

## Некоторые результаты исследований влияния сильного электрического поля на стабилизацию нефти

**В.Н. Семёнов**

(ОАО «Гипротюменнефтегаз»,  
Группа ГМС)

Адрес для связи: gtng@gtng.ru (для Семёнова В.Н.)

**Ключевые слова:** нефть, стабилизация, сепарация, давление насыщенных паров, электрические поля.

В настоящее время в связи с проводимой в стране политической утилизации нефтяного газа, сбережения энергетических и других ресурсов возросла потребность в разработке новых эффективных технологий и оборудования.

Известно, что электрическое поле большой напряженности влияет на процессы стабилизации и сепарации жидкостей (а.с. 1214142, а.с. 1194444)<sup>1</sup>. С целью определения механизма, степени влияния постоянного электрического поля на стабилизацию нефти и практического использования этого влияния были проведены эксперименты в лабораторных условиях. При этом использовались безводная длительное время хранившаяся в герметичной емкости нефть с давлением насыщенных паров (ДНП), не превышающим 1300 мм вод. ст. Подготовленная к сдаче товарная нефть должна иметь ДНП не более 500 мм рт. ст. Во всех экспериментах ДНП было определено по ГОСТ 1756-52.

Исследование стабилизации нефти проводилось на одинаковых открытых кюветах из винипласта. Нефть контактировала с атмосферным воздухом, так как ее естественная стабилизация в углеводородной среде не происходила бы при небольших значениях ДНП. В одной кювете стабилизация нефти проводилась без воздействия электрического поля, в другой – электрическое поле создавалось двумя плоскими электродами, соединенными с высоковольтным источником постоянного напряжения.

В различных сериях опытов электроды по отношению к поверхности нефти располагались по-разному: оба электрода размещались над поверхностью или были полностью погружены в нефть. Было установлено, что такое различное расположение электродов принципиально не влияет на стабилизацию нефти. Однако при электродах, погруженных в нефть, за время действия электрического поля она незначительно нагревалась. Нагрев нефти постоянно контролировался и был учтен путем проведения дополнительной серии экспериментов по опреде-

### Some results of research the strong electric field effect on the oil stabilization

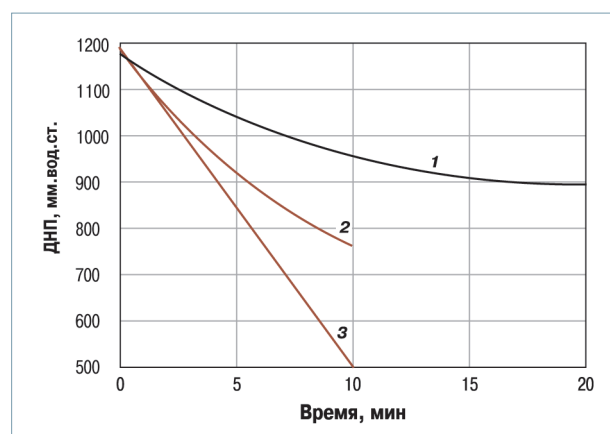
V.N. Semenov (Giprotyumenneftegaz OAO, HMS Group, RF, Tyumen)

E-mail: gtng@gtng.ru

**Key words:** oil, stabilization, separation, vapor pressure, electric fields.

The results of laboratory studies of the process of separation of gas from oil under the effect of a strong electrostatic field are given. It is shown that the effect of an electric field on this process is equivalent to a significant increase in oil temperature or reducing the external pressure. A practical use of the obtained results, including the design of the oil fields construction, is suggested.

лению влияния одного только электрического поля на стабилизацию при всех остальных одинаковых параметрах нефти. Кроме того, была проведена серия опытов для исключения влияния на процесс стабилизации перемешивания нефти, которое может возникнуть под действием электрического поля. На рис. 1 представлена одна из характерных зависимостей ДНП нефти от продолжительности ее стабилизации при различных напряженностях постоянного неоднородного электрического поля. Из него видно, что электрическое поле существенно ускоряет процесс стабилизации нефти: ДНП под действием поля высокой напряженности уменьшается быстрее, чем без поля или в поле меньшей напряженности. Результаты исследований, представленные на рис. 1, частично приведены в работе В.Х. Латыпова и В.Н. Семенова<sup>1</sup>.



