

# УСТАНОВКИ ЭЦН ДЛЯ ОТКАЧКИ СОЛЕОТЛАГАЮЩЕГО ФЛЮИДА

В настоящее время солеотложение и засорение механическими примесями (среди которых количество солей может составлять до 80%) являются причинами до 65% всех отказов УЭЦН. И для борьбы с солеотложением на сегодняшний день используется немало методов, которые, впрочем, еще необходимо совершенствовать.

Тем временем, в скважинах работает стандартное оборудование, которое уже сегодня необходимо защищать от солеотложения. Одним из направлений такой защиты является прогнозирование вероятности солеотложения в УЭЦН. В мире известно и применяется достаточно много методик прогнозирования солеотложения. Анализ данных методик позволил выделить среди них наиболее приспособленные для современных условий эксплуатации и на их основе создать блок «Соль» для широко применяемого в нефтяных компаниях программного комплекса «Автотехнолог». Таким образом, появилась возможность определения вероятности и скорости отложения солей в скважинах и на скважинном оборудовании в зависимости от условий эксплуатации.

Использование программы «Автотехнолог + Соль» позволяет прогнозировать, что будет происходить в скважине, и соответственно определить, насколько будет эффективна оптимизация в той или иной скважине, в том числе и с точки зрения возрастания вероятности солеотложения.

## ВЛАДИМИР ИВАНОВСКИЙ

Заведующий кафедрой, профессор, д.т.н.,  
РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина

## ЮРИЙ ДОНСКОЙ

Научный сотрудник РГУ нефти и газа  
им. И.М.Губкина

## АЛЬБЕРТ САБИРОВ

Заведующий лабораторией скважинных насосных  
установок РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, к.т.н.

## СЕРГЕЙ ЯКИМОВ

Старший менеджер ТНК-BP



**С**ущественные изменения условий эксплуатации УЭЦН, связанные с интенсификацией добычи нефти (снижение забойных давлений, увеличение температуры откачиваемой жидкости, увеличение обводненности пластового флюида), приводят к снижению надежности и эффективности данного вида оборудования. Несмотря на значительные усилия как нефтяников, так и заводов-из-

готовителей УЭЦН, зачастую наработка скважинного оборудования на отказ не отвечает требованиям времени.

## УЭЦН будущего?

В настоящее время солеотложение и засорение механическими примесями являются причинами порядка 65% всех отказов УЭЦН. Причем, до 80% мехпримесей также могут составлять соли.

Отложение солей на скважинном оборудовании происходит по целому ряду причин: изменение обводненности пластового флюида, химическое воздействие на пласт или скважину, изменение термобарических условий эксплуатации, применение в скважинном оборудовании материалов, имеющих повышенную адгезию к солям, наконец, комплексное воздействие всех указанных причин. Как показал анализ рас-

пределения мест солеотложения в УЭЦН на некоторых месторождениях ТНК-BP, основным участком солеотложения становятся нижние (45%) и верхние (21%) ступени ЭЦН (см. «Распределение отложения солей в элементах скважинного оборудования»).

Проведенный анализ позволил не только определить места выпадения солей, но и сформулировать требования к «перспективной УЭЦН», обладающей максимальным сопротивлением отложению солей: минимальный нагрев оборудования и пластового флюида за счет повышения КПД погружного электродвигателя и самого насоса; минимальная турбулизация потока жидкости; минимальная адгезия элементов оборудования к солям. Почти полностью этим требованиям отвечают установки штанговых насосов, как винтовых, так и с приводом от станка-качалки.

Типичное распределение основных причин отказов ЭЦН



Что касается УЭЦН, то сегодня необходимо повышать кпд ступеней — особенно в области средних и малых подач, применять новые материалы для изготовления основных элементов УЭЦН и по возможности отказаться от использования газосепараторов.

