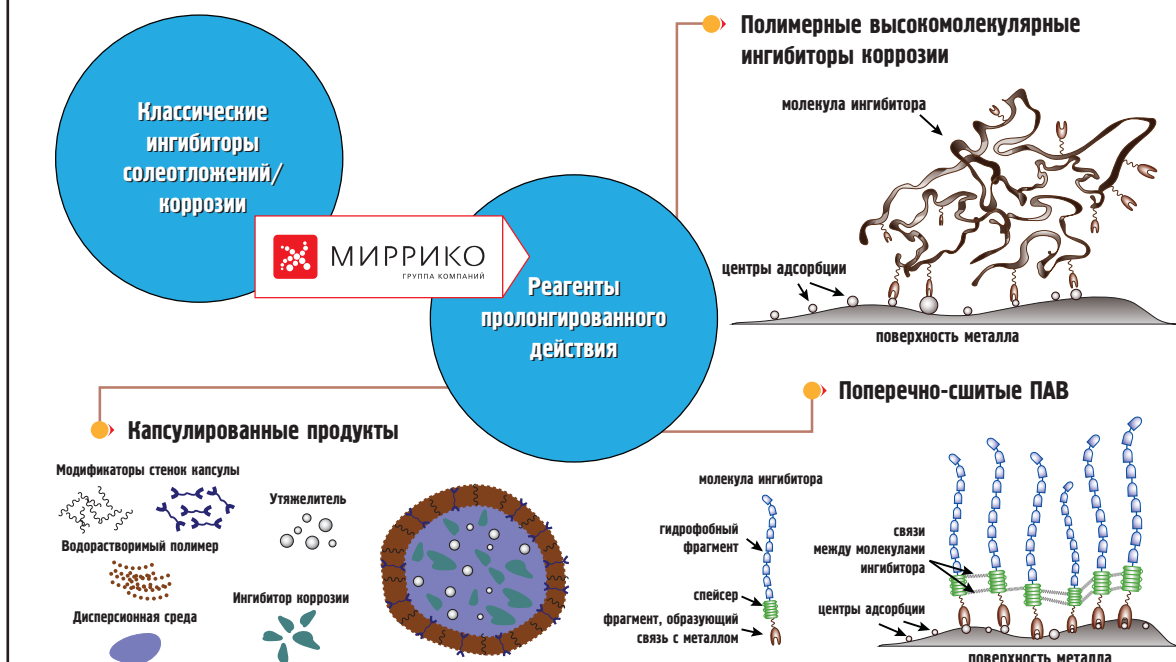
Все эти решения являются продуктами-заменителями классических жидких продуктов, но одним из наиболее эффективных и простых способов, позволяющих исключить затраты на блоки дозирования реагентов и услуг сервиса по их закачке, является использование капсулированных продуктов.

На отечественном рынке мало компаний, имеющих возможность предложить капсулированные продукты, и еще меньше тех, которые могут предложить решения, эффективные для борьбы со всеми типами

осложнений. В связи с этим продукты, разработанные в Научно-инжиниринговом центре ГК «Миррико» (НИЦ), являются крайне перспективной разработкой, которую уже активно используют многие нефтяные и сервисные компании.

Создание капсулированных продуктов в ГК «Миррико» началось с проекта «Реагенты пролонгированного действия», в результате реализации которого планировалось уйти от классических реагентов и получить набор

РИС.1 РЕАГЕНТЫ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ



продуктов с длительным по времени эффектом. Такое свойство позволило бы как уменьшить дозировки реагента, так и в перспективе отказаться от применения дозировочной техники при однократной обработке.

