

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ
по дисциплине
«Химия нефти»



Донецк
2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА «ОБЩАЯ, ФИЗИЧЕСКАЯ И ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ
по дисциплине
«Химия нефти»**

для обучающихся по направлению подготовки
18.03.01 «Химическая технология»,
профиль «Химическая технология химико-фармацевтических
препаратов и косметических средств»

всех форм обучения

РАССМОТРЕНО:
на заседании кафедры
общей, физической и органической химии
протокол № 2 от 27.09.2021 г.

УТВЕРЖДЕНО:
на заседании
Учебно-издательского
совета ГОУВПО «ДОННТУ»
протокол №9 от 07.10.2021 г.

Донецк
2021

УДК 665.6(076)
ББК 24я73
М54

Составитель:

Рублева Людмила Ивановна - кандидат химических наук, доцент кафедры общей, физической и органической химии ГОУВПО «ДОННТУ».

М54 **Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Химия нефти»** [Электронный ресурс]: для обучающихся по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология»; профиль «Химическая технология химико-фармацевтических препаратов и косметических средств» всех форм обучения/ ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. общей, физической и органической химии; сост. Л.И.Рублева - Донецк: ДОННТУ, 2021. – Систем. требования: ZIP-архиватор. – Загл. с титул. экрана.

Методические рекомендации для проведения лабораторных занятий включают методики проведения лабораторных работ по отдельным темам курса «Химия нефти», ориентированного на студентов химико-технологического профиля. Способствуют формированию знаний и практических навыков обучающихся по проведению химического эксперимента, знакомят со свойствами органических веществ, входящих в состав нефти и газа, методами исследования физических свойств, определения качественного и количественного состава нефти, математической обработки результатов опытов, способами очистки сырой нефти от различных примесей и выделения из нее отдельных фракций.

УДК 665.6(076)
ББК 24я73
М54

Оглавление

| | |
|---|-----|
| Введение..... | 5 |
| Лабораторная работа № 1..... | 6 |
| Лабораторная работа № 2..... | 7 |
| Лабораторная работа № 3..... | 9 |
| Лабораторная работа № 4 | |
| Разделение нефти и нефтепродуктов методом прямой перегонки..... | 111 |
| Лабораторная работа № 5 | |
| Определение фракционного состава нефти и нефтепродуктов путем ректификации | 133 |
| Лабораторная работа № 6 | |
| Основные представители алканов в нефти. Состав, номенклатура, физические и химические свойства. | 155 |
| Лабораторная работа № 7 | |
| Основные представители нафтенов в нефти. Состав, номенклатура и физические свойства ... | 166 |
| Лабораторная работа № 8 | |
| Основные представители аренов в нефти. Состав, номенклатура и физические свойства. Окисление толуола до бензойной кислоты..... | 188 |
| Лабораторная работа № 9 | |
| Основные представители ненасыщенных углеводородов в нефти. Состав, номенклатура, физические и химические свойства. Бромное число | 199 |
| Лабораторная работа № 10 | |
| Жирные и нафтеновые кислоты, фенолы, физические и химические свойства на примере отдельных представителей | 211 |
| Лабораторная работа № 11 | |
| Основные представители сернистых и азотистых соединений нефти: меркаптаны, тиофен, сульфиды, амины, анилин, пиридин. Химические свойства на примере пиридина и хинолина, аминов | 233 |
| Лабораторная работа № 12 | |
| Характеристика смол и асфальтенов нефти..... | 255 |
| Лабораторная работа № 13 | |
| Получение адипиновой кислоты окислением циклогексанола | 277 |
| Лабораторная работа № 14 | |
| Определение содержания воды в нефти и нефтепродуктах..... | 299 |
| Список литературы | 33 |

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы по курсу «Химия нефти» требуют от студента высокой собранности, аккуратности и точности в проведении экспериментальной работы, т. к. большинство нефтепродуктов являются горючими и легко воспламеняющимися жидкостями.

Перед началом работы студенты получают допуск к проведению экспериментальной работы, что включает знание теоретических основ того раздела практикума, которому посвящено практическое задание. По результатам эксперимента студент оформляет письменный отчет, содержащий название работы, цель работы, краткое теоретическое введение, экспериментальную часть, выводы и список использованной при выполнении задания литературы. Отчет по работе представляется на следующее после выполнения работы занятие.

Правила работы в лаборатории органического практикума

При выполнении работ по курсу «Химия нефти» необходимо строго соблюдать следующие правила противопожарной безопасности:

- работы производить только в специальной одежде;
- нагревать и перегонять легко воспламеняющиеся жидкости необходимо на водяной или песчаной бане. Запрещается нагревать указанные вещества на открытом пламени. Слянки с указанными жидкостями не следует оставлять вблизи зажженного огня;
- в случае воспламенения жидкости необходимо использовать для тушения сухой песок, одеяло или огнетушитель, имеющиеся в лаборатории;
- при загорании одежды следует плотно обернуть пострадавшего одеялом и тем самым прекратить доступ воздуха к горящему объекту.

Следует учитывать, что многие соединения, входящие в состав нефти, являются ядовитыми и вредными для здоровья, поэтому работу с ними следует проводить в вытяжном шкафу.

Запрещается:

- глубоко вдыхать пары углеводородов при работе с ними и определении их запаха;
- пробовать реактивы на вкус, принимать пищу в лаборатории;
- оставлять без присмотра лабораторные установки синтеза и перегонки органических веществ и нефтяных фракций;
- выливать в раковину органические вещества, а также сильно пахнущие неорганические соединения. Для слива указанных соединений в вытяжном шкафу есть специальные емкости.

Тема 1. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕФТИ

Лабораторная работа № 1

Удаление из нефти и нефтепродуктов механических примесей

Приборы и материалы: искусственная смесь углеводородов с включением механических примесей, конические колбы с притертыми крышками, фильтровальная воронка, фильтровальная бумага, техно-химические весы, мерный цилиндр.

Механические примеси содержатся в сырой нефти в виде песка, глинистых минералов и различных солей, которые находятся во взвешенном состоянии. При исследованиях свойств нефти большое содержание механических примесей может в значительной степени повлиять на правильность определения таких показателей, как плотность, молекулярная масса, коксуемость, содержание серы, азота, смолисто-асфальтеновых веществ и микроэлементов. В процессе переработки нефти в нефтепродукты могут попасть продукты коррозии аппаратов и трубопроводов, мельчайшие частицы отбеливающей глины, минеральные соли. Загрязнение нефти и нефтепродуктов может происходить также при хранении и транспортировке.

Механические примеси в топливе могут привести к засорению топливопроводов, фильтров, увеличению износа топливной аппаратуры, нарушению питания двигателя. Эти же примеси в маслах и смазках могут вызвать закупорку маслопроводов, поломку смазочной аппаратуры, образование неровностей на трущихся поверхностях.

Из механических примесей наиболее опасными являются песок и другие твердые частицы, истирающие металлические поверхности.

Методы определения общего содержания механических примесей основаны на способности всех органических компонентов нефти взаимно растворяться. Осадок, задерживаемый фильтром при фильтровании раствора нефти или нефтепродукта, характеризует содержание в них механических примесей.

Ход работы:

1. Взвесить коническую колбу №1 с крышкой. занести в таблицу значение m_1 .
2. Набрать в колбу 20 мл смеси нефтепродуктов, выданной лаборантом. Взвесить колбу повторно и занести в таблицу значение m_2 .
3. Рассчитать массу нефтепродуктов с механическими примесями: $m_{см} = m_2 - m_1$.
4. Взвесить пустую коническую колбу №2 с крышкой. занести в таблицу значение m_3 .
5. Приготовить из фильтровальной бумаги обычный или складчатый фильтр, поместить его в фильтровальную воронку, следя за тем, чтобы края бумажного фильтра выступали приблизительно на 0,5 см за край воронки.
6. Поместить воронку с бумажным фильтром в коническую колбу №2 и провести фильтрование исследуемой смеси углеводородов.
7. По окончании фильтрования взвесить коническую колбу №2 с фильтратом и занести в таблицу значение m_4 .
8. Рассчитать массу нефтепродуктов без механических примесей: $m_ч = m_4 - m_3$.
9. На основании полученных данных определить массу механических примесей в смеси: $m_{пр} = m_{см} - m_ч$
10. Рассчитать процентное содержание механических примесей в образце

$$\Delta = \frac{m_{пр}}{m_{см}} \cdot 100\%$$

- 11 Оформить отчет по лабораторной работе (табл.1). Сделать выводы о качестве исследованных нефтепродуктов и содержании в них механических примесей.

Таблица 1

Запись результатов эксперимента

| m_1 | m_2 | $m_{см}$ | m_3 | m_4 | $m_ч$ | $m_{пр}$ | Δ |
|-------|-------|----------|-------|-------|-------|----------|----------|
| | | | | | | | |

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие механические примеси могут содержаться в сырой нефти?
2. Какие из них являются наиболее опасными? Почему?
3. Назовите методы очистки сырой нефти от механических примесей.

Лабораторная работа № 2

Определение плотности нефти и нефтепродуктов ареометром

Приборы и материалы: искусственная смесь углеводородов – алканов, нафтенов и аренов, набор ареометров, стеклянный цилиндр на 100 мл.

Плотностью называется масса единицы объема вещества (нефти, нефтепродукта). Единицей плотности в системе СИ является кг/м^3 .

В исследовательской практике определяется относительная плотность. Относительной плотностью называется отношение плотности нефти или нефтепродукта при 20°C к плотности дистиллированной воды (эталонного вещества) при 4°C , т. е. отношение массы нефти или нефтепродукта при 20°C к массе такого же объема дистиллированной воды при 4°C . Относительную плотность обозначают ρ_4^{20} . Умножив значение относительной плотности на 1000, можно получить плотность в кг/м^3 . Плотность нефти и нефтепродуктов зависит от температуры.

Значение плотности для характеристики нефти и нефтепродуктов

Плотность принадлежит к числу наиболее распространенных показателей, применяемых при исследовании нефти и нефтепродуктов.

Если принять во внимание, что основная масса нефтепродуктов падает на долю углеводородов, а последние в подавляющей части состоят из трех основных классов — парафинов, нафтенов и ароматических углеводородов, заметно различающихся по величине плотности для соединений с одинаковым числом атомов в молекуле, то можно сделать вывод, что величина плотности будет в некоторой степени характеризовать не только состав и происхождение продукта, но также и его качество.

