

А.Н. Маркин, С.В. Суховерхов, А.В. Бриков

**НЕФТЕПРОМЫСЛОВАЯ ХИМИЯ:**  
***АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ***

Южно-Сахалинск  
2016

УДК 622.276 + 620.193 + 661.17 + 543.6  
ББК 35.514  
М 27

*А.Н. Маркин, С.В. Суховерхов, А.В. Бриков.* **Нефтепромысловая химия: Аналитические методы.** Южно-Сахалинск: «Сахалинская областная типография», 2016. – 216 с.

ISBN 978-5-89290-335-6

В книге «Нефтепромысловая химия: Аналитические методы» описаны современные методы анализа воды, нефти и отложений из нефтепромысловых систем. В книге впервые обобщены и систематизированы основные аналитические методы, применяемые в нефтепромысловой химии для установления химического состава воды, нефти и минеральных, органических и смешанных отложений. Приведены современные методики анализа, удобные для реализации в химических лабораториях нефтепромысловых предприятий и дающие достоверные результаты с приемлемой для практических целей сходимостью и воспроизводимостью.

Книга будет полезна для специалистов аналитических лабораторий нефтепромысловых предприятий, технологов, связанных с добычей, подготовкой и транспортировкой нефти, работников научно-исследовательских институтов и промышленных предприятий, занимающихся разработкой, производством и применением реагентов нефтепромысловой химии. Может быть рекомендована в качестве учебного пособия для студентов нефтехимических и химических ВУЗов.

Рецензенты

чл. корр. РАН, д.х.н. В.А. Авраменко  
д.х.н. А.А. Бессонов

ISBN 978-5-89290-335-6

© А.Н. Маркин, С.В. Суховерхов, А.В. Бриков, 2016  
© ОАО «Сахалинская областная типография», 2016

## Список сокращений

ССН	–	системы сбора нефти нефтяных месторождений
ППД	–	поддержание пластового давления
НКТ	–	насосно-компрессорные трубы
КС	–	коррозивная среда
СВБ	–	сульфатовосстанавливающие бактерии
ASTM (здесь) –		стандарты американского общества ASTM (American Society for Testing and Materials (ASTM International))
НЖК	–	низшие жирные кислоты (муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная, валериановая и др.)
МНК	–	метод наименьших квадратов
ЭДС	–	электродвижущая сила
ААС	–	атомно-абсорбционная спектрофотометрия
ГХ	–	газовая хроматография
ГХ/МС	–	ГХ с масс-спектрометрическим детектором
Пи-ГХ/МС	–	пиролитическая ГХ с масс-спектрометрическим детектором
ПИД	–	пламенно-ионизационный детектор для хроматографии
ВЭЖХ	–	высокоэффективная жидкостная хроматография
ВЭЖХ/МС	–	ВЭЖХ с масс-спектрометрическим детектором
МЭГ	–	моноэтиленгликоль
ОБТК	–	объединенный береговой технологический комплекс проекта «Сахалин–2»
ИК	–	инфракрасная (спектрометрия)
НВЧ	–	наиболее вероятное число бактерий в единице объема, измеренное методом предельных разведений
SARA	–	анализ нефти, при котором ее разделяют на четыре группы химических соединений (% масс.): насыщенные углеводороды, ароматические соединения, смолы и асфальтены
АСПО	–	асфальтосмолопарафиновые отложения
ТНКП	–	температура начала кристаллизации

WAT	– парафинов Wax Appearance Temperature (английский термин для ТНКП)
ТТ	– температура текучести нефти по ASTM D 5853-09
РФА	– рентгенофазовый анализ
ЭДРФА	– энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализ
ТО	– твердые отложения
ГЭЦ	– гидроксипроцеллюлоза
ДЭГ	– диэтиленгликоль
ТЭГ	– триэтиленгликоль
ПЭО	– полиэтиленоксид
ПЭГ	– полиэтиленгликоль