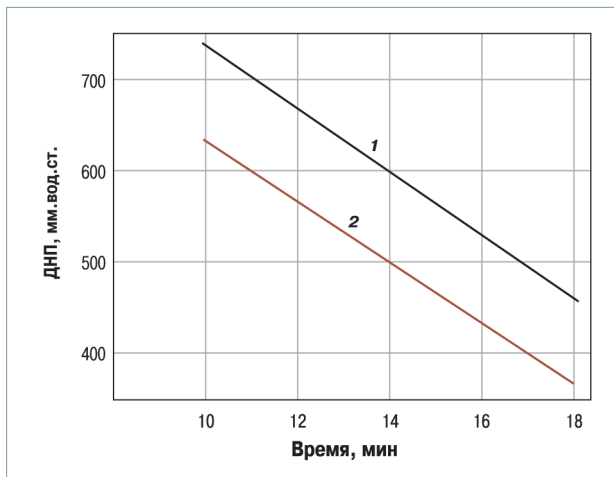
**Рис. 1.** Одна из характерных зависимостей ДНП нефти от продолжительности ее стабилизации при температуре 20 °С и различных условиях:

1 – стабилизация без воздействия электрического поля; 2, 3 – стабилизация под воздействием электрического поля средней напряженностью  $E$ , равной соответственно 6 и 7,5 кВ/см

<sup>1</sup> Латыпов В.Х., Семёнов В.Н. О влиянии электрического поля на стабилизацию нефти. Областная межвузовская конференция молодых ученых и специалистов 13-14 декабря 1985 г. – Тюмень: ГВЦ Облстат, 1985. – 172 с.

<sup>1</sup> Lатыпов V.Kh., Semenov V.N., *O vliyanii elektricheskogo polya na stabilizatsiyu nefiti* (On the influence of an electric field on the oil stabilization), Proceedings of The regional conference of young scientists and specialists of 13-14 December 1985, Tyumen', 1985, 172 p.

На рис. 2 представлены результаты сравнения стабилизации нефти под действием электрического поля со стабилизацией нагретой нефти без влияния электрического поля. Начальное ДНП нефти в этой серии экспериментов составляло 950 мм вод. ст. Сравнение проведено через 10 мин после начала нагревания нефти в одной кювете и подачи напряжения на электроды в другой кювете, когда температура нефти в обеих кюветах стала близка к постоянной. При этом стабилизация нефти без воздействия поля происходила при температуре на 20 °С большей, чем температура нефти, стабилизирующейся при воздействии поля. Из рис. 2 видно, что ДНП нефти уменьшается в обеих кюветах линейно, причем обе прямые параллельны, т.е. скорости стабилизации равны.

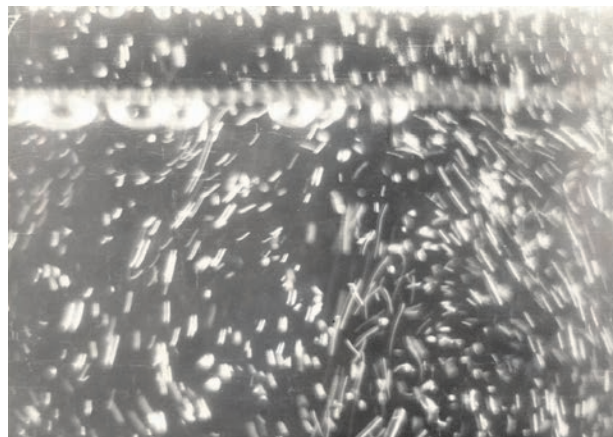


**Рис. 2. Динамика ДНП нефти при разных условиях:**  
 1 – стабилизация нефти без воздействия электрического поля при температуре, равной 39-40 °С; 2 – стабилизация нефти под воздействием электрического поля средней напряженности 7,5 кВ/см при температуре, изменяющейся от 19 до 20 °С