В самом деле, при прочих равных показателях качества нефтепродуктов можно считать, что более высокая плотность указывает на большее содержание ароматических компонентов, а более низкая — на большее содержание углеводородов и с этим положением приходится считаться не только в процессе производства, но и в процессе потребления нефтепродуктов.

Экспериментально плотность нефти (нефтепродукта) определяют одним из трех стандартных методов: ареометром (нефтеденсиметром), гидростатическими весами Вестфаля-Мора и пикнометром. Из них наиболее быстрым является ареометрический метод, а наиболее точным — пикнометрический. Преимуществом пикнометрического метода является использование сравнительно малых количеств анализируемой пробы.

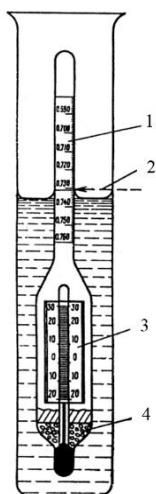


Рис. 1 – Отсчет плотности по шкале денсиметра

1 – шкала плотности, 2 – линия отсчета, 3 – термометр, 4 – груз

Смысл измерения плотности ареометром заключается в том, чтобы зафиксировать уровень нефтепродукта на шкале ареометра при различной глубине погружения ареометра в жидкость. Величина погружаемости ареометра обратно пропорциональна плотности измеряемой жидкости, т.е. чем ниже плотность жидкости, тем больше глубина погружения ареометра.

Ареометр – прибор, который представляет собой стеклянную полую трубку (рис.) зауженную в верхней части и герметично запаивную с обоих концов. В нижней части ареометра находится груз (как правило, металлическая дробь), вверху – шкала плотности. Масса ареометра заранее известна и точно отрегулирована.

Ареометры для нефтепродуктов или нефтетенсиметры производят в трех исполнениях.

У ареометров первого исполнения (**АНТ-1**) цена деления шкалы $0,5 \text{ кг/м}^3$, у ареометров второго и третьего исполнения (**АНТ-2** и **АН**) – 1 кг/м^3 . У ареометров первого и второго исполнения есть встроенный термометр с диапазонами измерения температуры от -20 до $+40^\circ\text{C}$. Ареометр АН термометра не имеет.

Для исследуемого нефтепродукта используют ареометр с соответствующим диапазоном шкалы (рис. 2), например: для бензинов – 640-780, для керосинов – 765-855, для дизельных топлив – 770-870. Затем подбирают цилиндр, чтобы его высота обеспечивала погружение ареометра, при котором он не касается дна цилиндра. Обычно для АНТ-1 используют цилиндры высотой 50 см, для АНТ-2 – 35 см.

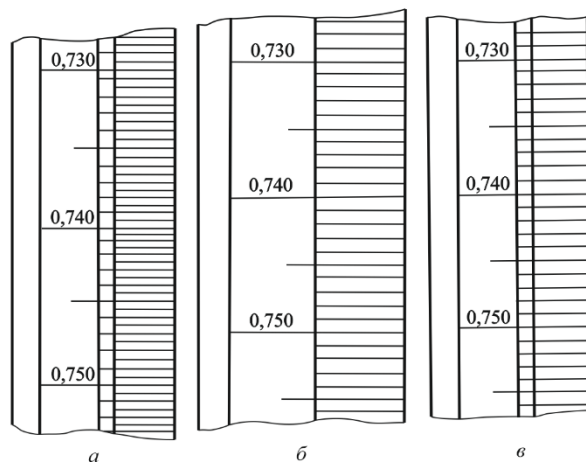


Рис. 2. Шкалы ареометров для нефти
а – первого типа, б – второго типа, в – третьего типа

Ход работы:

1. В чистый стеклянный цилиндр поместить исследуемую жидкость и выдержать некоторое время до установления термодинамического равновесия с окружающей средой.

2. Опустить ареометр в цилиндр с исследуемой смесью углеводородов. Нефтепродукта в цилиндре должно быть столько, чтобы ареометр, погруженный в него, плавал, а нефтепродукт не выливался из цилиндра.

3. После того, как ареометр перестанет двигаться, а его температура станет равна температуре нефтепродукта, снять показания по шкале плотности, ориентируясь по верхнему краю мениска. При этом глаз наблюдателя должен находиться на уровне мениска

на расстоянии 20-30 см от ареометра. Температуру нефтепродукта измеряют встроенным или дополнительным термометром.

4. Записать показания ареометра. Оценить состав предложенных нефтепродуктов на основании данных измерений. Сделать вывод о преобладающих компонентах искусственной смеси. Оформить отчет о работе.

Вопросы для самоконтроля:

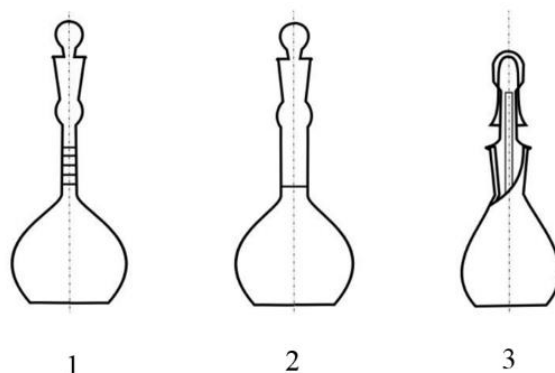
1. Что такое относительная плотность? В каких единицах она измеряется?
2. Каково значение плотности для характеристики нефти и нефтепродуктов?
3. Назовите экспериментальные методы определения плотности нефти и нефтепродуктов.

Лабораторная работа № 3

Определение плотности нефти и нефтепродуктов пикнометром

Приборы и материалы: искусственная смесь углеводородов нефти; пикнометр; хромовая смесь; вода дистиллированная; этиловый спирт; пипетка; бумага фильтровальная; аналитические весы.

Стандартной температурой, при которой определяется плотность нефти и нефтепродукта, является 20°C. Для определения плотности применяют стеклянные



пикнометры с меткой и капиллярной трубкой различной емкости (рис. 3). Каждый конкретный пикнометр характеризуется так называемым «водным числом», т. е. массой воды в объеме данного пикнометра при 20°C.

Рис. 3. Пикнометры. 1 – пикнометр Бирона, 2 – пикнометр с меткой, 3 – пикнометр с капилляром.

Ход работы

1. Промыть пикнометр последовательно хромовой смесью, дистиллированной водой, этиловым спиртом и высушить.

2. Чистый и сухой пикнометр взвесить на аналитических весах с точностью до 0,0002 г (m_1). С помощью пипетки заполнить пикнометр дистиллированной свежеекипяченной и охлажденной до комнатной температуры водой (пикнометры с меткой заполняют по верхнему краю мениска). Пикнометр с установленным уровнем воды при 20±0,1°C тщательно вытереть снаружи и взвесить с точностью до 0,0002 г (m_2).

3. Водное число m пикнометра вычислить по формуле:

$$m = m_2 - m_1$$

где m_2 и m_1 — масса пикнометра с водой и пустого, соответственно, г.

4. Сухой и чистый пикнометр наполнить с помощью пипетки анализируемой нефтью (нефтепродуктом) при 18-20°C, стараясь не загрязнить стенки пикнометра. Уровень

нефтепродуктов в пикнометре установить по верхнему краю мениска. Пикнометр с установленным уровнем тщательно вытереть и взвесить с точностью до 0,0002 г на аналитических весах (m_3). Эксперимент произвести не менее трех раз.

5. «Видимую» плотность ρ' анализируемой нефти (нефтепродукта) вычислить по формуле:

$$\rho' = \frac{m_3 - m_1}{m}$$

где m_3 — масса пикнометра с нефтью (нефтепродуктом), г; m_1 — масса пустого пикнометра, г; m — водное число пикнометра, г.

6. «Видимую» плотность пересчитать в плотность ρ_4^{20} по формуле:

$$\rho_4^{20} = (0,99823 - 0,0012)\rho' + 0,0012 = 0,99703\rho' + 0,0012$$

Вычисленные по этой формуле поправки к «видимой» плотности приведены в табл.2. Для получения плотности ρ_4^{20} анализируемой нефти (нефтепродукта) поправку следует вычесть из значения «видимой» плотности. Расхождение между параллельными определениями плотности не должно превышать 0.0004. Если это значение превышено, необходимо провести еще одно определение.

Нужно иметь в виду, что результаты определения плотности искажаются при наличии в исходной пробе нефти (нефтепродукта) воды и механических примесей.

Таблица 2

Поправки к «видимой» плотности

| «Видимая» плотность ρ' | Поправка | «Видимая» плотность ρ' | Поправка |
|-----------------------------|----------|-----------------------------|----------|
| 0,6900—0,6999 | 0,0009 | 0,8500—0,8599 | 0,0013 |
| 0,7000—0,7099 | 0,0009 | 0,8600—0,8699 | 0,0014 |
| 0,7100—0,7199 | 0,0009 | 0,8700—0,8799 | 0,0014 |
| 0,7200—0,7299 | 0,0010 | 0,8800—0,8899 | 0,0014 |
| 0,7300—0,7399 | 0,0010 | 0,8900—0,8999 | 0,0015 |
| 0,7400—0,7499 | 0,0010 | 0,9000—0,9099 | 0,0015 |
| 0,7500—0,7599 | 0,0010 | 0,9100—0,9199 | 0,0015 |
| 0,7600—0,7699 | 0,0011 | 0,9200—0,9299 | 0,0015 |
| 0,7700—0,7799 | 0,0011 | 0,9300—0,9399 | 0,0016 |
| 0,7800—0,7899 | 0,0011 | 0,9400—0,9499 | 0,0016 |
| 0,7900—0,7999 | 0,0012 | 0,9500—0,9599 | 0,0016 |
| 0,8000—0,8099 | 0,0012 | 0,9600—0,9699 | 0,0017 |
| 0,8100—0,8199 | 0,0012 | 0,9700—0,9799 | 0,0017 |
| 0,8200—0,8299 | 0,0013 | 0,9800—0,9899 | 0,0017 |
| 0,8300—0,8399 | 0,0013 | 0,9900—1,0000 | 0,0018 |
| 0,8400—0,8499 | 0,0013 | | |

где 0,99823 значение плотности воды при 20°C; 0,0012 — значение плотности воздуха при 20°C и давлении 0.1 МПа (760 мм рт. ст.).