В рамках этого проекта появились три направления (рис.1):

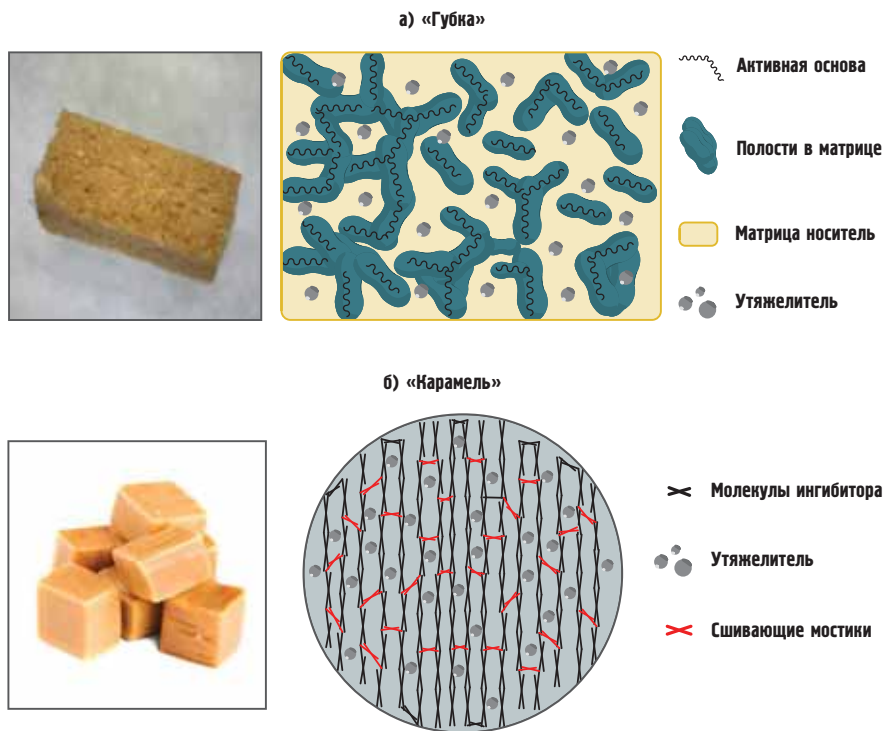
1. Полимерные высокомолекулярные ингибиторы коррозии;
2. Поперечно-сшитые ПАВ;
3. Капсулированные продукты.

Полимерный ингибитор коррозии — это полифункциональные молекулы с увеличенным углеводородным «хвостом» и остовом (рис.1), которые за счет межмолекулярных взаимодействий образуют на поверхности металла устойчивый защищающий от коррозии слой. Полимерно-сшитые ПАВ — это молекулы полимерного ингибитора коррозии, имеющие специфические участки (спейсеры), образующие между собой дополнительную устойчивую связь, усиливающую пленку. Полученные в ходе реализации данных направлений продукты обладают следующими преимуществами: меньшей дозировкой при сопоставимом высоком защитном эффекте и высоким эффектом последствия за счет создания устойчивой пленки.

Капсулированные продукты в своем нынешнем состоянии появились не сразу, а прошли ряд этапов «эволюционного» развития. Первые образцы капсулированных продуктов имели вид классических капсул, состоящих из оболочки, внутри которой находилось активное вещество (рис.1). Оболочка имела модификаторы стенок капсулы и утяжелители, которые давали капсулам требуемые значения плотности, при этом ингибитор коррозии был распределен в дисперсионной среде. Такой продукт позволил использовать жидкие активные основы, находящиеся внутри капсулы, сама оболочка (полимерная мембрана) трудно растворялась, за счет чего и обеспечивался длительный вынос основного компонента.

Важно отметить, что оболочка была выполнена из безвредного биоразлагаемого материала, а сам продукт был технологичен и удобен для засыпки в скважину. Классические «капсулы» облада-

РИС.2 КАПСУЛИРОВАННЫЕ ПРОДУКТЫ: «ГУБКА» (А), «КАРАМЕЛЬ» (Б)



ли и рядом недостатков, основными из которых являлись высокая стоимость, связанная со сложностью технологии их получения, и высокая зависимость свойств от раскрытия оболочки в условиях забоя скважины.

Для устранения недостатков были получены капсулированные продукты в виде «губки», в качестве которой использовался биоразлагаемый полимерный пористый материал, внутри которого находилась активная основа (рис.2а). Вынос активной основы у продуктов второго типа не зависел от условий в забое скважины, происходил более равномерно и в течение длительного времени.