**Борьба с солеотложением: практика и методики**

Методов борьбы с солеотложением известно немало: механические способы удаления твердых осадков со стенок обсадных колонн; использование влияния магнитного поля на кристаллизацию гипса и карбоната кальция; использование импульсной акустической установки; использование электрического поля; применение защитных покрытий НКТ стеклом, эмалями, различными лаками, эпоксидной смолой; изготовление рабочих колес и направляющих аппаратов ЭЦН из жидкостно-кристаллических полимеров (ЖКП); химические методы предотвращения солеотложения.

Не вдаваясь в подробный анализ существующих методов, необходимо отметить, что все они могут и должны совершенствоваться. Так, например, достаточно широко применяются рабочие органы ЭЦН из ЖКП оказались сильно уязвимыми при кислотных обработках скважин, что потребовало создания металлических ступеней со специальными покрытиями.

Для чугунных ступеней предлагается применять защитное нитратное покрытие, которое снижает адгезию к АСПО и солям, имеет высокую твердость, низкую скорость износа, а также защищает оборудование от коррозии. Стоимость ступени из серого чугуна с покрытием на 30% ниже, чем аналогичной ступени из нирезиста. В настоящее время опытная партия чугунных ступеней с покрытием проходит промышленные испытания в Нижневартовском нефтяном регионе.

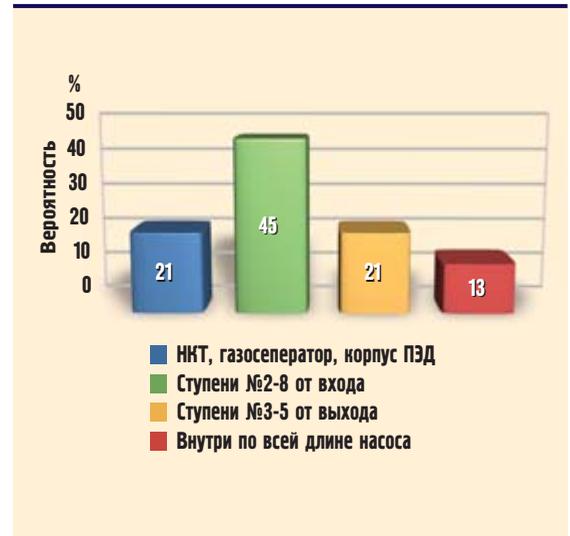
Применение ступеней из алюминиевых сплавов с покрытием позволяет не только избежать солеотложения, коррозионного и абразивного износа, но и умень-

шить вибрационные составляющие нагрузки на вал и подшипниковые узлы.

Применение подобных перспективных ступеней позволит значительно снизить солеотложение в наиболее опасных сечениях скважинного оборудования и повысить эффективность работы УЭЦН (см. «Сравнительные характеристики ступеней ЭЦН»).

Однако сегодня в скважинах работает стандартное оборудование, которое необходимо защищать от солеотложения. Одним из направлений такой защиты является прогнозирование вероятности солеотложения в УЭЦН. Ведь «предупрежден — значит вооружен». В мире известно и применяется достаточно много методик прогнозирования солеотложения.

