

# ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОСАЖДЕНИЯ ВОДЫ ИЗ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ НА ОСНОВЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А. А. Бойцова, Н. К. Кондрашева

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский горный университет»

Поступила в редакцию 27.06.2016 г.

**Аннотация.** Нефть, добываемая на месторождениях, содержит значительное количество воды, солей и механических примесей, которые не только являются балластом при транспортировке, но и приводят к повышенной коррозии конструкций и аппаратов подготовки, транспортировки и переработки нефти, таким образом сильно увеличивая стоимость использования нефти. В статье выданы рекомендации по способу предварительной подготовки тяжелых высоковязких ярегской и усинской нефти к их последующей переработке, которые основаны на практических и расчетных исследованиях. На основании реологических исследований тяжелых нефтей Тимано-Печорской провинции получены зависимости скорости осаждения воды и время существования эмульсии от широкого диапазона температур, при которых может проводится процесс обезвоживания и обессоливания. Выданы рекомендации, позволяющие ускорить процесс отделения воды в электродегидраторах.

**Ключевые слова:** тяжелая нефть, обезвоживание, Ярегское месторождение, Усинское месторождение, электродегидратор

**Abstract.** Oil produced at the field contains a significant amount of water, salts and mechanical impurities, which are not only ballast during transport, but also lead to increased corrosion of structures and training aids, transportation and processing of oil, increasing the cost of using oil. The paper issued recommendations on a process for pre-treatment of heavy oil from Usinsk and Yarega oil deposit for its further processing, which based on practical and theoretical studies. Based on the rheological studies of heavy oils of the Timan-Pechora province received water depending on the deposition rate and time of the emulsion of the existence of a wide range of temperatures at which the process (dehydration and desalting) can be carried out. Issued recommendations to speed up the process of separating water into electrical dehydrators.

**Keywords:** heavy oil, dehydration, Yarega oil field, Usinsk oil field, electrical dehydrators

Основной проблемой современной нефтяной промышленности является увеличение доли в общем объеме добычи тяжелых высоковязких нефтей [1]. Добываемая из скважин нефть всегда содержит в себе попутный газ, механические примеси и пластовую воду, в которой растворено значительное количество солей. Процесс добычи нефти на промысле сопровождается ее смешиванием с внутрипластовой водой и образованием эмульсии, формирование которой способствуют присутствующие в нефти природные эмульгаторы

(асфальтены, смолы и твердые парафины) и диспергированные в ней механические примеси [2].

Нефть, поступающая на первичную переработку, неизменно проходит предварительную подготовку, назначение которой устранить вредное влияние содержащихся в нефти воды и солей, являющиеся основным источником образования коррозии оборудования, что приводит к снижению коэффициента теплопередачи и производительности установок [3].

Присутствие пластовой воды в нефти существенно удорожает ее транспортировку по трубопроводам и переработку. Кроме этого, значитель-

но возрастают энергозатраты на ее испарение и конденсацию, транспортные и эксплуатационные расходы из-за образования с пластовой водой стойкой эмульсии, которая стабилизируется механическими примесями нефти, состоящими из взвешенных в ней высокодисперсных частиц песка, глины, известняка и других сопутствующих пород.

Для отделения воды в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отраслях промышленности используются электродегидраторы, так как доказано, что электрические поля являются наиболее мощным и эффективным средством глубокого обезвоживания и обессоливания нефти. Основными преимуществами электродегидраторов перед обычными термохимическими отстойниками являются принудительная коалесценция и укрупнение капель эмульгированной в нефти воды, в результате которого возрастают как скорость отделения воды, так и глубина обезвоживания и обессоливания нефти [4].

Поступая во внешнее электрическое поле, капли воды в нефти поляризуются и деформируются в эллипсоиды вращения, ориентированные большими осями в направлении силовых линий поля. В результате между соседними каплями возникают силы диполь-дипольного притяжения, которые являются основным фактором, обеспечивающим сближение капель воды и их коалесценцию.

Процесс электрокоалесценции включает в себя три стадии:

1. Поляризация капель и их деформация в эллипсоиды вращения;
2. Транспортная стадия – сближение капель под действием дипольных сил притяжения до расстояний, меньших, чем радиус действия молекулярных сил притяжения Ван-дер-Ваальса-Лондона ( $\approx 500$  нм);
3. Акт коалесценции капель.