7. По результатам измерений составить таблицу (табл.3):

Результаты эксперимента

| Номер опыта | m_1 | m_2 | m | m_3 | ρ' | ρ_4^{20} |
|-------------|-------|-------|-----|-------|---------|---------------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |

8. Найти среднее значение плотности нефтепродуктов $\rho_{\text{ср}}$.

9. Сделать выводы. Сравнить достоинства и недостатки методов определения плотности нефтепродуктов с помощью ареометра и пикнометра. Оформить отчет по работе.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое «водное число пикнометра»? Как оно определяется?
2. Что такое «видимая плотность» нефти и нефтепродукта?
3. Назовите достоинства и недостатки пикнометрического метода определения плотности нефти.

Тема 2. МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА НЕФТИ И ГАЗА

Лабораторная работа № 4

Разделение нефти и нефтепродуктов методом прямой перегонки

Приборы и материалы: нефть или искусственная смесь углеводородов, круглодонная колба, насадка Вюрца, прямой холодильник, алонж, колбоприемники, термометр на 250°C, кипелки, электронагревательный прибор, теххимические весы.

Первичными методами переработки нефти и нефтепродуктов являются перегонка (при атмосферном и пониженном давлении) и ректификация. С помощью данных методов определяют фракционный состав нефти и нефтепродуктов.

Перегонка (дистилляция) — это физический метод разделения, основанный на испарении жидкости и конденсации паров, обогащенных легколетучим компонентом. Термин «дистилляция» означает «разделение по каплям» или «стекание по каплям». История перегонки насчитывает около 3500 лет. В древности с помощью перегонки получали розовое и другие эфирные масла, дистиллированную (пресную) воду из морской, использовали перегонку для приготовления микстур и напитков. Современная нефтепереработка берет свое начало с перегонного куба, целевым назначением которого было получение осветительного керосина. Кубовая батарея и трубчатая установка для перегонки нефти были изобретены в России во второй половине XIX века. В этих разработках выдающаяся роль принадлежит инженеру В. С. Шухову.

Прямой перегонкой можно разделить до определенной степени смесь компонентов, температуры кипения которых отличаются более, чем на 50°C.

Ректификация — физический метод разделения, основанный на многократном противоточном контакте жидкой и паровой фаз. При этом паровая фаза обогащается низкокипящим компонентом, а жидкая — высококипящим. Ректификацией можно разделять смесь компонентов, различающихся по температуре кипения всего на 0,5°.

При перегонке жидкость постепенно испаряется, и образующиеся при этом пары непрерывно удаляются из системы и конденсируются с получением дистиллята (иногда этот процесс называют простой дистилляцией).

Простую перегонку можно проводить при атмосферном давлении или под вакуумом (для снижения температуры перегонки). Для получения нужных фракций (или разного состава дистиллята) применяют фракционную, или дробную, перегонку.

Ход работы

1. Собрать установку для перегонки (рис. 4).
2. Во взвешенную колбу поместить 30 мл отфильтрованного нефтепродукта и снова взвесить для определения массы нефтепродукта (m_n)
3. В колбу бросить «кипелки» – кусочки керамики для равномерного кипения жидкости.
4. Термометр установить так, чтобы верхняя граница ртутного шарика находилась на уровне нижнего края отверстия отводной трубки.
5. После того, как установка для перегонки полностью собрана, подставить нагревательный прибор.
6. Отбор фракций можно производить двумя способами: отбираются фракции с четкими температурами кипения; если же в течение перегонки не устанавливается четкая температура кипения, то отбор фракций проводится через 5° . Для каждой фракции фиксируется в тетради температурный интервал выхода $t_{фр}$.

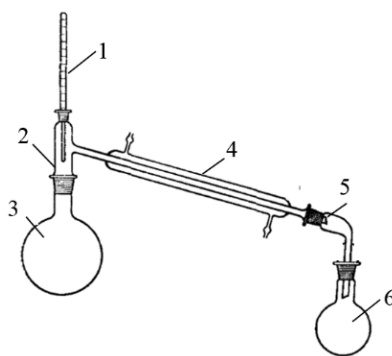


Рис. 4. Установка для перегонки.

1 – термометр; 2 – насадка Вюрца; 3 – круглодонная колба;
4 – холодильник Либиха; 5 – алонж; 6 – приемник.

7. Для каждой фракции необходимо определить выход. Для этого пустые колбы-приемники взвесить на весах перед присоединением к установке (m_1). По окончании отбора фракции колбу-приемник взвесить еще раз (m_2). Массу перегнанной фракции определяется как разность:

$$m_{фр} = m_2 - m_1$$

Выход соответствующей фракции рассчитывают по формуле:

$$\eta_{фр} = \frac{m_{фр}}{m_n} \cdot 100\%$$

где m_n – масса сырого нефтепродукта, г.

8. По окончании перегонки, остывшую круглодонную колбу взвешивают для определения массы кубового остатка $m_{ост}$ и рассчитывают его выход:

$$\eta_{ост} = \frac{m_{ост}}{m_n} \cdot 100\%$$

9. По результатам работы заполнить таблицу 4:

Фракционный состав образца

| m_n , г | $m_{фр1}$, г | $t_{фр1}$, °С | $m_{фр2}$, г | $t_{фр2}$, °С | $m_{фр3}$, г | $t_{фр3}$, °С | $\eta_{фр1}$, % | $\eta_{фр2}$, % | $\eta_{фр3}$, % | $m_{ост}$, г | $\eta_{ост}$, % |
|--------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| | | | | | | | | | | | |

10. Оформить отчет по работе. Предположить фракционный состав нефти, исходя из температур кипения отдельных фракций.

Вопросы для самоконтроля:

1. Назовите первичные методы переработки нефти и нефтепродуктов.
2. Какие способы дистилляции нефтепродуктов существуют? Охарактеризуйте их.
3. Как производится отбор отдельных нефтяных фракций?

Лабораторная работа № 5

Определение фракционного состава нефти и нефтепродуктов путем ректификации

Приборы и материалы: нефть или смесь органических веществ (углеводородов), колба Вюрца, дефлегматор, обратный холодильник, головка полной конденсации, колбоприемники, термометр на 250°С, кипелки, электронагревательный прибор.

Перегонка с дефлегматором представляет собой перегонку в простейшей ректификационной колонке.

Ход работы

1. Перед перегонкой ректификационную колонку собрать так, как это изображено на рис.5.
2. В колбу 4 загрузить взвешенные 30 мл хорошо высушенной исследуемой жидкости. Определение массы нефтепродукта (m_n) проводят так же, как и при прямой перегонке (см. лабораторную работу №4).
3. Перед началом перегонки в колбу необходимо поместить «кипелки» – кусочки керамики для равномерного кипения жидкости.
4. Колбу присоединить к дефлегматору 3, соединенному с головкой полной конденсации 2, к которой присоединен приемник 6. Шлифы прибора должны быть промазаны смазкой, нерастворимой в перегоняемой жидкости. Приемниками служат пришлифованные конические колбы емкостью 15-25 мл. Термометр с ценой деления 0,2-0,5° установить так, чтобы его шарик находился на 1-2 см ниже боковой трубки.
5. Кран головки полной конденсации держать закрытым, чтобы колонка работала с полным орошением, без отбора дистиллята. Необходимо дать колонке «захлебнуться» — заполнить центральную трубку и часть головки. Таким образом, из насадки удаляется воздух и вся она смачивается флегмой и паром. При «захлебывании» желательнее регулировать нагрев колбы так, чтобы до появления жидкости в головке прошло 15-20 мин. Через 5-10 мин после «захлебывания» уменьшить нагрев колбы. Поддерживая слабое кипение жидкости в колбе и не прекращая орошения, дать стечь избытку флегмы в колбу.

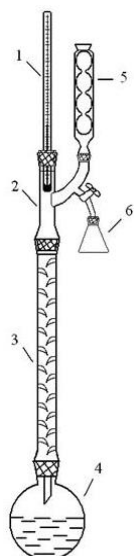


Рис. 5. Ректификационная колонна
 1 – термометр,
 2 – головка полной конденсации,
 3 – дефлегматор,
 4 – круглодонная колба,
 5 – обратный холодильник,
 6 – приемник.

6. Затем устанавливается оптимальный режим перегонки. По достижении равновесия следует записать температуру кипения жидкости и слегка открыть кран для отбора дистиллята. При отборе дистиллята нужно не только поддерживать в колонке режим, близкий к только что установленному, но и следить за соотношением орошения, возвращаемого в колонку, и дистиллята, отбираемого в приемник за один и тот же промежуток времени. Для хорошего разделения важно, чтобы это соотношение (флегмовое число) было высоким, но при этом количество

флегмы не должно достигать величины, при которой колонка начинает «захлебываться». Для большинства простейших колонок оптимальное флегмовое число должно лежать в интервале 20:1 – 45:1.

7. Перегонку вести до заданной глубины отбора, после чего отставить колбонагреватель, дать жидкости охладиться и стечь в колбу. Колбу отсоединить от колонки и взвесить. Суммировать массы отогнанных фракций и остатка:

$$m = m_{\text{фр1}} + m_{\text{фр2}} + m_{\text{фр3}} + m_{\text{ост}}$$

и вычислить потери при перегонке:

$$\eta_{\text{потерь}} = \frac{m}{m_{\text{н}}} \cdot 100\%$$

8. При разделении углеводородов перегонкой следует выделять фракции в правильных температурных интервалах. Если фракционирование осуществляется для выделения заранее намеченных соединений с уже известными температурами кипения, то при первой перегонке фракции отбирать так, чтобы их низшие и высшие пределы отстояли одинаково от точек кипения соответствующих чистых веществ. Подвергая выделенные фракции повторному фракционированию, температурные пределы все более сужают, пока не будут достигнуты постоянные точки кипения. Если же целью фракционирования является выделение возможно большего числа индивидуальных веществ, то при первых перегонках отбирают фракции в пределах 10 или 5°.