Таким образом, для того, чтобы стабилизация нефти без воздействия электрического поля происходила с такой же скоростью, что и стабилизация нефти под действием электрического поля средней напряженностью  $E=7,5$  кВ/см, необходимо увеличить температуру нефти на 20 °С. Разумеется, что это справедливо только для тех пределов параметров (в первую очередь ДНП, температуры, продолжительности стабилизации), при которых проведены эксперименты.

При получении указанных результатов было замечено появление пузырьков газа в нефти. Так как нефть не является прозрачной, были проведены дополнительные эксперименты на трансформаторном масле, в котором предварительно растворяли углекислый газ. Для этого через масло с начальным ДНП, равным 40 мм вод. ст., прокачивали под небольшим избыточным давлением углекислый газ до насыщения им масла. После снижения давления до атмосферного и непродолжительной выдержки масла до полного выхода из него пузырьков, образовавшихся вследствие снижения давления, масло заливали в прозрачную кювету из органического стекла. После такой процедуры ДНП масла становилось равным примерно 1200 мм вод. ст.

Из рис. 3, на котором представлена фотография такого трансформаторного масла, видно, что появившиеся с включением электрического поля пузырьки занимают значительный объем масла. Пузырьки появились так, как будто снизилось давление. Однако в электрическом поле они не только стремятся всплыть, но и быстро движутся в масле. Такое движение частиц в электрическом поле в некоторых источниках называют электрогидродинамическим течением. Видно, что часть



**Рис. 3. Характерный вид трансформаторного масла с возникшими в нем при включении электрического поля пузырьками углекислого газа, предварительно растворенного в масле**

пузырьков выходит из зоны действия поля и покидает масло. Некоторые из них укрупняются и задерживаются металлической сеткой, являющейся верхним электродом. Второй электрод находится на дне кюветы.

Таким образом, механизм ускорения стабилизации масла и нефти под действием электрического поля заключается в том, что это поле делает переход растворенного газа в газовую фазу в виде пузырьков энергетически более выгодным.

С учетом результатов, представленных на рис. 2, можно заключить, что действие электрического поля на стабилизацию нефти равносильно существенному повышению температуры нефти или уменьшению внешнего давления.

На практике полученные результаты могут использоваться в процессах подготовки нефти, в частности, в следующих случаях.

1. Для повышения эффективности процесса отделения нефтяного газа от нефти. Например, для более глубокой стабилизации нефти, уменьшения потерь углеводородов, более полного использования энергии сжатого газа.
2. При проектировании и разработке технологических схем подготовки нефти с использованием электрических полей для обезвоживания нефти. При этом необходимо учитывать, что в зоне действия поля могут образовываться пузырьки газа. Отмеченное может существенно нарушить процесс обезвоживания нефти за счет возникающих электродинамических течений и, следовательно, увеличить обводненность нефти на выходе из соответствующего емкостного оборудования. Кроме того, в верхней части такого оборудования возникает вероятность более интенсивного образования газовой фазы, чем при отсутствии электрического поля. Это может привести к нарушению расчетного материального баланса или проектного режима работы оборудования, а также к потерям углеводородов.

### Выводы

1. Сильное электрическое поле ускоряет процессы стабилизации и сепарации нефти. Его действие на стабилизацию нефти равносильно существенному повышению температуры нефти или уменьшению внешнего давления.
2. В сильном электрическом поле эффективность процесса отделения нефтяного газа от нефти возрастает.
3. При проектировании и расчете технологических схем подготовки нефти с использованием электрических полей большой напряженности необходимо учитывать, что в зоне действия поля возможно нарушение фазового равновесия системы нефть (эмульсия воды в нефти) – нефтяной газ.