

УДК 622.276.53

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЛУБИННЫХ ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО СОЛЕОТЛОЖЕНИЯ

Чернова К.В.*, Аптыкаев Г.А.***, Шайдаков В.В.***

*ИК «Инкомн-нефть», Уфа

**ООО СК «Борец», Москва

***ГОУВПО УГНТУ, Уфа

Подробная информация об авторах размещена на сайте
«Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>

В статье рассмотрены причины отказов глубинных электроцентробежных насосных установок. На основании данных сервисных компаний исследованы зависимости наработки установок на отказ от основных эксплуатационных характеристик. Проанализированы причины и условия образования отложений неорганических солей. Рассмотрены особенности эксплуатации установок электроцентробежных насосов в условиях интенсивного солеотложения.

С помощью глубинных электроцентробежных насосных установок (УЭЦН) добывается более 98% нефти. Статистика аварийности по данным сервисных компаний показывает, что количество аварий УЭЦН примерно равно общему количеству эксплуатируемых установок, то есть практически каждая установка по различным причинам останавливается как минимум раз в год. Отказы УЭЦН могут происходить: в связи с недостатками конструкции или подбора установки, по причине

некачественной эксплуатации и ремонта, а также вследствие негативного воздействия добываемой продукции и условий эксплуатации.

Основными эксплуатационными характеристиками установок электроцентробежных насосов являются подача и напор. Авторами рассмотрена зависимость наработки УЭЦН на отказ в зависимости от подачи (рис. 1) и напора (рис. 2) на ряде скважин, эксплуатирующихся ОАО «Юганскнефтегаз».

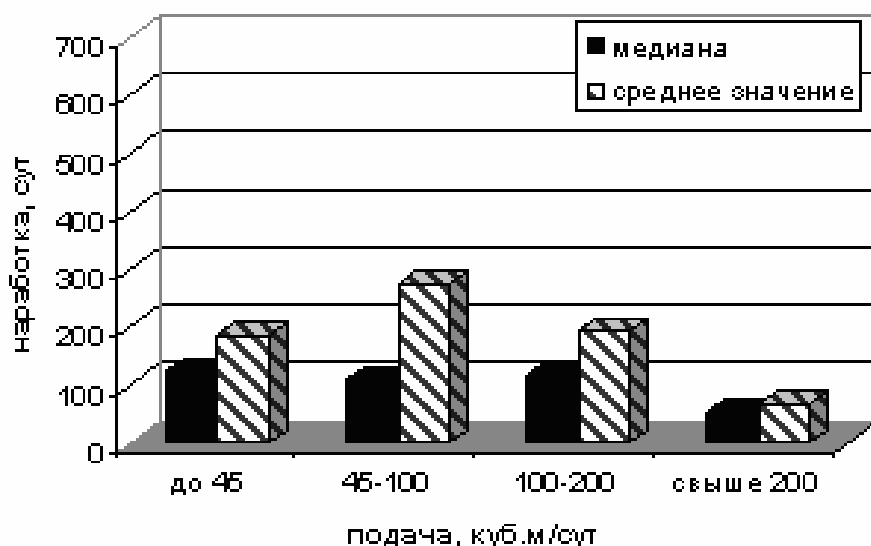


Рис. 1. Нарботка на отказ УЭЦН при различных значениях подачи

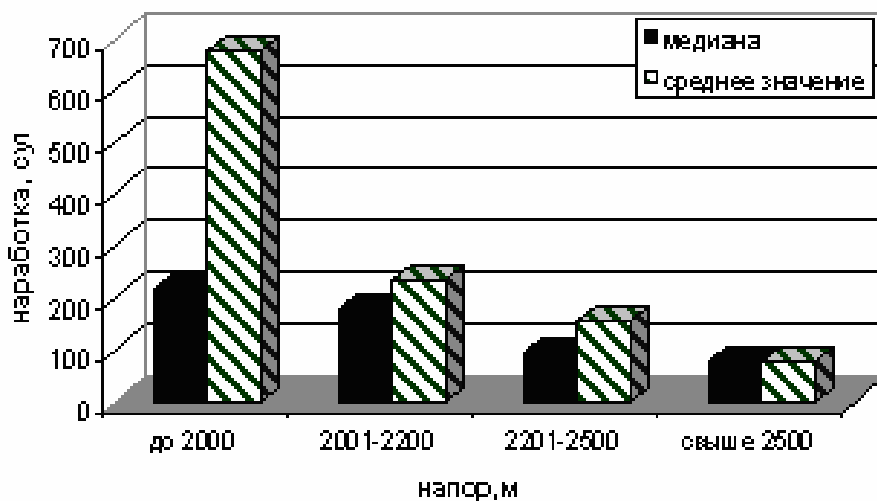


Рис 2. Нарботка на отказ УЭЦН при различных значениях напора

Как показано на рисунках, наработка на отказ для установок ЭЦН максимальна при подаче от 50 до 100 м³/сут и напоре менее 2000 м. В то же время, значительная разница между средним значением и медианой показывает, что все же большая часть насосов не дорабатывает до средних значений. Исключение составляют высо-

конапорные насосы с высокой подачей, для которых среднее и медианное значения наработки практически равны.