Наиболее сбалансированным и эффективным продуктом в эволюционной линейке стали продукты третьего («карамельного») типа. «Карамельный» продукт представляет собой твердый полимер, внутри которого распределены молекулы активной основы (рис.2б). Такой тип продукта более технологичен, концентрация активной основы может достигать 80% и, главное, за счет постепенного растворения продукта вынос активного вещества стал еще более равно-

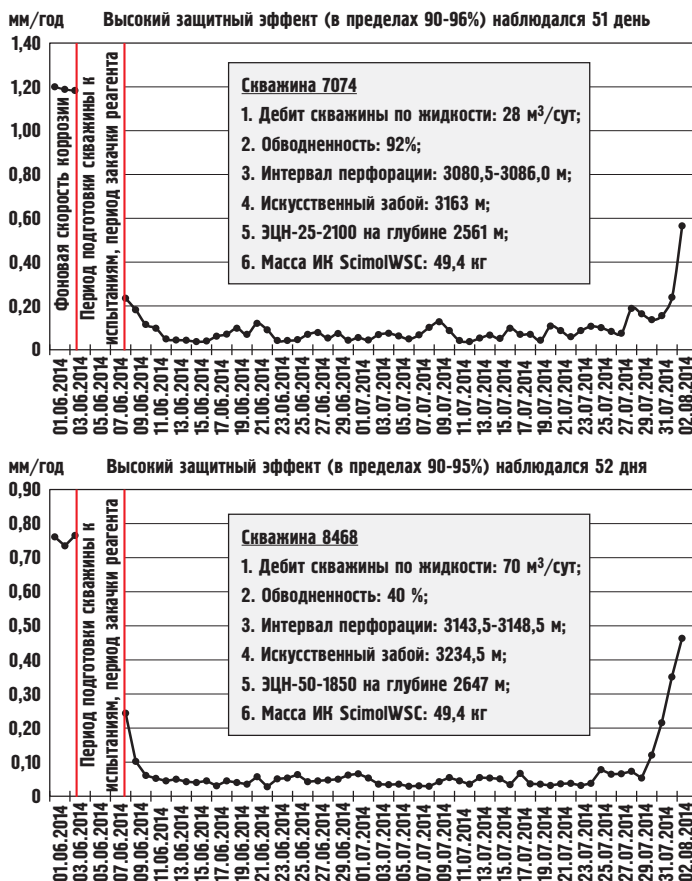
мерным и регулировался степенью сшивки полимерной матрицы.

Таковы три основных типа капсулированных продуктов. «Карамельный» тип оказался наиболее универсальным продуктом, т.к. технология его получения позволяет создавать ингибиторы коррозии, ингибиторы солеотложений, ингибиторы парафинов, а также комплексные продукты.

Полученные капсулы имеют форму гранул различной формы диаметром от 3 до 15 мм, которые можно использовать следующими способами:

1. Продукт засыпается в ЗУМФП. Продукты попадают в «стакан», из которого, постепенно насыщая среду, они попадают в поток,двигающийся по скважине.
2. Продукт засыпается в контейнер, который подвешивается под ЭЦН. Продукт из контейнера выносится постепенно потоком, проходящим через скважину. Конструктивных исполнений контейнеров огромное множество, от бывших в употреблении НКТ с перфорацией до специально сконструированных для твердых продуктов контейнеров^[2].

**РИС.3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОПИ КАПСУЛИРОВАННЫЙ ИНГИБИТОР КОРРОЗИИ
МАРКИ SCIMOL™ WSC**



3. Продукт используется совместно с проппантом при проведении процесса гидроразрыва пласта. При таком способе капсулированные продукты распределяются по пласту, постепенно вымываясь потоком движущегося флюида.

При любом из представленных способов в добываемой жидкости постоянно в достаточной концентрации присутствует ингибитор (в пределах 1–10 ppm), защищая промышленное оборудование в течение длительного периода. Постепенный и перманентный вынос продукта и его высокий защитный эффект приводят к тому, что периодичность загрузки капсул совпадает с плановым ремонтом скважин. При этом разработанная в ГК «Миррико» технология получения и применения капсулированных продуктов позволила гибко подходить к таким условиям эксплуатации скважин, как температура, дебит, обвод-

ненность, за счет подбора необходимой скорости и длительности высвобождения активных компонентов.