9. Отбор дистиллята следует проводить непрерывно. При этом способе нужно слегка открывать кран для отбора дистиллята у головки так, чтобы установить заранее заданное флегмовое число. Отсчет температуры производить через равные объемы дистиллята. Величину флегмового числа уменьшают, увеличивая скорость отбора дистиллята, если в приемнике собирается индивидуальное вещество (или азеотропная смесь). Признаком этого является постоянство температуры паров в головке полной конденсации в течение некоторого времени. При переходе от фракции к фракции флегмовое число опять увеличивают, уменьшая скорость отбора дистиллята. Это процесс называется «отжимом» фракции.

10. Результаты фракционирования занести в таблицу 5.

Результаты опытов фракционирования исследуемого нефтепродукта

| № фракции | $t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$ | Масса, г | | | Выход, $\eta_{\text{фр}} \%$ |
|-----------|-----------------------------------|-----------|-------------|----------------------------|------------------------------|
| | | приемника | | фракции $m_{\text{фр}}$ | |
| | | пустого | с продуктом | | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| и т.д. | | | | | |

11. Оформить отчет по работе. Предположить фракционный состав нефти, исходя из температур кипения отдельных фракций.

Полученные результаты сравнить с данными, полученными при простой перегонке нефти. Оценить достоинства и недостатки каждого способа фракционирования нефтепродуктов.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чем состоит сущность процесса ректификации?
2. Для чего служит дефлегматор? Как он устроен?
3. Что такое флегмовое число?

Тема 3. АЛКАНЫ, СОДЕРЖАЩИЕСЯ В НЕФТИ И ГАЗАХ

Лабораторная работа № 6

Основные представители алканов в нефти. Состав, номенклатура, физические и химические свойства.

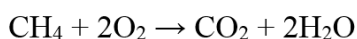
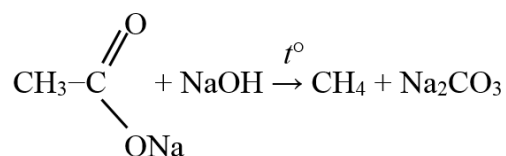
Приборы и материалы: лабораторная ступка с пестиком, пробирка с газоотводной трубкой, кристаллические ацетат и гидроксид натрия, растворы перманганата калия и бромной воды, н-гексан, насыщенный водный раствор мочевины, искусственная смесь нефтепродуктов, концентрированные серная и азотная кислоты.

Все работы проводить в вытяжном шкафу!

Ход работы:

Опыт 1. Получение и свойства метана

В ступке растереть одну часть ацетата натрия (CH_3COONa) с двумя частями натронной извести (NaOH). Смесь пересыпать в сухую пробирку с газоотводной трубкой и нагреть сначала осторожно, а затем сильно. Через 1-2 мин поджечь выходящий из трубки метан. Он сгорит голубоватым пламенем:



Чтобы убедиться в том, что метан трудно вступает в химические реакции, пропустите его в пробирки, наполненные раствором перманганата калия и бромной водой.

Окраска растворов при этом не изменяется, так как в обычных условиях метан не окисляется и не вступает в реакции замещения.

Опыт 2. Свойства жидких алканов

Будем наблюдать за тем, как гексан C_6H_{14} в обычных условиях реагирует с галогенами, кислотами и окислителями.

В четыре пробирки налить по 1 мл н-гексана. В первую пробирку к н-гексану прибавить 0,5 мл бромной воды. Обесцвечивания не происходит, т.е. в обычных условиях н-гексан с бромом не реагирует.

Во вторую пробирку к н-гексану прилить 0,5 мл концентрированной серной кислоты H_2SO_4 , а в третью – 0,5 мл концентрированной азотной кислоты HNO_3 . Содержимое пробирок встряхнуть. Наблюдения показывают, что окраска растворов не изменяется, не происходит смешения слоев и разогрева. Таким образом, можно сделать вывод, что н-гексан при нормальных условиях не реагирует с концентрированными серной и азотной кислотами.

В четвертую пробирку к 1 мл н-гексана прилить 1 мл раствора перманганата калия ($KMnO_4$). После встряхивания содержимого пробирки отметить, что изменений не происходит, раствор не обесцвечивается, т.е. реакция не протекает.

Опыт 3. Качественная проба на присутствие в нефтяной фракции нормальных парафиновых углеводородов

В пробирку налить 1 мл насыщенного раствора мочевины в воде, прибавить 2-3 капли испытуемого раствора – нефтяной фракции – и встряхнуть. Выпадающий белый кристаллический осадок указывает на наличие нормальных парафиновых углеводородов. Чувствительность пробы около 0,3% нормальных парафинов в смеси. Метод пригоден и для количественного определения или отделения алканов от нафтеновых, ароматических и разветвленных парафиновых углеводородов.

По окончании работы оформить отчет, описать свойства парафиновых углеводородов нефти.

Вопросы для самоконтроля:

1. Охарактеризуйте физические свойства алканов. Какие парафины входят в состав нефтяных фракций?
2. Какие существуют лабораторные способы получения алканов?
3. Почему парафины проявляют химическую инертность? Поясните с точки зрения их химического строения.

Тема 4. ЦИКЛОАЛКАНЫ НЕФТИ

Лабораторная работа № 7

Основные представители нафтенов в нефти. Состав, номенклатура и физические свойства.

Приборы и материалы: циклогексан, дистиллированная вода, этилацетат, этиловый спирт, четыреххлористый углерод, анилин, бензен, гексан, круглодонная колба, насадка Вюрца, прямой холодильник, алонж, колбоприемники, термометр на $100^\circ C$, кипелки, электронагревательный прибор, ареометр.

Все работы проводить в вытяжном шкафу!

Ход работы:

Опыт 1. Определение плотности циклогексана ареометром

1. В чистый стеклянный цилиндр поместить циклогексан и выдержать некоторое время до выравнивания температуры жидкости с температурой окружающей среды.
2. Опустить ареометр в цилиндр с исследуемым нафтенем. Циклогексана в цилиндре должно быть столько, чтобы ареометр, погруженный в него, плавал, а жидкость не выливалась из цилиндра.
3. После того, как ареометр перестанет двигаться, а его температура сравняется с температурой нефтепродукта, снимите показания по шкале плотности, ориентируясь по верхнему краю мениска. При этом глаз наблюдателя должен находиться на уровне мениска на расстоянии 20-30 см от ареометра. Температуру нефтепродукта измеряют встроенным или дополнительным термометром.
4. Записать показания ареометра. Сделать вывод о плотности циклогексана.

Опыт 2. Физические свойства циклогексана как одного из представителей нафтенев. Растворимость в различных растворителях

1. Набрать в семь пробирок, находящихся в штативе, по 2 мл (приблизительно 1/5 пробирки) следующих растворителей: дистиллированная вода, этилацетат, этиловый спирт, четыреххлористый углерод, анилин, бензен, гексан.
2. С помощью пипетки добавить в каждую из этих пробирок 0,5 мл (около 20 капель) циклогексана. Описать изменения, происходящие в каждой из пробирок. С какими растворителями циклогексан смешивается, образуя однородную смесь? Что происходит в пробирках с водой и бензеном?

Опыт 3. Простая перегонка смеси циклогексана с водой

1. Взять у лаборанта приготовленную смесь циклогексана и воды.
2. Собрать установку для перегонки (рис. 4).
3. Во взвешенную колбу поместить 30 мл смеси циклогексана с водой.
4. В колбу бросить «кипелки» – кусочки керамики для равномерного кипения жидкости.
5. Термометр установить так, чтобы верхняя граница ртутного шарика находилась на уровне нижнего края отверстия отводной трубки.
6. После того, как установка для перегонки полностью собрана, подставить нагревательный прибор.
7. Отбираются фракции с четкими температурами кипения. Для каждой фракции фиксируется температурный интервал выхода $t_{фр}$. Обратите внимание, что температура кипения азеотропной смеси циклогексана с водой (96% по массе) – 69°C, а чистый нафтен перегоняется в интервале 79-81°C.
8. Оформить отчет о работе.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какова химическая структура нафтенев?
2. Какие нафтены преимущественно входят в состав нефти?
3. Охарактеризуйте физические свойства циклопарафинов нефти.
4. Какую пространственную структуру имеют молекулы циклобутана, циклопентана и циклогексана?

Тема 5. АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ, СОДЕРЖАЩИЕСЯ В НЕФТИ

Лабораторная работа № 8

Основные представители аренов в нефти. Состав, номенклатура и физические свойства. Окисление толуола до бензойной кислоты

Все работы проводить в вытяжном шкафу!

Приборы и материалы: бензол, толуол, бромная вода, хлороформ, железные опилки, растворы перманганата калия и разбавленной серной кислоты, формалин, концентрированная серная кислота, водяная баня, фарфоровые чашки.

Ход работы:

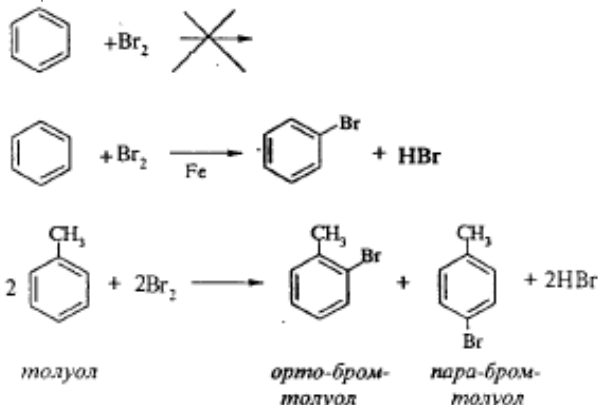
Опыт 1. Бромирование бензола и толуола

1. В одну пробирку поместить 1 мл бензола, в другую – 1 мл толуола. В каждую из пробирок добавить по 1 мл раствора брома в хлороформе и встряхнуть.

2. Пробирки нагреть на водяной бане. Бромирование бензола в этих условиях не происходит, а толуол бромруется – происходит исчезновение окраски брома.

3. Бромирование бензола происходит только в присутствии катализатора (железные опилки). Добавить в первую пробирку железных опилок, встряхнуть и снова нагреть на водяной бане. Что происходит?

4. Записать уравнения протекающих реакций, результаты наблюдений, указать условия протекания реакций.