Расчет коэффициента вариации для работы УЭЦН с различной подачей и напором (табл. 1 и 2 соответственно) показал, что значения наработки характеризуются значительным разбросом.

Таблица 1. Коэффициент вариации для работы УЭЦН с различными значениями подачи

Подача, м ³ /сут	Среднее значение наработки, сут	Коэффициент вариации
до 45	187,1	1,09
45-100	276,6	1,65
100-200	193	1,63
свыше 200	65,33	0,65

Таблица 2. Коэффициент вариации для работы УЭЦН с различными значениями напора

Напор, м	Среднее значение наработки, сут	Коэффициент вариации
до 2000	676,42	1,16
2001-2200	235,35	1,18
2201-2500	155,16	1,23
свыше 2500	78,5	0,78

Негативное влияние состава и свойств добываемой продукции является одной из распространенных причин отказов глубинно-насосного оборудования - до 50% от их общего числа. Отказы, как правило, происходят вследствие образования отложений неорганических солей, асфальто-смолистых и парафиновых веществ, а

также засорения механическими примесями рабочих органов насоса. В зависимости от состава и свойств добываемой продукции, доли каждой из этих причин для разных месторождений и даже для разных скважин в пределах одного месторождения могут значительно отличаться (рис.3).

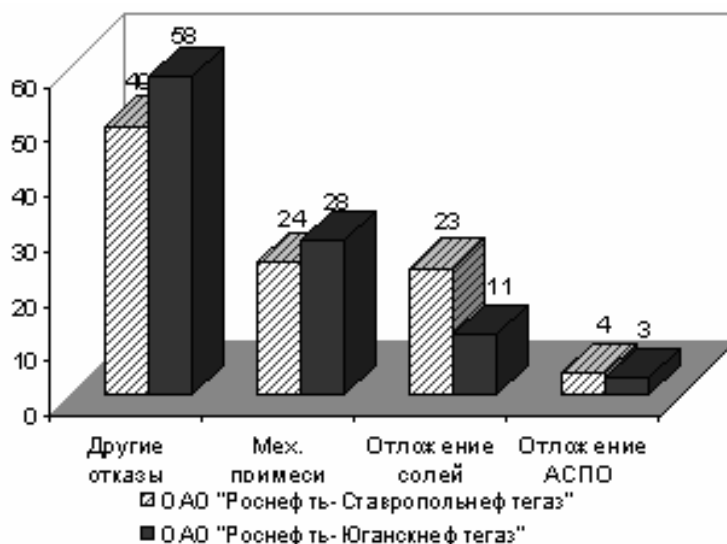


Рис. 3. Отказы УЭЦН, % от общего числа

Проблема резкого увеличения числа отказов УЭЦН по причине солеотложения в последние годы получила особую актуальность ввиду прогрессирующего роста обводненности пластовой жидкости на большинстве активно разрабатываемых нефтяных месторождений России. Серьезную опасность представляют солеотложения на рабочих органах и поверхностях погружных ЭЦН. Образование плотного камнеобразного осадка толщиной 0,6-1 мм нарушает теплообмен, приводит к заклиниванию рабочих органов насоса, поломке вала и выходу установки из строя [1].

Главным источником солей является вода, добываемая совместно с нефтью. В этой связи процессу солеотложения подвержены скважины и наземное оборудование, эксплуатирующееся в условиях обводнения добываемой продукции. Известно, что выпадение химического вещества в осадок из раствора происходит в том случае, если концентрация этого вещества или иона в растворе превышает равновесную. Из этого следует, что выпадение осадка может происходить либо за счет возрастания фактической концентрации соединения или иона, потенциально способного к выпадению в осадок, либо за счет снижения равновесной концентрации соединения или иона. Первое из этих условий имеет место при смешивании вод разного состава несовместимых друг с другом и

растворении горных пород. Второе – при перенасыщении вод в результате изменения термобарических условий, испарении воды, выделении газов.