Важны и такие преимущества капсулированных продуктов, как:

- ⊙ Возможность совместного использования различных реагентов;
- ⊙ Минимальные затраты при обработке скважины;
- ⊙ Экологичность;
- ⊙ Отсутствие дозировочного оборудования и необходимость его периодической заправки (актуально в тех местах, где подходы к скважинам осложнены);
- ⊙ Равномерный вынос основного компонента с течением времени;
- ⊙ Возможность менять состав продукта, делать продукты комплексного действия.

Полученные капсулированные продукты имеют и ряд особенностей:

- ⊙ В случае, когда дебит скважины высок, существует вероятность, что большая часть ак-

тивной основы выйдет из продукта в первые недели применения. Этот недостаток снижается при использовании «карамельных» продуктов, в которых увеличено количество активной основы;

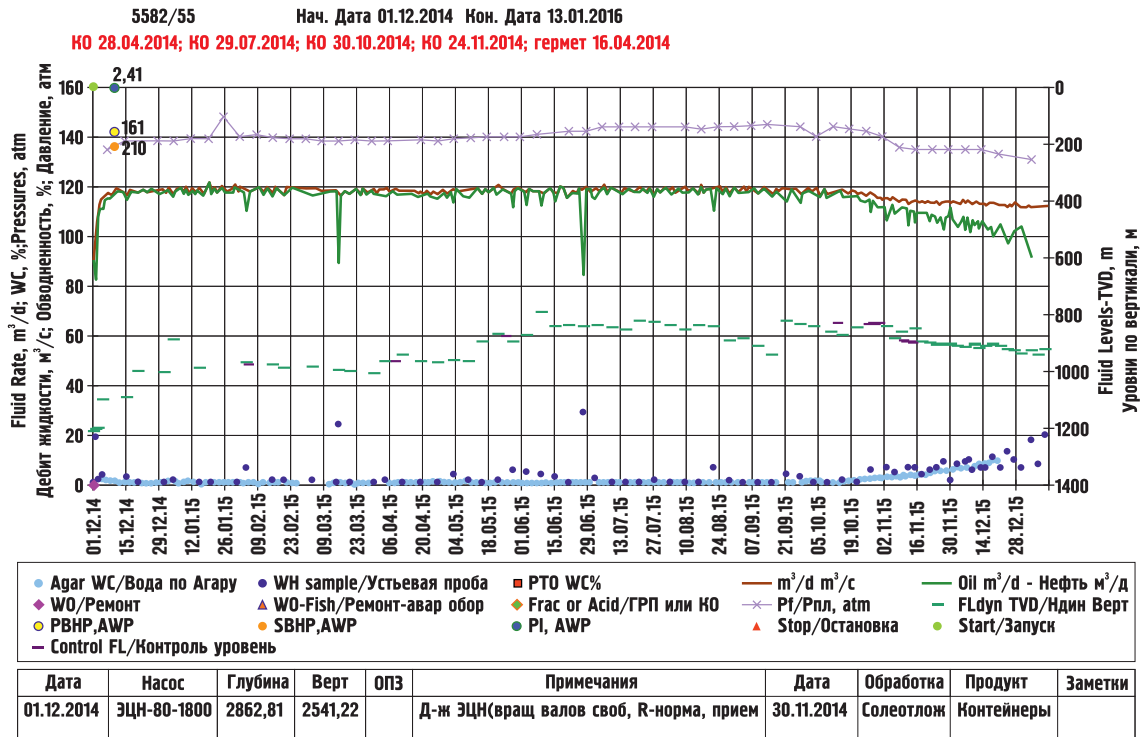
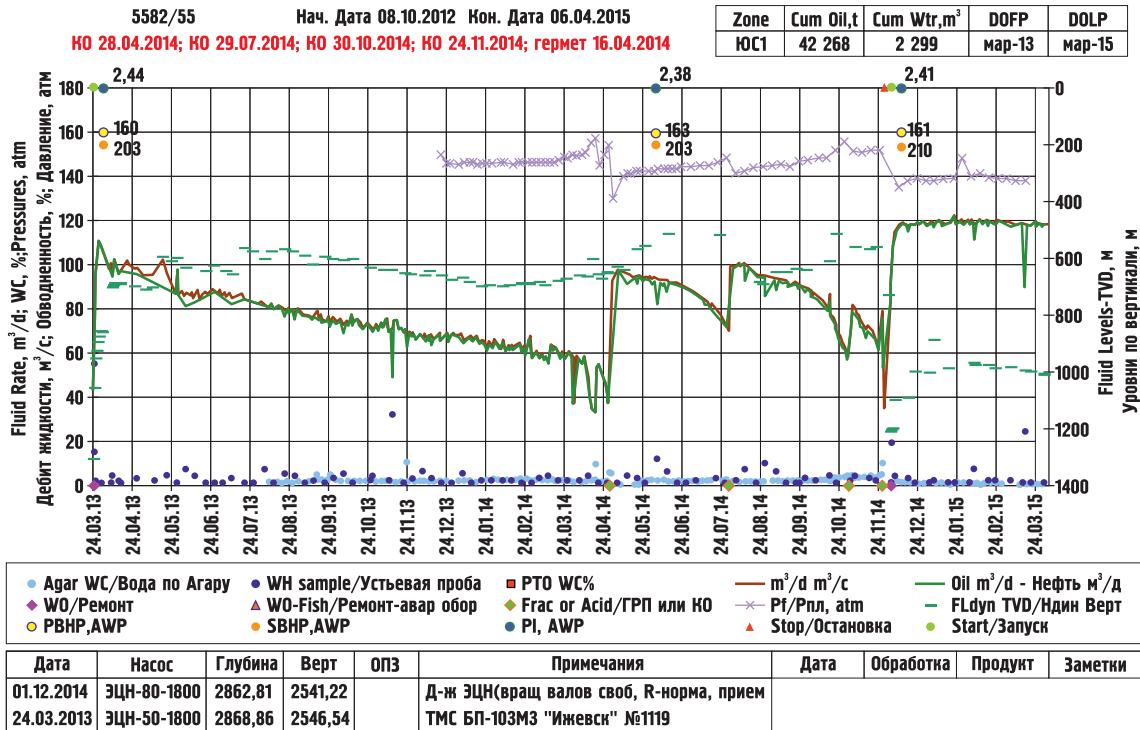
- ⊙ Загрузка в ЗУМПФ не всегда возможна, т.к. не всегда имеется информация о его размере, что затрудняет расчет необходимого для загрузки количества продукта;
- ⊙ Стоимость капсулированных продуктов выше стандартных, но отказ от дозировочного оборудования и сервиса по закачке сказывается на общей эффективности их применения.