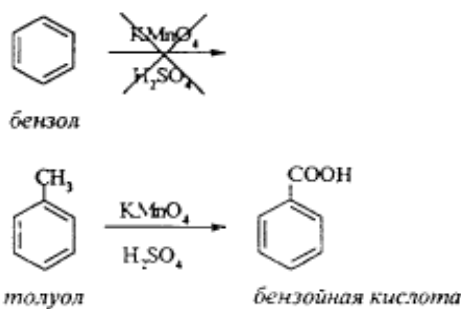
Опыт 2. Окисление ароматических углеводородов

1. Опыт проводить одновременно с бензолом и толуолом. В одну пробирку поместить 1 мл раствора перманганата калия, в другую – 1 мл разбавленной серной кислоты. Добавить в одну пробирку 0,5 мл бензола, в другую – 0,5 мл толуола.

2. Сильно встряхивать каждую пробирку в течение нескольких минут. В какой пробирке наблюдается изменение окраски?

3. Бензол весьма устойчив к окислению и практически не реагирует с перманганатом калия ни в кислой, ни в щелочной среде. Гомологи бензола окисляются значительно легче.

4. Записать уравнения протекающих реакций, результаты наблюдений, указать условия протекания реакций.



Опыт 5. Качественная реакция на ароматические углеводороды

Ароматические углеводороды в присутствии серной кислоты образуют с формалином ярко окрашенные продукты конденсации. Это свойство используют как качественную реакцию на присутствие ароматических углеводородов в нефтепродуктах.

1. В две фарфоровые чашки поместить по 4-6 капель концентрированной серной кислоты, затем прибавить 3-4 капли формалина.
2. В первую чашку внести 2-3 капли гексана.
3. Во вторую – 2-3 капли бензола или толуола.
4. В какой из чашек произошло изменение окраски?
5. Сделать вывод о способе качественного обнаружения аренов в нефтепродуктах.

Следует знать, что при отсутствии ароматических углеводородов смесь остается бесцветной. Появление яркого красно-бурого окрашивания свидетельствует о наличии ароматических углеводородов в испытуемом продукте. Вместо формалина можно использовать параформ.

Вопросы для самоконтроля:

1. Охарактеризуйте физические и химические свойства аренов.
2. Назовите качественные реакции на отдельные ароматические углеводороды.
3. Почему замещенные арены обладают большей химической активностью, чем бензол?
4. Какие физические свойства придает нефти и нефтепродуктам наличие аренов в их составе?

Тема 6. АЛКЕНЫ, АЛКАДИЕНЫ И АЛКИНЫ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФТИ

Лабораторная работа № 9

Основные представители ненасыщенных углеводородов в нефти. Состав, номенклатура, физические и химические свойства. Бромное число

Все работы проводить в вытяжном шкафу!

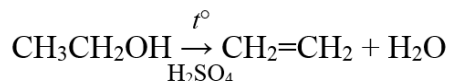
Приборы и материалы: этиловый спирт, концентрированная серная кислота, бромная вода, раствор перманганата калия, карбид кальция, дистиллированная вода, электронагревательный прибор, пробирка с газоотводной трубкой.

Ход работы:

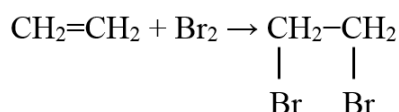
Опыт 1. Получение и свойства этилена

1. Подготовить две пробирки, одну из которых заполнить на 2/3 объема бромной водой, а вторую – раствором перманганата калия.

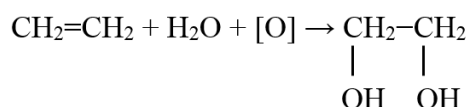
2. В пробирку с газоотводной трубкой поместить 1 мл этилового спирта и, осторожно взбалтывая, прилить 4 мл концентрированной серной кислоты. В разогретую смесь бросить кипелки и начать медленно и осторожно нагревать пробирку до начала равномерного выделения газа. Реакционная смесь при этом темнеет:



3. Как только из газоотводной трубки начнет выделяться этилен, опустить поочередно газоотводную трубку в пробирки с бромной водой и перманганатом калия. Что происходит в пробирках? Непредельный характер этилена проявляется в быстроте его бромирования и окисления. Бромная вода обесцвечивается, так как бром присоединяется к этилену:



4. При окислении этилена раствором перманганата калия образуется этиленгликоль, в результате чего также происходит обесцвечивание раствора:



Реакции обесцвечивания бромной воды и раствора перманганата калия используют как качественные реакции, позволяющие обнаруживать непредельные углеводороды в нефтепродуктах.

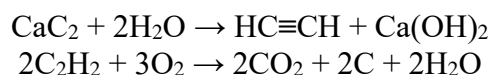
5. Не прекращая нагревания пробирки, газоотводную трубку повернуть отверстием вверх и поджечь выделяющийся этилен. Этилен горит более ярким пламенем, чем метан.



Опыт 2. Получение и свойства ацетилена

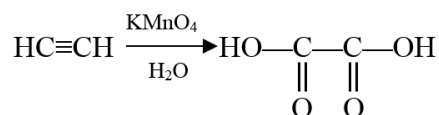
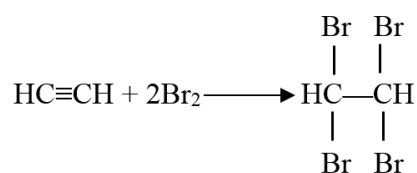
1. Подготовить две пробирки, одну из которых заполнить на 2/3 объема бромной водой, а вторую – раствором перманганата калия.

2. В сухую пробирку поместить кусочки карбида кальция, затем добавить несколько капель воды и быстро закрыть пробирку пробкой с газоотводной трубкой. В пробирке наблюдается вспенивание за счет выделения газа. Повернув газоотводную трубку вверх, поджечь выделяющийся газ:



Ацетилен на воздухе горит коптящим пламенем из-за большого содержания углерода в его составе.

3. Опустить газоотводную трубку в пробирки с заранее приготовленными растворами бромной воды и перманганата калия. Наблюдается обесцвечивание растворов:



4. Оформить отчет по работе, указав изменения, происходящие в пробирках, записать уравнения протекающих реакций, сделать выводы о свойствах непредельных соединений.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие непредельные соединения входят в состав нефти? Охарактеризуйте их структуру.
2. Назовите качественные реакции на соединения с тройной и двойной связью.
3. Рассчитайте тепловой эффект реакций горения этана и ацетилена и сделайте вывод о том, какой газ выгоднее использовать в качестве теплоносителя.

Тема 7. КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ СОЕДИНЕНИЯ НЕФТИ

Лабораторная работа № 10

Жирные и нафтеновые кислоты, фенолы, физические и химические свойства на примере отдельных представителей

Все работы проводить в вытяжном шкафу!

Приборы и материалы: фенол, дистиллированная вода, раствор хлорида железа(+3), бромная вода, растворы гидроксида натрия и соляной кислоты, уксусная и бензойная кислоты, ацетат натрия, этиловый спирт, концентрированная серная кислота, водяная баня.

Ход работы:

Опыт 1. Свойства фенола

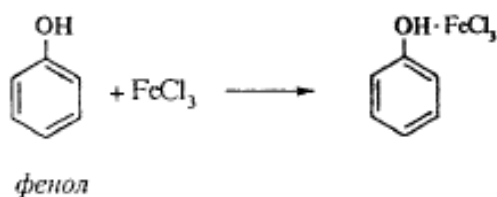
а) Растворимость фенола в воде

В пробирку поместить 0,5 г фенола и 5 мл воды. Смесь встряхнуть и дать отстояться. Что наблюдается? Растворяется ли фенол в воде? Затем смесь встряхнуть и нагреть на горячей водяной бане. Образующийся раствор разлить в три пробирки.

б) Качественная реакция на фенол

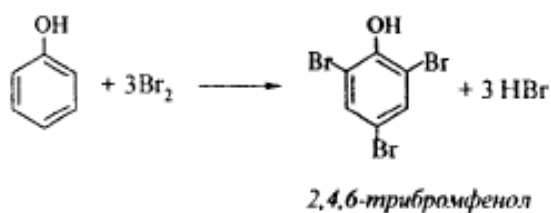
В пробирку с раствором фенола добавить 2-3 капли раствора хлорного железа (FeCl_3). Что наблюдается? Фиолетовое окрашивание появляется за счет образования комплексной соли:

В пробирку с раствором фенола добавить 2-3 капли раствора хлорного железа (FeCl_3). Что наблюдается? Фиолетовое окрашивание появляется за счет образования комплексной соли:



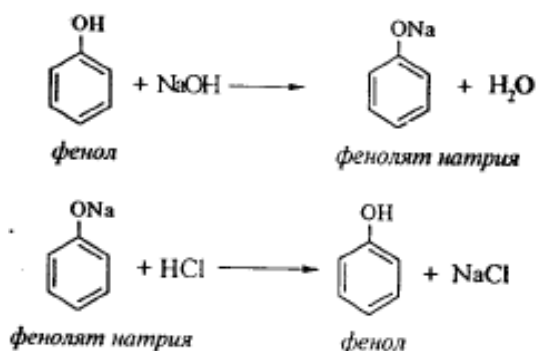
в) Получение трибромфенола

К 1 мл водного раствора фенола по каплям добавить бромную воду. Сначала помутнение раствора при встряхивании исчезает, однако при дальнейшем добавлении бромной воды (3-4 мл) выделяется обильный хлопьевидный белый осадок трибромфенола:



г) Получение фенолята натрия

В пробирку с несколькими кристаллами фенола добавить 1-1,5 мл воды, содержимое встряхнуть. Образуется эмульсия фенола в воде. К образовавшейся эмульсии прилить разбавленный раствор гидроксида натрия (NaOH) до полного исчезновения эмульсии. К полученному раствору добавить по каплям разбавленную соляную кислоту и снова наблюдать появление эмульсии, т.е. вновь образовавшийся фенол выпадает в осадок.



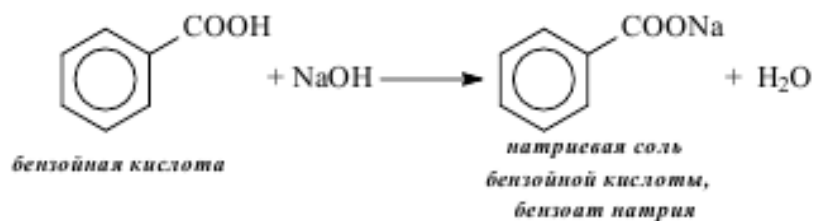
Опыт 2. Свойства карбоновых кислот

а) Растворимость в воде различных кислот.