Распределение отложения солей в элементах скважинного оборудования

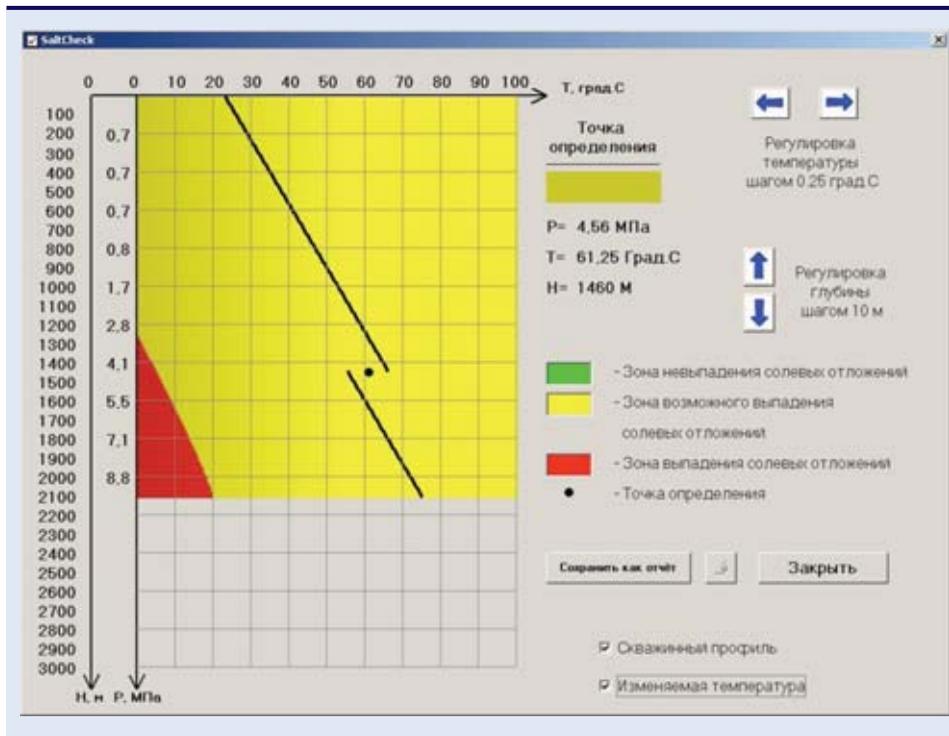


**Сравнительные характеристики ступеней ЭЦН**

Материал колеса	Тип ступени	Масса рабочего колеса, г	Скорость износа, г/час	Относительная адгезия к АСПО/ CaSO <sub>4</sub>
Алюминиевый сплав с покрытием	ЭЦНО5-80	42,17	0,0133	1
Чугун никелевый (типа «нирезист»)	ЭЦНМ5-80	172,4	0,16	151/173
Чугун серый с нитратным покрытием	ЭЦНМ5-80	171,6	0,0184	181/192

**Форма расчетного блока «Соль» ПК «Автотехнолог»**

## Вероятность солеотложения при существующем режиме откачки



Для сульфатных солей — это методики Э.Лондона, А.И.Чистовского, Ю.П.Гаттенберга, Р.Я.Кучумова, Р.Ф.Хайруллина, Дж.Одда и М.Б.Томсона, В.Е.Кашавцева и др.

Для определения вероятности отложения карбонатных солей чаще других используются методики Х.А.Стиффа и Л.Е.Дэвиса, методики на основе теории Де-

бая и Гюккеля, С.С.Задорнова, Г.П.Волобуева и Л.Е.Сокирко, А.Ю.Намиота, Дж.Одда и М.Б.Томсона и др.

## Расчетный блок «Соль»

Анализ вышеназванных методик позволил выделить среди них наиболее приспособленные для современных условий эксплуатации (Намиота; Дебая, Гюккеля; общая методика Оддо–Томсона, методика Оддо–Томсона с известным рН) и на их основе создать блок «Соль» для широко применяемого в нефтяных компаниях программного комплекса «Автотехнолог» (см. «Форма расчетного блока «Соль» ПК «Автотехнолог»).

При этом появилась возможность определения вероятности и скорости отложения солей в скважинах и на скважинном оборудовании в зависимости от условий эксплуатации (см. «Вероятность солеотложения при существующем режиме откачки, вероятность 75%» и «Вероятность солеотложения при интенсификации добычи нефти, вероятность 100%»).

Разработанный расчетный блок «Соль» был проверен почти на 200 скважинах солеобразующего фонда и показал хорошие результаты, после чего ПК «Автотехнолог + Соль» был передан для работы в подразделения компании ТНК-ВР.

Использование программы «Автотехнолог + Соль» позволяет прогнозировать, что будет происходить в скважине, и соответственно определить, насколько будет эффективна оптимизация в той или иной скважине, в том числе и с точки зрения возрастания вероятности солеотложения. Потому что дополнительная добыча по жидкости и по нефти будет часто сопровождаться проблемами выпадения солей. А решение проблемы солеотложения, как показывает практика, требует больших затрат на химическую или механическую обработку и соответственно на дополнительные подземные ремонты скважин.

## Вероятность солеотложения при интенсификации добычи нефти