Привязка использования капсулированных продуктов к подъему скважинного оборудования и зависимость от модели контейнера. Большая работа в ГК «Миррико» была проведена и по разработке методик контроля выноса капсулированных продуктов, при этом для их определения существует несколько способов:

- ⊙ Лабораторный контроль. Оценка скорости выноса реагента из матрицы происходит стандартными методами и методами оценки эффективности защиты технологического оборудования от осложения;
- ⊙ Методы контроля на объекте. В рамках работы продукт был адаптирован под стандартные методы оценки остаточного содержания активных основ (содержание азотосодержащих, фосфонатных ингибиторов при помощи спектрофотометрии) и определение полимерных ингибиторов солеотложений турбидиметрической фотометрией, позволяющей контролировать вынос продукта в процессе эксплуатации.

В НИЦ разработан способ оценки выноса реагентов из капсулированных продуктов в динамическом режиме, максимально приближенном к условиям добычи нефти на скважинах. Предлагаемая методика отличается простотой аппаратного оформления и использованием стандартных материалов, дает возможность варьировать различные параметры (температура, скорость потока, площадь межфазового контакта,

РИС.4 РЕЖИМ РАБОТЫ СКВАЖИНЫ № 5582/55 ДО НАЧАЛА ОПИ (01.12.14) И ВО ВРЕМЯ ОПИ (01.12.14-13.01.16)



объем отбираемой пробы)^[3]. Разработанная методика оценки скорости выноса позволяет подобрать компонентный состав, максимально соответствующий определенным условиям скважины.