В одну пробирку поместить небольшое количество уксусной кислоты (CH₃COOH), в другую – небольшое количество бензойной кислоты (C₆H₅COOH). В каждую пробирку добавить по 5 мл воды. При этом уксусная кислота быстро растворяется в воде. Бензойная кислота растворяется в воде только при нагревании.

б) Взаимодействие кислот со щелочами

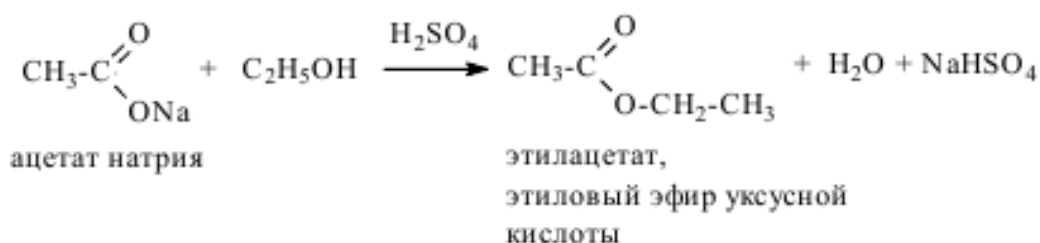
В пробирку поместить небольшое количество бензойной кислоты и добавить 3-4 капли раствора NaOH. Содержимое пробирки встряхнуть, при этом кристаллы бензойной кислоты растворяются в щелочном слое. Образуются соли – бензоаты, которые хорошо растворимы в воде.



Если на водные растворы солей карбоновых кислот подействовать минеральной кислотой (например, HCl), снова выделяются карбоновые кислоты, в данном случае бензойная кислота. Написать уравнение данной реакции.

в) Получение сложных эфиров карбоновых кислот

В пробирку поместить небольшое количество ацетата натрия (CH₃COONa) и три капли этилового спирта. В реакционную смесь добавить две капли концентрированной серной кислоты и осторожно нагреть на горячей водяной бане. Через некоторое время появится характерный запах этилацетата (уксусноэтилового эфира):



Оформить отчет по работе, указав изменения, происходящие в пробирках, записать уравнения протекающих реакций, сделать выводы о свойствах кислородсодержащих соединений нефти.

Вопросы для самоконтроля:

1. Охарактеризуйте химическое строение фенолов и карбоновых кислот.
2. Опишите качественные реакции на фенольную гидроксильную группу и карбонильную группу жирных и нафтеновых кислот.
3. В состав каких нефтяных фракций входят кислородсодержащие соединения нефти?

Тема 8. СЕРНИСТЫЕ И АЗОТИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, СОДЕРЖАЩИЕСЯ В НЕФТИ

Лабораторная работа № 11

Основные представители сернистых и азотистых соединений нефти: меркаптаны, тиофен, сульфиды, амины, анилин, пиридин. Химические свойства на примере пиридина и хинолина, аминов

Все работы проводить в вытяжном шкафу!

Приборы и материалы: пиридин, хинолин, анилин, универсальная индикаторная бумага, дистиллированная вода; растворы хлорида железа(+3), хлорида магния, сульфата меди(+2), бромная вода, растворы гидроксида натрия и соляной кислоты.

Ход работы:

Опыт 1. Растворимость в воде

Поместить в пробирку 1 каплю пиридина, обратить внимание на его характерный запах. Добавить 1 каплю воды и наблюдать получение прозрачного раствора. Добавить еще 4 капли воды. Убедитесь, что пиридин очень хорошо растворим в воде и смешивается с ней во всех отношениях. Сделать вывод о растворимости пиридина в воде. Прodelать аналогичный опыт с хинолином. Сохранить растворы для следующего опыта.

Опыт 2. Основной характер пиридина и хинолина

Нанести на полоску универсальной индикаторной бумаги каплю раствора пиридина. Отметьте изменение окрашивания бумаги, соответствующее значению рН около 7,6. Пиридин проявляет слабые основные свойства. Прodelать аналогичный опыт с раствором хинолина и записать значение рН раствора. Какое соединение азота является более сильным основанием? Запишите уравнения реакций взаимодействия с водой пиридина и хинолина.

Опыт 3. Осаждение гидроксидов металлов водными растворами пиридина, хинолина

Поместить в пробирку 2 капли водного раствора пиридина и добавить каплю 0,1 н раствора хлорида железа(III). Выпадают бурые хлопья гидроксида железа(III), при этом образуется хлорид пиридиния. Прodelать аналогичный опыт с раствором хлорида магния. Написать уравнения протекающих реакций. Объясните, почему реакция протекает с солью железа, но не с солью магния.

Прodelать аналогичные опыты с раствором хинолина. Записать наблюдения. Сделать вывод о силе оснований пиридина и хинолина.

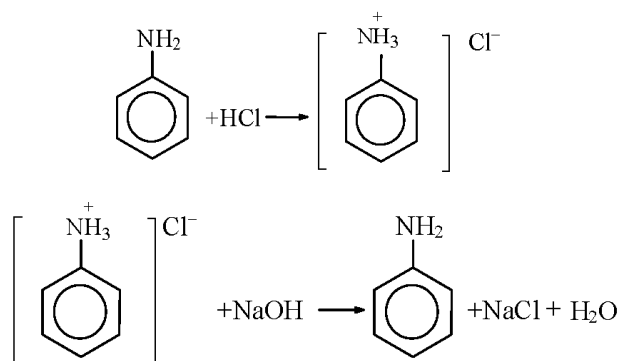
Опыт 4. Растворение гидроксида меди(II) в водном растворе пиридина и хинолина

К водному раствору пиридина осторожно добавить по стенкам пробирки 1 каплю 0,02 н раствора сульфата меди. Образующийся вначале голубой осадок гидроксида меди растворяется. Появляется синее окрашивание вследствие образования растворимого в воде комплексного медного соединения с пиридином, подобное комплексному соединению иона меди(+2) с аммиаком. Записать уравнение протекающей реакции, считая координационное число меди равным 4.

Провести аналогичный опыт с раствором хинолина. Какой комплексный ион меди более стабилен?

Опыт 5. Образование солей анилина

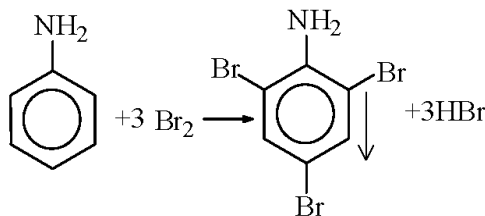
В пробирку налить несколько капель анилина и добавить немного воды, смесь встряхнуть. Наблюдать образование эмульсии. Добавить по каплям раствор соляной



кислоты до полного растворения анилина в воде с образованием хлорида анилина. К раствору прилить немного раствора щелочи. Наблюдать разделение раствора на две фазы.

Опыт 6. Бромирование анилина

В пробирку налить несколько капель анилина и добавить воду. По каплям прибавить бромную воду до выпадения белого осадка 2,4,6-триброманилина.



Оформить отчет по работе, указав наблюдения, происходящие в пробирках, записать все уравнения реакций, сделать выводы о свойствах азотистых соединений нефти.

Вопросы для самоконтроля:

1. К каким классам относятся сернистые и азотистые соединения нефти? Назовите отдельных представителей каждого класса, охарактеризуйте их структуру.
2. В состав каких нефтяных фракций входят серо- и азотсодержащие соединения? Как это влияет на качество нефти в целом?
3. Охарактеризуйте структуру и химические свойства меркаптанов, аминов, сульфидов, тиофенов и пиридинов нефти.
4. Как и где используются эти вещества в промышленности?

Тема 9. СМОЛЫ, АСФАЛЬТЕНЫ, СОДЕРЖАЩИЕСЯ В НЕФТИ

Лабораторная работа № 12

Характеристика смол и асфальтенов нефти

Приборы и материалы: прибор для перегонки (колба Вюрца, холодильник, приемник); круглодонная колба емкостью 500 мл; прибор Сокслета; фарфоровая чашка; сушильный шкаф; весы; битум; бензин; бензол; четыреххлористый углерод; этиловый спирт, силикагель; фильтровальная бумага.

Все работы проводить в вытяжном шкафу!

Ход работы:

Опыт 1. Выделение асфальтогеновых кислот

Пустую колбу объемом 500 мл взвесить на весах. В колбу поместить 5 г битума и растворить его в 25 мл бензола. К полученной смеси добавить 200 мл этилового спирта. Смесь оставить стоять на сутки. При этом асфальтогеновые кислоты остаются в растворе, а асфальтены, смолы и масла выпадают в осадок. Описать вид и цвет осадка в колбе.

Опыт 2. Выделение асфальтенов

1. После отстаивания раствор слить с осадка. Осадок промыть 20 мл спирта. После сливания спиртового слоя, осадок растворить в 10 мл бензола и добавить 200 мл бензина, выкипающего до 50°C.

2. Асфальтены осаждаются при этом в виде аморфного черно бурого порошка, который необходимо отфильтровать, промыть на фильтре бензином, высушить в сушильном шкафу и взвесить. Перед фильтрованием пустой фильтр необходимо взвесить.

3. Содержание асфальтенов вычисляют по формуле:

$$\eta_{\text{асф}} = \frac{m_{\text{ос}}}{m_{\text{бит}}} \cdot 100\%$$

где $m_{\text{ос}}$ – масса осадка, г; $m_{\text{бит}}$ – масса битума, г.

Опыт 3. Выделение нейтральных смол и масел

1. В бензиновом растворе, отфильтрованном от асфальтенов, должны находиться нейтральные смолы и масла. Для их выделения бензиновый раствор выпарить до 25 мл, отгонкой растворителя в круглодонной колбе с холодильником и приемником (рис. 4).

2. Охлажденный до комнатной температуры остаток обработать 25 г твердого адсорбента (силикагель). Затем эту массу поместить в фильтровальную бумагу, закрыть бумагой со всех сторон и поместить в экстрактор прибора Сокслета (рис. 6). В колбу прибора налить 350-400 мл бензина. Подвергая смесь экстракции бензином, извлекают масла, а смолы остаются на поверхности адсорбента.