При этом если стадии 1 и 3 являются быстрыми, то стадия сближения капель в вязкой среде инерционна и требует значительно больше времени [5].

По ГОСТ Р 51858 «Нефть. Общие технические условия» массовая доля воды в подготовленной нефти должна быть не более 0,5% масс. для 1 и 2 группы и не более 1% масс. для 3 группы.

Целью работы является исследование зависимости времени осаждения воды из тяжелых нефтей Ярегского и Усинского месторождений от температуры в электродегидраторе.

Закон Стокса для условий нестесненной гравитационной седиментации сферических капель

дисперсной фазы разбавленных обратных эмульсий записывается как

$$v = \frac{2g(\rho_g - \rho_n)r^2}{9\eta}, \quad (1)$$

где  $v$  – скорость осаждения капель воды;  $g$  – ускорение свободного падения;  $\rho_g$  – плотность воды;  $\rho_n$  – плотность нефти;  $\eta$  – динамическая вязкость нефти.

Основные физико-химические свойства тяжелых нефтей Ярегского и Усинского месторождений приведены в таблице 1.

Таблица 1.  
Физико-химические свойства ярегской и усинской нефти

Параметр	Ярегская нефть	Усинская нефть
Плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	938	900
Кинематическая вязкость при 40°C, мм <sup>2</sup> /с	562.18	48.65
Температура застывания, °C	-18	-28
Содержание серы, % масс.	1.232	0.971
Содержание насыщенных соединений, % масс.	16	22
Содержание ароматических соединений, % масс.	40	21
Содержание смол, % масс.	27	39
Содержание асфальтенов, % масс.	17	18

Исходя из проведенных исследований реологических свойств ярегской и усинской нефтей, была получена зависимость вязкости образцов от температуры. Таким образом, формула 1 примет вид (2) для усинской нефти и (3) для ярегской.

$$v = \frac{2g(\rho_g - \rho_n)r^2}{-18 \cdot 10^{-6} t^3 + 0.0027 t^2 - 0.1737 t + 3.6801} \quad (2)$$

$$v = \frac{2g(\rho_g - \rho_n)r^2}{-81 \cdot 10^{-5} t^3 + 0.1377 t^2 - 7.6536 t + 140.688}, \quad (3)$$

где  $t$  – температура.

Приняв диаметр капли воды 1 мм, по формулам 2 и 3 определили зависимость скорости осаждения воды из тяжелой нефти от температуры в диапазоне от 10 до 110°C. Графическое изображение этой зависимости приведено на рис. 1.

В результате исследований получена зависимость скорости осаждения капель воды диаметром 1 мм от температуры. Следует отметить, что для нефти Усинского месторождения зависимость имеет линейный вид (4), а Ярегского – степенной (5), что подтверждается коэффициентами корреляции 0.995 и 0.988 соответственно.

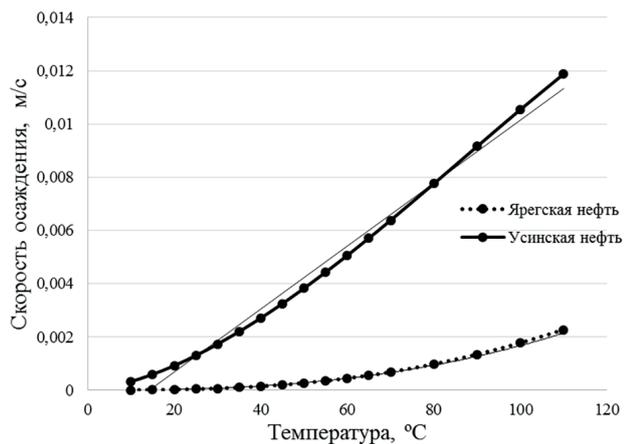


Рис. 1. Зависимость скорости осаждения капель воды от температуры

$$v = c_1 T + c_2 \quad (4)$$

$$v = c_3 T^{c_4}, \quad (5)$$

где  $c_1 = 0.0001$ ;  $c_2 = -0.0017$ ;  $c_3 = 10^{-8}$ ;  $c_4 = 2.6058$ .