Эффективность использования капсулированных продуктов подтверждена и в ходе опытно-промышленных испытаний (ОПИ). При этом ГК «Миррико» совместно с нефтяными компаниями ак-

тивно продолжает испытания капсулированных продуктов.

Первые ОПИ были проведены на объекте ЗАО «ЛУКОЙЛ-АИК», где испытывался капсулированный ингибитор коррозии^[4,5]. Основ-

РИС.5 ОБРАЗЦЫ ПРОДУКТОВ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ИНГИБИРОВАНИЯ КОРРОЗИИ И СОЛЕОТЛОЖЕНИЯ

- 1 — Scimol WSC HT, ингибитор коррозии для скважин с повышенными температурами (от +25°С)
- 2 — Scimol WSC LT, ингибитор коррозии для скважин с пониженными температурами (от +25°С)
- 3 — Descum WSC, ингибитор солеотложения
- 4 — Sedics WSC, реагент комплексного действия — ингибитор коррозии и солеотложения



1. «Капсула». Ингибиторы коррозии для высоких температур (от +25°С)

2. «Губка». Ингибиторы коррозии для низких температур (от +3°С)

3. «Карамель». Ингибитор солеотложений

4. «Карамель». Реагент комплексного действия. Ингибитор коррозии и солеотложений

ная задача, поставленная заказчиком, заключалась в снижении количества подходов технологического транспорта и использования технологического оборудования к объектам защиты от коррозионных процессов. В ОПИ участвовал капсулированный ингибитор коррозии марки Scimol™ WSC, при проведении испытаний учитывались пожелания заказчика, а именно: наличие высокого защитного эффекта в течение 60 дней испытаний. В результате испытаний в течение 51 дня на скважине наблюдался высокий защитный эффект — порядка 90–96%. Подобная обработка проводилась и на другой скважине, на которой защитный эффект наблюдался в течение 52 дней (рис.3). В результате ОПИ капсулированного ингибитора коррозии Scimol™ WSC на скважинах Когалымского месторождения ЗАО «ЛУКОЙЛ-АИК» квалифицированы как успешные.

В свою очередь на скважинах Когалымского месторождения ЗАО «ЛУКОЙЛ-АИК», осложненных отложениями солей, были проведены ОПИ капсулированно-

го ингибитора солеотложений Descum™ WSC. В ходе испытаний наблюдалась стабилизация работы скважин по дебиту нефти и давлению (рис.4).

Кислотные обработки во время ОПИ не проводились, в то время как до начала ОПИ межочистой период составлял два-три месяца. ОПИ капсулированного ингибитора коррозии Descum™ WSC на скважинах Когалымского месторождения ЗАО «ЛУКОЙЛ-АИК» также квалифицированы как успешные.

Таким образом, созданные капсулированные продукты показали свою высокую эффективность и при применении на реальных объектах. При этом наиболее целесообразно использование капсулированных продуктов на удаленных месторождениях с низкими дебитами и ограниченной доступностью для значительного снижения затрат на вспомогательные работы, такие как доставка техники, реагентов и специалистов.

Важно отметить целевые сегменты применения капсулированных продуктов.

Целевой сегмент №1 — объект заказчика, расположенные в труднодоступных местах, куда подвести стандартные жидкие реагенты не всегда возможно, а устанавливать блок дозирования реагента дорого и, как следствие, нецелесообразно.

Целевой сегмент №2 — поставщики погружного насосного оборудования, заинтересованные в применении реагентов для его защиты с целью увеличения межремонтного периода.

Общий потенциал применения капсулированных продуктов составляет охват всех 37 нефтяных компаний РФ, в совокупности обеспечивающих более 85% потребления реагентов для борьбы с отложениями солей, парафинов и коррозией. Учитывая высокий потенциал продуктов, география рынка может включать как все объекты нефтегазовых компаний РФ, так и иностранные компании, с большим числом удаленных месторождений либо скважин с проблемой парафиноотложений, коррозией, отложением солей. Основными конкурентами на зарубежном рынке являются иностранные компании — Clariant AG (Швейцария), Basf SE (Германия), Fritz Industries (США).

