

УДК 735.29

## СНИЖЕНИЕ ДОЛИ БЕНЗОЛА В ПРОДУКТАХ РИФОРМИНГА МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОЙ ЭКСТРАКЦИИ

Ильгамов Дмитрий Ринатович, г.Ачинск, МОУ Лицей №1, 10 класс

Руководитель: Хмелева Л. В., учитель химии, МОУ Лицей №1

Научный руководитель: Дерягина Н. В., старший преподаватель Института нефти и газа

### ВВЕДЕНИЕ

*Актуальность темы.* Одним из основных показателей качества бензина является его октановое число. Оно характеризует степень детонационной стойкости бензина, то есть его способность противостоять самовоспламенению при сжатии [1]. Известно, что арены, в том числе бензол, являются основными высокооктановыми компонентами автомобильных бензинов [7], вырабатываемых на нефтеперерабатывающих предприятиях России и их содержание целенаправленно повышают путем каталитического риформинга (ароматизации) прямогонного бензина. В то же время известно, что согласно техническому регламенту, содержание ароматических углеводородов в бензинах не должно превышать 42%, в частности бензола - не более 1% по объему [5]. Это обусловлено его высокой токсичностью и большим вредом для здоровья человека. Таким образом, решение проблемы снижения бензола в риформате является актуальной научной задачей, так как содержание бензола в бензине каталитического риформинга доходит до 7%, а доля риформата в составе бензинового фонда России превышает 50% [10].

*Постановка и формулировка проблемы.* Проблема производства высококачественных бензинов, соответствующих современным техническим требованиям, обусловлена возникновением противоречия между необходимостью повышения октанового числа бензина путем риформинга, с одной стороны, и ограничениями относительно содержания такого высокооктанового компонента, как бензол, образующегося при риформинге, с другой стороны. Как ученик профильного Роснефть-класса, планирующий в будущем связать свою профессиональную деятельность с нефтепереработкой, начал свои поиски с ответа на вопрос, какие методы решения данной проблемы уже существуют. Из литературных источников [6], выяснил, что перспективным способом является извлечение ароматических углеводородов из продуктов нефтяного происхождения путем экстракции при помощи избирательных растворителей.

На Ачинском нефтеперерабатывающем заводе поиск эффективных экстракционных систем для удаления бензола из нефтепродуктов не велся, так как деароматизацию реактивных и дизельных топлив в настоящее время на этом предприятии осуществляют преимущественно при помощи гидрогенизационных процессов. Но у этих процессов есть существенные недостатки, такие как, проведение процесса при высоком давлении, использование дорогостоящих катализаторов, невысокая степень деароматизации. Поэтому считаю необходимыми и одновременно недостаточными исследования по выявлению эффективных экстрагентов бензола из риформата Ачинского НПЗ.

*Разработанность проблемы.* Из литературы [4,8] я узнал, что для осуществления селективной экстракции нужны так называемые экстрагенты, то есть вещества, селективно избирающие отдельные компоненты из раствора. Для экстрагирования бензола и некоторых других веществ применяют ди-, три- и тетраэтиленгликоли и др. Но ни в одном литературном источнике я не нашел данных об эффективности действия экстрагентов относительно риформата, производимого

Ачинским НПЗ. Поэтому свое исследование решил посвятить вопросу выбора наиболее эффективного экстрагента бензола из ачинского риформата. По результатам литературного анализа мое внимание привлекли перспективные, но пока мало изученные растворители, такие как N,N-диметилформамид и диметилсульфоксид.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

*Цель работы:* сравнить эффективность диметилформамида и диметилсульфоксида как растворителей бензола, содержащегося в легком риформате Ачинского НПЗ.

*Задачи:*

- изучить процессы, являющиеся причиной увеличения содержания аренов, в том числе бензола, в бензине;
- изучить литературные сведения о существующих экстрагентах бензола и возможных экстрагентах бензола из риформата АНПЗ;
- осуществить экстракцию бензола из легкого риформата несколькими растворителями (диметилформамидом и диметилсульфоксидом);
- определить компонентный состав легкого риформата до и после экстракции;

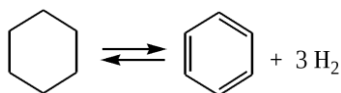
*Методы исследования:* анализ литературных источников, хроматографический анализ, разделение смеси путем отстаивания, селективная экстракция.