На основании проведенных исследований определено время существования эмульсии в зависимости от температуры (рис. 2) при высоте электродегидратора, равной 3.52 м.

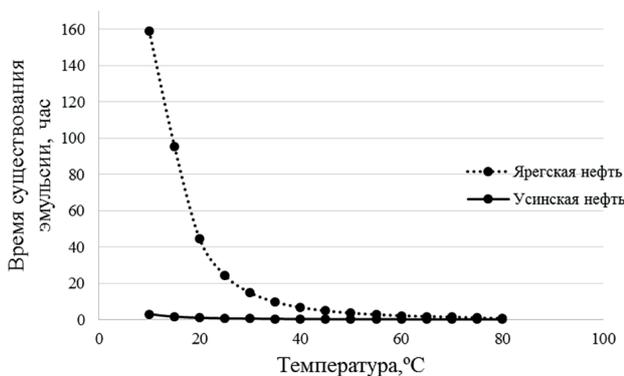


Рис. 2. Связь времени существования эмульсии и температуры

Таким образом, на основании проведенных исследований для ярегской нефти следует, что при повышении температуры электродегидратора с 60 до 80°C время существования эмульсии

снизится более чем в 2 раза, для усинской нефти подобное снижение не приводит к значительному изменению времени существования эмульсии. Также следует отметить, что при снижении температуры в электродегидраторе до 50 °C для усинской нефти время существования повышается незначительно (с 0.19 до 0.26 часа). Ввиду того, что в настоящее время для отделения воды из тяжелой нефти Тимано-Печорской провинции в электродегидраторах поддерживается температура 60°C, то для ускорения отделения воды из нефти Ярегского месторождения необходимо повышение температуры в электродегидраторах на 20°C, в то время как для нефти Усинского месторождения температуру в электродегидраторах можно снизить и поддерживать в пределах 50°C, что, таким образом приведет к уменьшению энерго- и капиталозатрат.

Исследования выполнены в рамках реализации гранта Российского научного фонда (проект № 15-17-00017).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойцова А.А. Повышение экономической эффективности переработки нефти / А.А. Бойцова, Н.К. Кондрашева, В.В. Васильев // Экономические проблемы и механизмы развития минерально-сырьевого комплекса (российский и мировой опыт): Сборник научных трудов. — 2016. — С. 275 – 278.
2. Ахметов А.Ф. Технология глубокой переработки нефти и газа / А.Ф. Ахметов. — СПб: Недра, 2013. — 544 с.
3. Кондрашева Н.К. К вопросу о предварительной подготовке нефти к первичной переработке / Н.К. Кондрашева, О.А. Дубовиков, И.И. Иванов, О.В. Зырянова // Записки горного института. — 2014. — Т. 210. — С. 21 – 29.
4. Тронов В.П. Промысловая подготовка нефти / В.П. Тронов. — Казань: Изд-во ФЭН, 2000. — 418 с.
5. Швецов В.Н. Новые технические решения по усовершенствованию электродегидраторов для обезвоживания и обессоливания нефти / В.Н. Швецов, А.А. Юнусов // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. — 2012. — №5. — С. 48-54.

Санкт-Петербургский горный университет

Saint Petersburg Mining University

Бойцова А.А., аспирант кафедры «Химические технологии и переработка энергоносителей»

Boytsova A.A., post-graduate student of the department "Chemical technology and processing of energy resources"

e-mail: cadaga@mail.ru

e-mail: cadaga@mail.ru

Тел.: +7-981-964-86-26

Ph.: +7-981-964-86-26

*Бойцова А. А., Кондрашева Н. К.*

*Кондрашева Н.К., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Химические технологии и переработка энергоносителей»*

*Тел.: +7-981-157-52-30*

*e-mail: natalia\_kondrasheva@mail.ru*

*Kondrasheva N.K., Doctor of technical science, Professor, Head of the Department “Chemical Technology and processing of energy resources”*

*e-mail: natalia\_kondrasheva@mail.ru*

*Ph.: +7-981-157-52-30*