По сравнению с продуктами конкурентов разработанные ГК «Миррико» реагенты позволяют контролировать вынос активных компонентов, что приводит к увеличению выноса активного вещества в течение продолжительного периода. Кроме того, в линейке ГК «Миррико» есть ряд реагентов под различные задачи заказчика (рис.5). В перспективах развития линейки реагентов пролонгированного действия разработка реагентов для борьбы с сероводородом и меркаптанами, капсулированные депрессоры и диспергаторы парафинов, деэмульгаторы с самоконтролируемым выносом и пр. Кроме того, ГК «Миррико» нацелена на предоставление индивидуального комплексного решения для каждого объекта, в зависимости от возникающих на нем осложнений.



МИРРИКО
ГРУППА КОМПАНИЙ

Литература:

1. Р.С.Камалетдинов. «Инженерная практика», 2009, пилотный выпуск, 12–15.
2. https://www.novomet.ru/rus/products/esp-systems-for-oil-production/downhole/scale_preventer/
3. Р.В.Палей, А.А.Никитин, Е.Н.Зайков, В.А.Солодов. «Нефтегазовая Вертикаль», 2015'5, 62–63.
4. А.В.Воловденко, А.В.Софронов, А.Ю.Жуков, О.С. Асмаев. «Нефтяное хозяйство», 2013'1, 2–4.
5. ТУ 2458-079-94296805-2011 «Ингибитор коррозии Scimol™ марки WSC».

Уважаемый Шарифжан Рахимович!

Сегодня все «погружники» России поздравляют вас, научного руководителя коллектива, положившего начало создания и организации производства основного вида техники добычи нефти — УЭЦН, с юбилейной датой.

Вся ваша трудовая биография связана с ОКБ БН, которое с момента его создания определяло направление развития этого вида техники добычи нефти в СССР. И в том, что в советский период нефтяная промышленность страны достигла значительных успехов, есть и ваша личная заслуга.

В сложной обстановке начала 90-х годов, когда многие специалисты по разным причинам покинули ОКБ БН, вы остались верным предприятию и продолжали на нем свою трудовую деятельность.

Сегодня ОКБ БН, работая совместно с АО «Новомет-Пермь», восстановило свои позиции ведущего разработчика УЭЦН в России. Вы являетесь носителем научно-технического наследия и традиций ОКБ БН, что и обеспечило связь поколений в тандеме ОКБ БН — «Новомет-Пермь».

В России активно ведутся конструкторские и научно-исследовательские работы в области УЭЦН. Много талантливых молодых и зрелого возраста разработчиков ЭЦН. Но даже если они и не являются вашими, Шарифжан Рахимович, прямыми учениками, в основе их знаний лежат основополагающие работы ОКБ БН, где вы уже много лет возглавляете направление разработки и исследования ЭЦН.

Сегодня для нашей страны актуальной задачей является импортозамещение некоторых видов технической продукции, качественные аналоги которой в России пока не производятся. Однако в области обеспечения нефтяной отрасли России основным видом техники добычи нефти — установками погружных центробежных насосов — такой проблемы нет. Российские УЭЦН, по крайней мере, по позициям, которые определяют уровень добычи в стране, не уступают, а по некоторым показателям даже превосходят зарубежные аналоги. Большая доля в достижении этих успехов принадлежит и вам, Шарифжан Рахимович.

Право на высокую оценку вашей трудовой деятельности подтверждено награждением вас, Шарифжан Рахимович, высокой правительственной наградой — орденом «За заслуги перед Отечеством».

Отмечаемая юбилейная дата — повод оценить пройденный путь и наметить новые рубежи. Ваши знания, большой опыт работы, энергия и ответственность — основа успешной деятельности в области, которой вы посвятили свою жизнь. Позвольте выразить уверенность в том, что ваш вклад в развитие и совершенствование УЭЦН будет и дальше весомым и значимым для нефтяной отрасли России.

Желаю вам крепкого здоровья и благополучия вместе со своими родными и близкими.



М.ГИНЗБУРГ

Советник директора
ООО «ЭПУ – ИТЦ»
Член Правления
Экспертного совета
по механизированной
добыче нефти