3. Достигнув полноты экстрагирования бензином (цвет стекающей в колбу жидкости должен быть светлым), экстракт перенести в колбу Вюрца и отогнать весь бензин.

4. Остаток поместить в заранее взвешенную фарфоровую чашку и поставить на 0,5-1 час в сушильный шкаф ($t = 120^{\circ}\text{C}$) для полного удаления следов бензина. Затем фарфоровую чашку охладить, взвесить и определить количество выделенных масел.

5. Содержание масел определяют по формуле:

$$\eta_{\text{мас}} = \frac{m_{\text{мас}}}{m_{\text{бит}}} \cdot 100\%$$

где $m_{\text{мас}}$ – масса масел, г; $m_{\text{бит}}$ – масса битума, г.

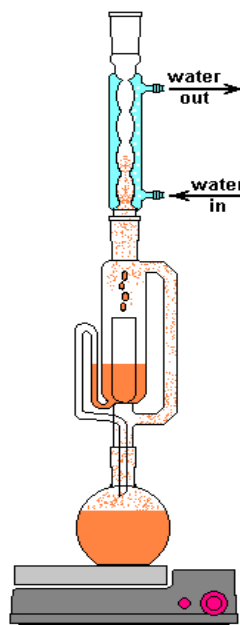


Рис. 6. Прибор Сокслета

6. Для определения количества нейтральных смол в колбу Сокслета налить 350-400 мл четыреххлористого углерода. Подвергая смесь экстракции четыреххлористым

углеродом, извлечь смолы. Достигнув полноты экстрагирования, четыреххлористый экстракт перенести в колбу Вюрца и отогнать весь растворитель. Остаток поместить в заранее взвешенную фарфоровую чашку и поставить на 0,5-1,0 час в сушильный шкаф. После охлаждения чашку взвесить и определить количество нейтральных смол.

7. Содержание нейтральных смол определяют по формуле:

$$\eta_{\text{см}} = \frac{m_{\text{см}}}{m_{\text{бит}}} \cdot 100\%$$

где $m_{\text{см}}$ – масса смол, г; $m_{\text{бит}}$ – масса битума, г.

8. Оформить отчет по работе, указав наблюдения, происходящие в опытах. Заполнить таблицу 6. Сделать вывод по выполненной работе.

Таблица 6

Содержание асфальтенов, масел и нейтральных смол в битуме

| $m_{\text{бит}}, \text{Г}$ | $m_{\text{ос}}, \text{Г}$ | $\eta_{\text{ас}}, \%$ | $m_{\text{мас}}, \text{Г}$ | $\eta_{\text{мас}}, \%$ | $m_{\text{см}}, \text{Г}$ | $\eta_{\text{см}}, \%$ |
|----------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|
| | | | | | | |

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие химические соединения определяют состав смол и асфальтенов нефти?
2. Какими физическими и химическими свойствами они характеризуются?
3. Охарактеризуйте сущность процесса экстракции. Какие еще методы выделения из нефти отдельных веществ и узких нефтяных фракций вам известны?

Тема 10. ОКИСЛЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

Лабораторная работа № 13

Основные кислородсодержащие продукты нефтехимии.

Получение адипиновой кислоты окислением циклогексанола

Приборы и материалы: циклогексанол (0,1 моль, 10,017 г, $\rho=0,962$), 51,7%-ная азотная кислота (0,43 моль, 52,4 г, $\rho=1,32$); колба трехгорлая, круглодонная объемом 250 мл, холодильник обратный, мешалка механическая, стакан химический на 100 мл, термометр до 150°C, фильтр Шотта, колба Бунзена, баня водяная, электроплитка.

Все работы проводить в вытяжном шкафу!

Адипиновая кислота: $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$ ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4$).

Молекулярная масса 146,14, плотность $d_{25}^4 = 1,360$, температура плавления 152-153°C. Температура кипения 265°C при 100 мм рт.ст.; 215°C при 15 мм рт.ст. Белый кристаллический порошок. Сублимируется. В воде растворима ограниченно (1,42 г в 100 мл воды при 15°C); с повышением температуры растворимость значительно повышается. В эфире растворима также ограниченно (0,6 г в 100 г эфира при 15°C). Хорошо растворяется в спирте. Константа диссоциации: $K_1^{25} = 3,76 \cdot 10^{-5}$, $K_2^{25} = 2,4 \cdot 10^{-6}$.

Адипиновая кислота – важнейшая в техническом отношении насыщенная дикарбоновая кислота. Она вырабатывается в крупных заводских масштабах и применяется

в производстве полиамидных, полиэфирных и полиуретановых смол, для синтеза пластификаторов и ряда других продуктов.

Ход работы:

1. В круглодонную трёхгорлую колбу, снабжённую механической мешалкой, обратным холодильником, термометром и капельной воронкой (рис. 7), влить 39,7 мл 51,7%-ной азотной кислоты.

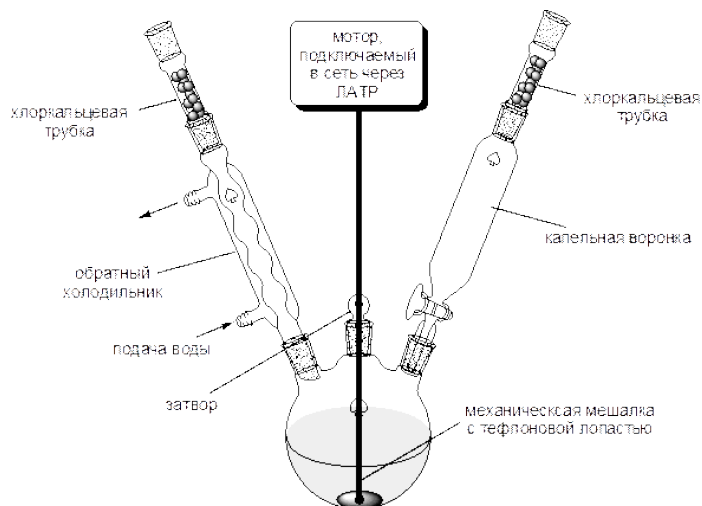


Рисунок 7. Реактор для синтеза адипиновой кислоты

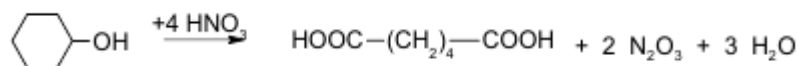
2. Колбу поместить в водяную баню, нагреть до 85-90°C и при энергичном перемешивании прилить из капельной воронки несколько капель циклогексанола.

Быстрое добавление большого количества циклогексанола может привести к взрыву!

3. Реакция начинается только после короткого (до 5 минут) периода индукции и сопровождается выделением бурых оксидов азота. Температуру в колбе поддерживать до 90°C путём охлаждения в бане со льдом и приливать с соответствующей скоростью остальное количество циклогексанола (обычно в течение 1-1,5 часа).

4. К концу реакции после добавления почти всего количества циклогексанола охлаждение снять и в случае необходимости слегка подогреть колбу на водяной бане для поддержания температуры 90°C до окончания прибавления остатка циклогексанола.

5. После прибавления всего количества циклогексанола нагревание смеси при непрерывном перемешивании продолжить на кипящей водяной бане до прекращения выделения оксидов азота.



6. Горячую жидкость перелить в стакан и оставить в прохладном месте кристаллизоваться.

7. Выпавший кристаллический осадок адипиновой кислоты отфильтровать на воронке Шотта, промыть 10-12 мл очень холодной воды и сушить на воздухе. Определить массу и температуру плавления полученной адипиновой кислоты. Адипиновую кислоту можно перекристаллизовать из 2,5-кратного весового количества воды или 50%-ного этилового спирта для более высокой очистки продукта.

8. Результаты работы записывают в следующем порядке:

Масса исходного циклогексанола, $m_{\text{ц}}$, г.

Теоретический выход адипиновой кислоты, $m_{\text{а}}$, г.

Получено адипиновой кислоты, $m_{\text{пр}}$, г, что составляет ___% от теоретически возможной величины согласно формуле:

$$\eta = \frac{m_{\text{пр}}}{m_{\text{а}}} \cdot 100\%$$

Потери адипиновой кислоты, $m_{\text{пот}}$, г и в % (по массе):

$$m_{\text{пот}} = m_{\text{а}} - m_{\text{пр}}$$

$$\eta_{\text{пот}} = \frac{m_{\text{пот}}}{m_{\text{а}}} \cdot 100\%$$

Характеристика полученного продукта: внешний вид, температура плавления, °С (экспериментальная и литературные данные).

Вопросы для самоконтроля:

1. Перечислите основные кислородсодержащие продукты нефтехимии.
2. Какие основные окислители используются в нефтехимии?
3. Что такое полное и неполное (частичное) окисление? Назовите условия протекания этих химических процессов.

Тема 11. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ НЕФТИ, ГАЗА И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Лабораторная работа № 14

Определение содержания воды в нефти и нефтепродуктах

Приборы и материалы: колба нагретель или электроплитка, приемник-ловушка, обратный холодильник, колба круглодонная объемом 200 мл, мерный цилиндр, кипелки, петролейный эфир ($t_{\text{кип}} = 80-100^{\circ}\text{C}$), нефтепродукт или искусственная смесь.

Все работы проводить в вытяжном шкафу!

Диапазон содержания воды в нефти весьма широк и может изменяться от десятых долей до 60% и более. Содержащаяся в нефти вода может находиться в трех формах: *растворенная, диспергированная и свободная*. Содержание растворенной воды зависит в основном от химического состава нефти, нефтепродуктов и температуры. С повышением температуры растворимость воды увеличивается во всех углеводородах. Наибольшей растворяющей способностью по отношению к воде обладают ароматические углеводороды. *Чем выше содержание ароматических углеводородов в нефти, тем выше растворимость воды.*

При снижении температуры растворимость воды в нефти и нефтепродуктах уменьшается и вода может выделяться в виде дисперсных частиц, образуя *водонефтяные эмульсии*. В монодисперсных эмульсиях содержание воды может достигать до 74%. В реальных условиях водонефтяные эмульсии являются полидисперсными. В нефти, поступающей со сборных пунктов на установки обезвоживания и обессоливания, размеры глобул воды находятся в пределах от 3-5 до 7-10 мкм. Эти размеры зависят от гидродинамических и других условий добычи нефти, а также степени обводненности пласта. Размеры глобул в течение года для одной и той же скважины могут меняться в пределах 5-12 мкм. Содержание воды в нефти может достигать до 97%, однако нефть большинства месторождений образует с водой достаточно устойчивые эмульсии с содержанием воды не более 60%. Остальная часть воды находится в свободном состоянии и легко отстаивается.