Необходимо учитывать и то, что солеотложение проходит в сложных гидротермодинамических условиях в присутствии нефтяных компонентов, газовой фазы и механических примесей, оказывающих влияние на интенсивность процесса, характер и свойства осадков, формирующихся как в призабойной зоне пласта, так и в нефтепромысловом оборудовании [2].

На процесс смешения пластовых и закачиваемых вод решающим образом влияет используемый способ заводнения нефтяного месторождения.

При законтурном заводнении нагнетательные скважины располагаются за контуром нефтяной залежи, и закачиваемая вода нагнетается в водоносную часть пласта. Очевидно, что она смешивается прежде всего с законтурной водой. Образующиеся при смешении несовместимых вод осадки выпадают в водоносной части пласта, изменяя ионный состав как законтурных, так и закачиваемых вод. В этом случае ионный состав попутнодобываемой воды прямым образом зависит от объема воды закачиваемой для поддержания пластового давления.

При внутриконтурном заводнении закачиваемая вода непосредственно по-

стует в нефтяную часть пласта и главным образом смешивается с остаточной водой, которая характеризуется малой подвижностью и способна к перемещению только при достижении определенного перепада напора. Ионный состав остаточной воды во многих случаях сходен с составом законтурных подошвенных вод. Однако в процессе геологического развития региона могут возникать условия, под воздействием которых состав тех и других вод претерпевает изменения [3,4].

При внутриконтурном заводнении происходит вытеснение остаточной воды закачиваемой. В этом случае смешение протекает в нефтяном пласте в зоне непосредственного контакта. При несовместимости вод в пласте возможно образование нерастворимых осадков, затрудняющих процесс фильтрации нефти. Из-за разной проницаемости пропластков нефтяного пласта в добывающей скважине также происходит смешение остаточной воды, вытесняемой вместе с нефтью, с закачиваемой водой в различных соотношениях, что приводит к выпадению солей в призабойной зоне скважины. Этот фактор может оказывать решающее влияние на солеотложение при прорыве нагнетаемых вод в призабойную зону скважины.

Законтурные и остаточные воды, длительное время находившиеся в контакте с породой, успевают прийти с ней в равновесное состояние. Закачиваемая вода, также взаимодействуя с породой, меняет свой ионный состав, обогащаясь карбонатами либо сульфатами, либо тем и другим. Перемещаясь по пласту в процессе заводнения, закачиваемая вода будет стремиться к равновесному с породой состоянию при пластовых давлениях и температуре. Это приводит к тому, что с остаточной водой взаимодействует закачиваемая вода совсем не того ионного состава, который характерен для нее в поверхностных условиях.

По преимущественному содержанию неорганических солей определенного вида различают три группы отложений: сульфатные, карбонатные и хлоридные.

Главной причиной образования сульфатных отложений - сульфатов кальция, стронция, бария - является смешение

подземных пластовых вод хлоркальциевого типа с нагнетаемой водой, содержащей сульфат-ионы. Наиболее надежным средством предупреждения и борьбы с отложениями гипса, барита и целестина служит применение для заводнения бессульфатных высокоминерализованных вод. Использование пресной воды не всегда успешно, ввиду того, что при движении по пласту пресная вода, особенно насыщенная кислородом, может обогащаться сульфат-ионами за счет окисления сульфидов, выщелачивания гипса, содержащегося в породе пласта и десорбции сульфат-ионов с поверхности порового пространства пород [5,6]. Даже простое разбавление насыщенной сульфатами пластовой воды способствует их осаждению, поскольку растворимость сульфатов заметно снижается с уменьшением минерализации растворов и снижением температуры вследствие охлаждения пластов при их заводнении пресными поверхностными водами.

Образованию карбонатных отложений способствует изменение термобарических условий. В продукции скважин происходит перераспределение компонентов скважинных флюидов между водной, нефтяной и газовой фазами, что приводит к снижению содержания углекислоты в воде и, как следствие, выпадению карбоната кальция. В результате происходит отложение карбонатов на поверхности колес ЭЦН и внутри НКТ. Также одной из причин интенсивного отложения карбоната кальция и гипса на колесах ЭЦН является повышение температуры потока добываемой продукции. Так как с ростом температуры снижается растворимость сульфата и карбоната кальция, то это приводит к отложению выпавшей соли в УЭЦН.

При выводе скважины на режим после глушения также возможно интенсивное солеобразование. В начальный момент вывода, при преобладании в смеси раствора глушения над пластовой водой, интенсивность осадкообразования небольшая. Увеличение содержания пластовой воды в смеси способствует осадкообразованию. При глушении скважины раствором хлористого кальция ее вывод на режим сопровождается интенсивным осадкообразованием, что обусловлено увеличением со-

держания в смеси ионов кальция и снижением содержания растворенного CO_2 . Осадкообразование будет протекать и при глушении скважин раствором хлористого натрия, хотя и менее интенсивно. В этом случае выпадение карбоната кальция связано только со снижением содержания растворенного CO_2 .

