

*Осипов Александр Васильевич*

студент

*Галиуллин Аманжол Аманжолович*

студент

*Пискарев Максим Анатольевич*

студент

*Грибенников Олег Алексеевич*

ассистент кафедры

ФГБОУ ВПО «Самарский государственный

технический университет»

г. Самара, Самарская область

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ НАЧАЛА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПАРАФИНА**

***Аннотация:** в статье рассматривается проблема асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) в добывающих скважинах, причины и механизм их выпадения. В работе перечислены методы предотвращения и удаления АСПО. Анализируется возможность прогнозирования глубины отложений в скважине, исходя из температурного фактора как одного из основных факторов, влияющих на выпадение АСПО.*

***Ключевые слова:** асфальтосмолистые парафиновые отложения, механизм отложений, причины отложений, методы предупреждения АСПО, методы удаления АСПО, прогнозирование глубины кристаллизации, кристаллизация парафина.*

### *Введение*

В настоящее время в общем балансе месторождений России преобладают месторождения с повышенным содержанием парафина в нефти. Добыча высокопарафинистой нефти сопровождается кристаллизацией и выпадением асфальтосмолистых парафиновых отложений в подземном оборудовании. Такие ослож-

нения частично или полностью перекрывают проходное сечение насосно-компрессорных труб (НКТ) на глубинах до 600...800 м, являясь причиной роста нагрузок на оборудование скважин и снижения подачи погружных насосов [8].

В настоящее время существует множество методов предупреждения отложений, а также их удаления. Для предотвращения АСПО используются следующие методы: применение гладких покрытий; химические (модификаторы, депрессаторы, ингибиторы); физические (вибрационные, электромагнитные воздействия, термообработка) и др.

Для удаления отложений применяются различные способы, такие как: тепловые (промывка скважин горячей нефтью или водой, воздействие острым паром, использование индукционных подогревателей); химические (применение растворителей); механические (скребки) [2].

С целью эффективного предотвращения парафиновых отложений и правильного выбора метода предотвращения возникает необходимость в прогнозировании глубины отложений по стволу добывающей скважины.

#### *Методология*

Отложения парафина связаны с появлением трехфазного потока жидкости, под которым понимается течение газированной жидкости после появления в ней третьей, твердой фазы в виде кристалликов парафина. *При движении нефти в подъемных трубах добывающих скважин частицы АСК адсорбируются на внутренней поверхности труб, формируя слой асфальтеносмолистых веществ [1].*

На выпадение и отложения АСПО в скважине оказывают влияние многие факторы, такие как: снижение давления на забое скважины и связанное с этим нарушение гидродинамического равновесия флюида; повышенное газовыделение; уменьшение температуры в стволе скважины; изменение скорости движения флюида и отдельных его составляющих; состав УВ в каждой фазе смеси; соотношение объема фаз; шероховатость поверхности НКТ [4; 6; 7].

В работе предлагается использовать формулу распределения температуры по стволу добывающей скважины [3] для прогнозирования глубины начала кристаллизации парафина в скважине, оборудованной УЭЦН:

$$t(h) = t_{\text{пл}} \left( 1 - St \frac{h}{d} \cos \alpha \right) \quad (1)$$

При этом предлагается подставлять в уравнение (1) температуру кристаллизации парафина, которая равна  $t_{\text{кр}} = 44$  °С по Бахилловскому месторождению. При этом глубина  $h$  будет соответствовать точке начала кристаллизации парафина  $h_{\text{кр}}$ . Глубина начала кристаллизации парафина в скважине  $H_{\text{кр}}$  определяется по уравнению:

$$H_{\text{кр}} = t_{\text{пл}} - \frac{d \left( 1 - \frac{t_{\text{кр}}}{t_{\text{пл}}} \right)}{St \cdot \cos \alpha} \quad (2)$$

где  $t(h)$  – температура в скважине на глубине  $h$ , °С;  $t_{\text{кр}}$  – температура кристаллизации парафина, °С;  $St$  – критерий Стантона;  $H_{\text{кр}}$  – точка начала кристаллизации парафина (от устья), м;  $d$  – внутренний диаметр НКТ, м;  $\alpha$  – угол отклонения скважины от вертикали, град;  $H_{\text{вдп}}$  – глубина верхних дыр перфорации, м;  $h_{\text{кр}}$  – точка начала кристаллизации парафина (от забоя), м

По предложенному способу определения глубины начала кристаллизации парафина были произведены расчеты по 40 скважинам Бахилловского месторождения, оборудованных ЭЦН, с целью оптимизации глубины спуска скребка. Результаты расчетов по некоторым скважинам представлены в таблице 1.