Важным показателем нефтяных эмульсий является их *устойчивость*, т.е. способность в течение длительного времени не разрушаться. Агрегативная устойчивость нефтяных эмульсий измеряется продолжительностью их существования и для различных нефтяных эмульсий колеблется от нескольких секунд до нескольких часов и даже месяцев. Устойчивость водонефтяных эмульсий зависит от ряда факторов, в том числе от наличия в них веществ, называемых *эмульгаторами*. Эти вещества, адсорбируясь на поверхности раздела фаз, снижают межфазное поверхностное натяжение и таким образом повышают устойчивость эмульсии. Известны десятки подобных веществ, содержащихся в нефти. Большая их часть принадлежит к классу *поверхностно-активных веществ*. Такими компонентами нефти являются различные нефтяные кислоты, смолистые соединения.

В процессе образования и стабилизации водонефтяных эмульсий наряду с поверхностно-активными веществами важную роль играют *тонкодисперсные нерастворимые твердые продукты, находящиеся в нефти в коллоидном состоянии*. К ним относятся асфальтены, микрочастицы парафина, сульфид железа и другие механические примеси. Эти продукты образуют на поверхности капель механически прочные оболочки, препятствующие их коалесценции.

Стабилизация водонефтяных эмульсий определяется закономерностями *адсорбции* на поверхности капель различных эмульгирующих веществ. Вначале этот процесс идет быстро, а затем, по мере заполнения свободной поверхности капель, постепенно затухает и его скорость стремится к нулю. В этот период состав и структура бронирующих оболочек стабилизируется. Время, необходимое для такой стабилизации, называется *временем старения* эмульсии. Время старения эмульсии зависит от многих факторов и для нефти большинства месторождений изменяется от двух-трех до десятков часов. Во время старения повышается и устойчивость эмульсий к расслоению.

Стойкость эмульсий существенно зависит от фракционного состава нефти. Чем больше содержание в нефти светлых фракций, тем менее устойчивы водонефтяные эмульсии, так как при этом увеличивается разность плотностей воды и нефти. Эмульсии высоковязкой нефти имеют более высокую стойкость, так как более высокая вязкость дисперсной среды препятствует столкновению частиц воды и их укрупнению, т.е. коалесценции.

Повышение концентрации солей в пластовой воде, которая образует с нефтью водонефтяную эмульсию, приводит к уменьшению стойкости эмульсии, так как в этом случае возрастает разность плотности воды и нефти.

В *нефтепродуктах содержание воды значительно меньше*, чем в нефти. Большинство нефтепродуктов по отношению к воде обладает очень низкой растворяющей способностью. Кроме того, нефтяные дистилляторные топлива обладают и меньшей, чем нефть, эмульгирующей способностью, так как в процессе переработки удаляется значительная часть смолистых веществ, нафтеновых кислот и их солей, серосодержащих соединений, которые, как сказано выше, играют роль эмульгаторов.

Наличие воды в моторных топливах, смазочных маслах крайне нежелательно. Содержание воды в смазочных маслах усиливает их склонность к окислению и ускоряет коррозию металлических поверхностей, соприкасающихся с маслом. Присутствие воды в моторных топливах при низких температурах может привести к прекращению подачи топлива из-за забивки топливных фильтров кристаллами льда.

Методы определения воды в нефти и нефтепродуктах могут быть разбиты на две группы: *качественные и количественные*.

Качественные испытания позволяют определять не только эмульсионную, но и растворенную воду. К этим методам относятся пробы Клиффорда, пробы на прозрачность, на потрескивание и на реактивную бумагу. Первые два из этих методов используют для определения воды в прозрачных нефтепродуктах. Наиболее часто применяемым методом качественного определения воды является проба на потрескивание.

Для *количественного определения воды* в нефти и нефтепродуктах можно использовать различные их свойства, функционально связанные с содержанием в них воды: плотность, вязкость, поверхностное натяжение, диэлектрическую проницаемость, электропроводимость, теплопроводность и т.д. Заранее рассчитать вид функции, как правило, невозможно из-за неаддитивного вклада воды в измеряемый параметр. Неаддитивность обусловлена химическим взаимодействием молекул воды и вещества. По этой причине математическую зависимость обычно находят, используя экспериментальные данные.

Другая группа методов основана на использовании химических и физико-химических свойств самой воды. К ним, например, относятся метод титрования реактивом Фишера, гидридкальциевый метод и др.

Существующие количественные методы определения воды в жидких продуктах, кроме того, делят на *прямые и косвенные*. К прямым методам относят метод Дина и Старка, титрование реактивом Фишера, гидридкальциевый метод и центрифугирование, к косвенным — ИК-спектрофотометрический, кондуктометрический, колориметрический и др.

Определение содержания воды по методу Дина - Старка

Это наиболее распространенный и достаточно точный метод определения количественного содержания воды в нефти и нефтепродуктах. Он основан на азеотропной перегонке пробы нефти или нефтепродукта с растворителями.

Ход работы:

Подготовка к анализу. По этому методу в качестве растворителя используют бензин – растворитель, выкипающий при 80-100°C и содержащий не более 3% ароматических углеводородов (петролейный эфир).

1. Пробу нефти тщательно перемешать встряхиванием в склянке в течение 5 мин. Высоковязкую нефть и нефтепродукты предварительно нагреть до 40-50°C.

2. Из перемешанной пробы нефти или нефтепродукта отмерить мерным цилиндром 30 мл в чистую, сухую, предварительно взвешенную стеклянную колбу 1 (рис. 8).

3. Затем в колбу 1 этим же цилиндром отмерить 50 мл растворителя и содержимое перемешать. Для равномерного кипения перед началом нагревания в колбу бросить несколько кипелок.

4. Колбу при помощи шлифа присоединить к отводной трубке 2 (насадке Дина – Старка), а верхнюю часть приемника-ловушки на шлифе соединить с холодильником 3. Пробирка и холодильник должны быть чистыми и сухими. Во избежание конденсации паров воды из воздуха верхний конец холодильника необходимо закрыть ватой.



Рис. 8. Прибор Дина и Старка.

- 1 – круглодонная колба,
- 2 – насадка Дина – Старка,
- 3 – холодильник.

Проведение анализа

1. Содержимое колбы нагреть с помощью колбонагревателя или на электрической плитке. Перегонку вести так, чтобы из трубки холодильника в приемник-ловушку падали 2-4 капли в секунду.

2. Нагрев прекратить после того, как объем воды в приемнике-ловушке перестанет увеличиваться,

и верхний слой растворителя станет совершенно прозрачным. Продолжительность

перегонки должна быть не менее 30 и не более 60 мин. Если на стенках трубки холодильника имеются капельки воды, то их сталкивают в приемник-ловушку стеклянной палочкой.

3. После охлаждения исследуемого продукта до комнатной температуры прибор разобрать. Если количество воды в приемнике-ловушке не более 0,3 мл и растворитель мутный, необходимо поместить приемник на 20-30 мин в горячую воду для осветления слоя и снова охладить до комнатной температуры. После охлаждения определить объем воды в приемнике-ловушке с точностью до одного верхнего деления.

4 Объемную долю воды φ рассчитать по формуле

$$\varphi = \frac{V}{V_1} \cdot 100\%$$

где V — объем воды, собравшейся в приемнике-ловушке мл; V_1 — объем нефти или нефтепродукта, взятый для испытания, мл.

Количество воды в приемнике-ловушке 0,03 мл и меньше считается следовым.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие факторы определяют содержание растворенной воды в нефти? В каких формах она существует?
2. Что такое водонефтяные эмульсии? Назовите факторы, влияющие на их устойчивость.
3. Чем обусловлено меньшее содержание воды в нефтепродуктах по сравнению с сырой нефтью? Почему наличие воды в них крайне нежелательно?
4. Какие существуют методы определения воды в нефти и нефтепродуктах?
5. В чем сущность метода определения содержания воды по Дину – Старку?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некозырева, Т. Н. Химия нефти и газа [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Т. Н. Некозырева, О. В. Шаламберидзе. — ФГБОУ ВПО «Тюм. гос. нефтегаз. ун-т». - 1 Мб. - Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. - 1 файл. - Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/19/cd9212.pdf> .- Загл. с экрана.
2. Гончарова И.Н. и др. Химия нефти и газа : учебное пособие / Гончарова И.Н. и др.. — Санкт-Петербург : Проспект Науки, 2018. — 166 с. — ISBN 978-5-906109-57-6. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/80075.html> (дата обращения: 06.11.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Кривцова Н.И. Химия нефти и газа. Лабораторный практикум : учебно-методическое пособие / Кривцова Н.И., Мейран Н.Л., Юрьев Е.М.. — Томск : Томский политехнический университет, 2018. — 127 с. — ISBN 978-5-4387-0834-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98959.html> (дата обращения: 06.11.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
4. Кирсанов, Ю. Г. Расчетные и графические методы определения свойств нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. Г. Кирсанов ; под науч. ред. М. Г. Шишова .- Урал. федеральный ун-т.- 35,06 мБ.— Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. — 1 файл. - Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/19/cd9357.pdf> .- Загл. с экрана.
5. **Костин, А.А. Популярная нефтехимия. Увлекательный мир химических процессов.** [Электронный ресурс] / А. А. Костин, А.А. Костин. - 4 Мб. - Москва: Ломоносовъ, 2013. - 1 файл. - Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/19/cd9214.pdf> - Загл. с экрана.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ХИМИЯ НЕФТИ»

Составитель:

Рублева Людмила Ивановна – кандидат химических наук, доцент
кафедры «Общая, физическая и органическая химия» ГОУВПО «ДОННТУ»

Ответственный за выпуск:

Волкова Елена Ивановна – заведующий кафедрой «Общая, физическая и органическая химия» ГОУВПО «ДОННТУ», кандидат химических наук, доцент.