*Полученные результаты.* На получение высокооктановых компонентов бензина направлены следующие процессы: изомеризация, алкилирование, риформинг. Риформинг – каталитическое повышение содержания аренов. В результате риформинга бензиновая фракция обогащается аренами и его октановое число повышается примерно до 85. Полученный продукт (риформат) используется как компонент для производства автобензинов и как сырье для извлечения ароматических углеводородов.

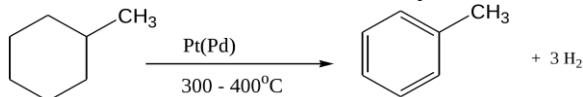
Основными процессами риформинга являются:

- дегидрирование шестичленных циклоалканов:

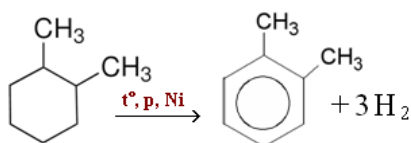
циклогексан в бензол ;



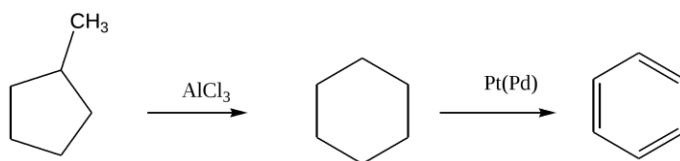
метилциклогексан в толуол;



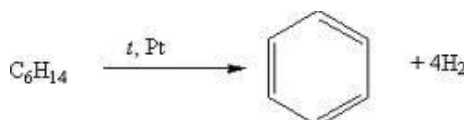
диметилциклогексан в ксилол



- дегидроизомеризация циклопентанов



- дегидроциклизация парафиновых углеводородов.



Из всех аренов, получаемых в результате риформинга, бензол является наиболее опасным. Бензол является очень токсичным и летучим веществом. При его отравлении появляются следующие признаки: головокружение и головная боль, тошнота, рвота, падение давления, потеря сознания, судороги. В особенно тяжёлых случаях такая интоксикация может окончиться летальным исходом. При сгорании бензола образуются бензапирены. Поэтому именно бензол выводят из продуктов риформинга.

Но наиболее доступным способом является селективная экстракция бензола из риформата. Экстракция – способ разделения смесей, основанный на различном распределении вещества между двумя не смешивающимися жидкостями, которые сильно различаются по плотности, что позволяет их легко разделить. Нефтепродукт обрабатывают таким растворителем, который избирательно извлекает из него только некоторые составные части, не затрагивая остальных.

Вещества, способные избирательно извлекать отдельные компоненты из жидких веществ, называются экстрагентами. Изучив литературу [2,3,6], выяснили, что наиболее часто для экстрагирования бензола применяют ди-, три- и тетраэтиленгликоли и другие, но действие этих растворителей достаточно хорошо изучено.

По результатам литературного анализа наше внимание привлекли перспективные, но пока мало изученные растворители, такие как N,N-диметилформамид ( $N(CH_3)_2-C(O)H$ ) и диметилсульфоксид ( $S(CH_3)_2=O$ ). Также эти растворители были выбраны в связи с тем, что не смешиваются с риформатом, образуя четкую границу раздела фаз, что упрощает методику разделения после экстракции. Диметилформамид (ДМФА) и диметилсульфоксид (ДМСО) являются хорошими растворителями для полярных веществ, в том числе и для ароматики.

Экспериментальная часть работы проводилась на базе лаборатории кафедры химии и технологии природных энергоносителей и углеродных материалов Института нефти и газа СФУ.

Для эксперимента нами использовался легкий риформат АНПЗ, так как именно в этой фракции содержание бензола максимально.

Для того, чтобы убедиться, что плотность растворителей больше плотности риформата, нами была измерена плотность на таком приборе, как плотнометр.

Основные этапы эксперимента: поместили по 150 мл риформата в 2 колбы. Далее к первой колбе прилили 30 мл ДМФА, ко второй - 30 мл ДМСО, после чего поставили эти две колбы на шейкер (прибор для перемешивания веществ). Подождав 30 минут, перелили содержимое первой колбы в делительную воронку. Увидев четкую границу, начали отделять растворитель от риформата. Также поступили со второй

колбой. Затем к обоим экстрагированным риформатам прилили еще по 30 мл ДМФА (к первой) и ДМСО (ко второй). Далее повторили те же самые действия на шейкере с последующим отделением проб риформата от растворителя. После двукратной экстракции провели хроматографический анализ обеих проб риформата.