Отложения хлорида натрия при добыче нефти встречаются на месторождениях, где залежи нефти контактируют с высокоминерализованными рассолами. На месторождениях, эксплуатирующихся с применением закачки воды, отложения галита встречаются сравнительно редко. Они отмечаются в тех скважинах, где попутная вода представлена пластовыми рассолами. По мере образования смешанных вод появление галита прекращается, хотя возможно образование отложений других солей [4,5].

Для предотвращения отложения солей традиционно применяют ингибиторы, подаваемые в затрубное пространство скважины посредством устьевых дозирующих устройств [6]. Данная технология приводит к большим потерям реагента, который расходуется на насыщение столба нефти в затрубном пространстве скважины, адсорбцию его на поверхности обсадной колонны и наружной поверхности НКТ. Оптимальным же для подачи реагента в скважину является непосредственно интервал до начала кристаллизации. Для этого разработана эффективная система подачи химического реагента с устья скважины по капиллярному трубопроводу, проходящему по внешней поверхности НКТ. По сравнению с подачей химических реагентов в затруб, в капиллярной системе до 60% уменьшается расход ингибиторов парафино- и солеотложений. Отработана подача реагентов из емкости в капиллярный трубопровод и далее в требуемый интервал скважины с помощью насоса-дозатора, а также безнасосная, за счет перепада давления в колонне НКТ и затрубном пространстве. Данные трубопроводы

обеспечивают подачу до 250 л/час химического реагента в скважину. Конструкция позволяет оснащать капиллярными системами подачи химических реагентов нефтяные, газовые, водяные и добывающие скважины, эксплуатируемые ШГНУ, УЭЦН, винтовыми насосами, фонтанным способом [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гиматутдинов Ш.К., Ибрагимов Л.Х., Гаттенбергер Ю.А. и др. Солеотложение при разработке нефтяных месторождений, прогнозирование и борьба с ними: Учеб. пособие для вузов. Грозный, 1985. – 87 с.
2. Ибрагимов Н.Г., Хафизов А.Р., Шайдаков В.В. и др. «Осложнения в нефтедобыче» – Уфа: «Монография», 2003.- 300 с.
3. Кашавцев В.Е., Мищенко И.Т. Солеобразование при добыче нефти. – М.: Орбита-М, 2004. – 432 с.
4. Рагулин В., Латыпов О., Михайлов А., Волошин А., Смолянец Е., Теплов В. Моделирование солеобразования при нефтедобыче и технологии его предупреждения. — М.: «Научно-технический вестник ЮКОС», № 6, 2003, с. 42-47.
5. Рагулин В.В, Михайлов А.Г, Волошин А.И, Смолянец Е.Ф, Теплов В.М. Технологии предотвращения солеотложения в скважинном оборудовании. – М.: Технологии ТЭК, № 4, 2004.
6. РД 39-0148070-026 ВНИИ-86. Технология оптимального применения ингибиторов солеотложения.- Тюмень: СибНИИИП, 1986.- 37 с.
7. Персиянцев М.Н. Добыча нефти в осложненных условиях. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 653 с.
8. Шайдаков В.В., Мищенко И.Н., Емельянов А.В., Бухарцев А.В., Шайхиунов А.А. Капиллярная трубопроводная система подачи химических реагентов в фонтанирующую скважину. – М.: Интервал, №10 (93), 2006.

**OPERATION OF ELECTROCENTRIFUGAL DEEP-WELL WORKING BARRELS IN
THE CONDITIONS OF INTENSIVE SCALE**

Chernova K.V.*, Aptykayev G.A.***, Shaydakov V.V.***

* *Engineering company "Inkomp-neft", Ufa*

** *Ufa state oil technical university, Ufa*

*** *Limited Company SK "Borets", Moscow*

The given article touches upon the reasons of the failure of the downhole centrifugal electric pumping units. The analysis of the data provided by the wells repairing companies has shown the interdependence between the failure of the downhole pumping units and their main operating characteristics. The causes and the conditions of the appearance of inorganic salt precipitations in such units have also been analyzed in the article. The peculiarities of the exploitation of the downhole centrifugal electric pumping units in the conditions of intensive salt precipitation and some recommendations on how to exploit them in the best way so that to eliminate the possibility of a failure are also described here.