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Глава 1.</i>	<b>АНАЛИЗ ВОДЫ</b> .....	1
1.1	Введение .....	1
1.2	Отбор проб .....	6
1.3	Измерение концентрации растворенного кислорода.....	9
1.4	Измерение концентрации растворенного сероводорода .....	11
1.5	Измерение концентрации растворенной углекислоты .....	13
1.6	Измерение концентрации ионов хлора .....	15
1.7	Измерение концентрации ионов $SO_4^{2-}$ .....	18
1.8	Измерение концентрации ионов $HCO_3^-$ .....	19
1.9	Измерение концентрации аммиака (аммонийного азота).....	26
1.10	Измерение концентрации нитратов и нитритов.....	29
1.11	Измерение концентрации бора .....	34
1.12	Ионная хроматография и капиллярный электрофорез анионов .....	38
1.13	Измерение концентрации натрия и калия .....	38
1.14	Измерение концентрации кальция и магния .....	40
1.15	Измерение концентрации железа .....	42
1.16	Измерение концентрации бария .....	47
1.17	Измерение концентрации стронция .....	49
1.18	Измерение концентрации металлов, присутствующих в воде в следовых количествах .....	50
1.19	Измерение концентрации низших жирных кислот .....	51
1.20	Измерение концентрации ингибиторов солеотложений .....	51
1.21	Измерение концентрации ингибиторов коррозии .....	54
1.22	Измерение концентрации нефтепродуктов .....	65
1.23	Измерение концентрации сульфатвосстанавливающих бактерий.....	74
1.24	Анализ данных химического состава воды .....	78
<i>Глава 2.</i>	<b>АНАЛИЗ НЕФТИ</b> .....	88
2.1	Введение .....	88
2.2	Измерение концентрации парафинов в нефти .....	90
2.3	Молекулярно-массовое распределение алканов .....	100
2.4	Измерение концентрации асфальтенов в нефти .....	102
2.5	Анализ SARA .....	104
2.6	Измерение температуры начала кристаллизации парафинов.....	109
2.7	Измерение температуры текучести нефти .....	114

<b>Глава 3. АНАЛИЗ СОЛЕОТЛОЖЕНИЙ И ТВЕРДЫХ ОТЛОЖЕНИЙ</b> .....	120
3.1 Анализ солеотложений.....	120
3.2 Анализ твердых отложений .....	127
<b>Глава 4. АНАЛИЗ ОТЛОЖЕНИЙ ИЗ СИСТЕМ РЕГЕНЕРАЦИИ МОНОЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ</b> .....	138
4.1 Введение .....	138
4.2 Анализ отложений .....	145
Список литературы .....	153

## ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ВОДЫ

### 1.1. Введение

При добыче, транспорте и подготовке нефти и газа наличие попутно добываемой воды в продукции скважин приводит к нарушениям и осложнениям технологических процессов [1–5]. Присутствие воды приводит к следующим проблемам:

- образованию водонефтяных эмульсий;
- образованию труднорастворимых минеральных соединений (осадков солей, солеотложений), которые откладываются в нефтепромысловом оборудовании;
- электрохимической коррозии нефтепромыслового оборудования.

При подъеме обводненной нефти к устью добывающей скважины и при ее дальнейшем движении по трубопроводам систем сбора нефти (ССН) происходит перемешивание нефти с водой, приводящее к образованию водонефтяной эмульсии – гетерогенной системы, состоящей из двух несмешивающихся жидкостей, одна из которых (называемая внутренней или дисперсной фазой) распределена в другой (внешней фазе или дисперсионной среде) в виде мелких капель (глобул). Содержащиеся в воде вещества (соли, кислоты) оказывают существенное влияние на образование и стойкость водонефтяных эмульсий [1, 2]. Так, натриевые соли нафтеновых кислот хорошо растворимы в воде, обладают большой поверхностной активностью и существенно снижают поверхностное натяжение воды на границе с нефтью [2] способствуя образованию эмульсий. Конечная продукция нефтедобывающих предприятий – нефть для поставки транспортным организациям и нефтеперерабатывающим предприятиям по ГОСТ Р 51858–2002 [6] – должна содержать не более 1 % мас. воды. Поэтому нефтедобывающие предприятия несут значительные капитальные и эксплуатационные расходы на разрушение водонефтяных эмульсий и подготовку нефти до товарного качества. Данные о химическом составе воды позволяют оптимизировать процесс подготовки нефти и снизить капитальные и эксплуатационные издержки.

Выделение труднорастворимых минеральных соединений из попутно добываемой воды может происходить в любом месте нефтепромысловых систем, где, в результате изменения давления, химического состава воды или температуры, нарушается химическое равновесие. Осадки солей обнаруживают в скважинах, на различной глубине по стволу скважины; в трубопроводах ССН; в аппаратах установок подготовки нефти; в трубопроводах, транспортирующих нефть до товарных парков; в обо-