Компонентный хроматографический анализ показал, что в легком риформате вся доля ароматики приходится только на бензол, поэтому результаты исследования отражают селективность растворителей в отношении бензола в присутствии других углеводов.

На основе хроматографического анализа сделали выборку данных относительно бензола. Из таблицы видно, что процент снижения содержания бензола после действия ДМФА составил 29 масс.%, а после действия ДМСО – 22,5 масс.%.

Таблица. Содержание бензола в легком риформате до и после двукратной экстракции ДМФА и ДМСО.

№ образца	Содержание бензола в %	процент снижения содержания бензола, % масс.
3	16,3	
2	11,59	≈29
1	12,63	≈22,5

**Образец №1**-риформат после двукратной экстракции ДМСО;

**Образец №2**-риформат после двукратной экстракции ДМФА;

**Образец №3**-риформат.

Сравнение результатов экстракции бензола из риформата с помощью ДМФА и ДМСО показало, что ДМФА обладает более высокой эффективностью по отношению к бензолу в сравнении с ДМСО.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поскольку в ходе риформинга увеличивается доля такого нежелательного компонента в бензине, как бензол, то изучили методику селективной экстракции, позволяющую извлечь бензол, уменьшив тем самым его процентное содержание. В ходе эксперимента доказали, что такие растворители, как диметилформамид и диметилсульфоксид проявляют хорошую селективность относительно бензола в присутствии непредельных, циклических и ненасыщенных углеводов.

Таким образом, в результате исследовательской работы наша гипотеза нашла подтверждение. Метод селективной экстракции позволяет избирательно вывести бензол из риформата в количестве, равном 22-30%, что является достаточно хорошим результатом. Этот метод может быть использован на нефтеперерабатывающих заводах, так как дает хороший результат.

Считаем целесообразным продолжить исследования в данном направлении и изучить:

- корреляцию между количеством промывок экстрагентом и эффективностью экстракции;
- действие смешанных на основе ДМФА и ДМСО растворителей экстракционных систем в отношении легкого риформата Ачинского нефтеперерабатывающего завода

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Википедия. Детонационная стойкость бензина.  
[http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B9%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C\\_%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B9%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2)
2. Смидович Е.В. Практикум по технологии переработки нефти. – М.: Химия, 1978 – 278с.
3. Смидович Е.В. Технология переработки нефти и газа. Крекинг нефтяного сырья и переработка углеводородных газов. 3-е изд., пер. и доп. - М.: Химия, 1980 – 328 с.
4. Сорокин И.И., Марышев ВА.Б., Боруцкий П.Н. «Снижение содержания ароматических углеводов и бензола в товарных бензинах»
5. Технический регламент "О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту" (утв. постановлением Правительства РФ от 27 февраля 2008 г. N 118).  
[http://www.gost.ru/wps/wcm/connect/323d7a0049d68114bf72ff97cd6ca4de/Post\\_Prav\\_27.02\\_2008\\_118.pdf?MOD=AJPERES](http://www.gost.ru/wps/wcm/connect/323d7a0049d68114bf72ff97cd6ca4de/Post_Prav_27.02_2008_118.pdf?MOD=AJPERES)
6. Технология переработки нефти и газа. Ч.3-я. Черножуков Н.И. Очистка и разделение нефтяного сырья, производство товарных нефтепродуктов. Под ред. А.А.Гуреева и Б.И.Бондаренко.- 6-е изд., пер. и доп.- М.: Химия, 1978 - 424с.
7. Фасхутдинов «Химия природных энергоносителей», 2003-88с.
8. Цветков «Разработка способов снижения доли бензола в продуктах каталитического риформинга», 2013 – 24с
9. [http://ekobalans.ru/investigations/benzol-\(c6h6\)](http://ekobalans.ru/investigations/benzol-(c6h6))
10. [www.wwf.ru/socialno-akologiqeskiivzglydnarossiiskuuneftepererabot](http://www.wwf.ru/socialno-akologiqeskiivzglydnarossiiskuuneftepererabot)