Таблица 1

*Результаты расчета по фонду скважин, оборудованных УЭЦН,  
Бахилловского месторождения*

№скв	$H_{\text{кр}}$ от устья, м	Глубина спуска скребка, м	$H_{\text{кр}} - H_{\text{скр}}$ , м	Запас спуска скребка, м	Рекомендуемая глубина спуска скребка, м
1067	1057	1000	57	1399	1100
3051	877	1000	-123	1292.5	900
3052	318	1000	-682	1102.76	350
3053	1155	1000	155	1510	1200
3054	759	1000	-241	614.5	800
591	1116	1000	116	1514.55	1200

621	387	1000	-613	820	400
642	982	1000	-18	1324.3	1000
695	689	1000	-311	1601.2	700
699	1041	1000	41	1540.45	1150
715	1029	1000	29	1420	1100
717	1074	1000	74	1728.52	1150
732	932	1000	-68	1505.02	1000
769	988	1000	-12	1450.84	1000
777	968	1000	-32	1119.23	1000

Как показывают расчеты, по некоторым скважинам разница между глубиной начала кристаллизации парафина и фактической глубиной спуска скребка оказывается отрицательной, что свидетельствует о возможности спуска скребка на меньшую глубину, чем фактическая. Присутствуют скважины, по которым желательно спускать скребки глубже. Рекомендуемые глубины спусков представлены в таблице 1.

Также в работе использовалось распределение температуры по стволу добывающей фонтанной скважины [5]:

$$t(h) = t_{пл} - \frac{t_{пл}h}{H_{в.д.п.}} \left[ 1 - \frac{(1 - 0.87 \cdot e^{-0.003Q_m})\rho_{н.д.}}{\rho_{н.пл.}} \right] \quad (3)$$

Из уравнения (3) определена глубина начала кристаллизации парафина в фонтанной скважине:

$$H_{кр} = H_{в.д.п.} - \frac{(t_{пл} - t_{кр}) \cdot H_{в.д.п.} \cdot \rho_{н.пл.}}{t_{пл} [\rho_{н.пл.} - (1 - 0.87 \cdot e^{-0.003Q_m})\rho_{н.д.}]} \quad (4)$$

где  $\rho_{н.пл.}$  – плотность пластовой нефти, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{н.д.}$  – плотность дегазированной нефти, кг/м<sup>3</sup>;  $Q_m$  – массовый дебит нефти, т/сут.

Результаты расчетов по фонтанному фонду скважин Бахировского месторождения представлены в таблице 2.

Таблица 2

*Результаты расчетов по фонтанному фонду скважин  
Бахировского месторождения*

№ скв.	$H_{кр}$ от устья, м	Глубина спуска скребка, м	$H_{кр} - H_{скр}$ , м	Рекомендуемая глубина спуска скребка, м
1536	626.054	1000	-373.95	650
1538	584.796	1000	-415.20	600

1539	529.38	1000	-470.62	550
1540	509.044	1000	-490.96	520
1541	363.016	1000	-636.98	400
1542	658.556	1000	-341.44	700
1543	524.738	1000	-475.26	550
1544	201.409	1000	-798.59	220
1545	480	1000	-520.42	500

Как видно из расчетов, по всем фонтанным скважинам возможно опускать скребки на меньшую глубину, чем фактическая. Рекомендуемые глубины спусков представлены в таблице 2.

### *Выводы*

Рассмотрены характер и механизм отложения АСПО. Рассмотрены причины возникновения АСПО и методы предотвращения и борьбы с ними. Предложен способ прогнозирования глубины кристаллизации парафина. Произведены расчеты по скважинам Бахиловского месторождения. По результатам расчетов даны рекомендации глубины спуска скребков.

### *Благодарности*

Автор выражает благодарность ОАО «Варьеганнефтегаз» за предоставление исходной информации, которая использовалась при написании данной работы.

### *Список литературы*

1. Современные методы разработки месторождений на поздних стадиях: Учеб. пособие для вузов / Т.А. Деева, М.Р. Камартдинов, Т.Е. Кулагина, П.В. Шевелев. – Томск, 2006. – 286 с.
2. Иванова Л.В. Асфальтосмолопарафиновые отложения в процессах добычи, транспорта и хранения / Л.В. Иванова, Е.А. Буров, В.Н. Кошелев // Нефтегазовое дело. – 2011. – №1. – 16 с.
3. Мищенко И.Т. Расчеты в добыче нефти: Учеб. пособие для вузов. – М.: Недра, 1989. – 242 с.
4. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти: Учеб. пособие для вузов. – М.: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. – 816 с.

5. Сборник задач по технологии и технике нефтедобычи: Учеб. пособие для вузов / И.Т. Мищенко, В.А. Сахаров, В.Г. Грон, Г.И. Богомольный. – М.: Недра, 1984. – 272 с.

6. Мордвинов В.А. Экологически безопасные технологии предупреждения осложнений при разработке нефтяных месторождений / В.А. Мордвинов, М.С. Турбаков. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 16 с.

7. Непримеров Н.Н. Экспериментальное исследование некоторых особенностей добычи парафинистой нефти. – Казань, 1958. – 150 с.

8. Тронов В.П. Механизм образования смоло-парафиновых отложений и борьба с ними. – М.: Недра, 1969. – 150 с.