

циклоалкантиолов реализуется при комнатной температуре, отличается высокой экологичностью и может быть применен на предприятиях, перерабатывающих высокосернистое сырье.

Работа выполнена при поддержке РФФ (грант № 14-03-00967).

Список литературы

1. Берберова Н. Т. Катион-радикал сероводорода и органические реакции с его участием / Н. Т. Берберова, Е. В. Шинкарь // Известия Российской Академии наук. Серия химическая. – 2000. – № 7. – С. 1182–1188.
2. Грунвальд В. Р. Технология газовой серы / В. Р. Грунвальд. – Москва : Химия, 1992. – 222 с.

References

1. Berberova N. T., Shinkar Ye. V. Kation-radikal serovodoroda i organicheskie reaktsii s ego uchastiem [Cation radical of hydrogen sulfide and organic reaction involving its]. *Izvestiya Rossiyskoy Akademii nauk. Seriya khimicheskaya* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Chemical Series], 2000, no. 7, pp.1182–1188.
2. Grunvald V. R. *Tekhnologiya gazovoy sery* [Technology of gas sulfur], Moscow, Khimiya Publ., 1992. 222 p.

ЭКСТРАКЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ СЕРЫ ИЗ МОДЕЛЬНОЙ УГЛЕВОДОРОДНОЙ СМЕСИ С ПРИМЕНЕНИЕМ N-МЕТИЛПИРРОЛИДОНА

Кузьмин Владимир Вячеславович,
студент

Астраханский государственный технический университет
414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16

Джувалякова Наталья Сергеевна
студент

Астраханский государственный технический университет
414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16

Смолянинов Иван Владимирович
кандидат химических наук, старший научный сотрудник

Астраханский государственный технический университет
414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16
E-mail: ivsmolyaninov@gmail.com

В работе изучен процесс жидкостной экстракции серосодержащих соединений различного строения N-метилпирролидоном с использованием модельной смеси гептан – изооктан. Обнаружено, что максимальная степень извлечения наблюдается для ароматических сернистых соединений. Наличие воды в селективном растворителе позволяет увеличить выход рафината при достаточно высокой степени извлечения соединений серы.

Ключевые слова: жидкостная экстракция, тиолы, дисульфиды, сульфиды, тиофен, N-метилпирролидон, рафинат, экстракт, степень извлечения

**EXTRACTION OF ORGANOSULFUR COMPOUNDS
BY N-METHYLPYRROLIDONE
FROM MODEL HYDROCARBONE MIXTURE**

Kuzmin Vladimir V.

Student

Astrakhan State Technical University

16 Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation

Dzhuvalyakova Natalya S.

Student

Astrakhan State Technical University

16 Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation

Smolyaninov Ivan V.

D. Sc. in Chemistry

Senior Researcher

Astrakhan State Technical University

16 Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation

E-mail: ivsmolyaninov@gmail.com

The solvent extraction of the sulfur-containing compounds with various structures of different structures from the model heptane - isooctane mixture by N-methylpyrrolidone was studied. It was found that the maximum degree of recovery is observed for aromatic organosulfur compounds. The presence of water in the selective solvent can increase the yield of the raffinate at sufficiently high recovery of sulfur compounds.

Keywords: extraction, thiols, disulfides, sulfide, thiophene, N-methylpyrrolidone, raffinate, extract, recovery degree

Экстракционное обессеривание является одним из альтернативных методов очистки углеводородных фракций от органических соединений серы, ухудшающих показатели качества нефтепродуктов [4]. Использование экстракционного облагораживания имеет ряд преимуществ: реализуемо в промышленных условиях, не требует применения водорода, протекает при относительно невысоких температуре и давлении. Эффективность экстракционного обессеривания определяется большей растворимостью сернистых соединений в используемом растворителе, чем углеводородных компонентов. Выбор соответствующего растворителя является одним из основных факторов реализации процесса.

Ввиду ужесточения требований к содержанию сернистых соединений и ароматических углеводородов, в особенности бензола, становится актуальным поиск растворителей, обладающих высокой селективностью по отношению к сернистым соединениям и ароматическим углеводородам. N-метилпирролидон (N-МП) привлекает особое внимание, поскольку в сочетании с сульфоланом или триэтиленгликолем используется для проведения деароматизации углеводородных фракций, облагораживания дизельных фракций [1–3]. В настоящее время от-

сутствуют данные по избирательности N-МП по отношению тиолам, органическим дисульфидам, сульфидам, тиофену.

Целью настоящей работы является изучение избирательности N-метилпирролидона (N-МП) по отношению к различным классам органических соединений серы, встречающихся в светлых дистиллятах. В качестве модельного топлива использовали смесь, содержащую *изо*-октан (90 % масс.) и *n*-гептан (10 % масс.). Концентрация органических соединений серы в модельной смеси составляла 0,2 % масс. Рассмотрена растворяющая способность N-МП по отношению к тиолам (бутантиолу-1, гексантиолу-1, циклопентантиолу, циклогексантиолу, бензилтиолу, тиофену), тиофену, дибутилдисульфиду, дибутилсульфиду.

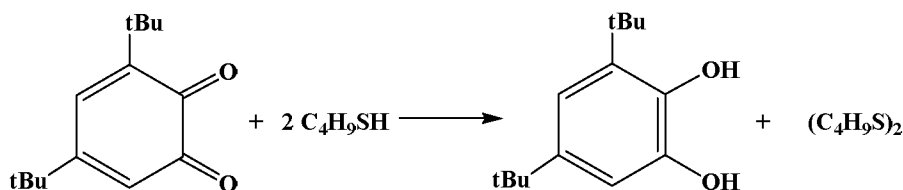
Экстракцию проводили при кратности 2:1 (растворитель – модельная смесь), времени контакта 30 минут, температуре – 30 °С. После разделения фаз определяли содержание общей серы в рафинате и экстракте методом рентгенофлуоресцентного анализа по ГОСТ Р 52660–2006. Эффективность процесса экстракции оценивали по степени извлечения органических соединений серы (α , % масс.). Полученные результаты представлены в таблице 1. N-метилпирролидон имеет достаточно высокую растворяющую способность по отношению к исследуемым сернистым соединениям: степень извлечения алкан- и циклоалкантиолов колеблется от 60 до 76 %; максимальный показатель α наблюдается для тиофенола и тиофена; экстракция алифатических сульфида и дисульфида менее эффективна. Выход рафината в среднем составляет 75 % (% масс. от сырья).

Таблица
Результаты одноступенчатой экстракции органических соединений серы из модельной смеси при 30 °С (массовое отношение растворителя к сырью – 2:1, время контакта 30 мин)

Соединение	α , % масс.
Бутантиол-1	76,5
Гексантиол-1	61,8
Циклопентантиол	69,6
Циклогексантиол	70,3
Бензилтиол	68,5
Тиофенол	81,0
Тиофен	83,5
Дибутилдисульфид	60,2
Дибутилсульфид	48,6

Проведение трехступенчатой экстракции бутантиола-1 позволило снизить содержание общей серы с 0,2 % до 0,004 % масс. в рафинате, однако его выход снижается до 55 %, что указывает на достаточное высокое сродство компонентов смеси с растворителем. Для снижения растворимости углеводородной фазы применяли обводненный растворитель (5 % масс. H₂O). На модельной смеси, содержащей бутантиол-1, показано, что при использовании обводненного N-МП, степень извлечения незначительно снижается (66 %), при выходе рафината 92 % масс.

Введение органического окислителя – 3,5-ди-*трет*-бутил-*о*-бензохинона (0,005М) в раствор N-МП позволяет проводить не только экстракцию бутантиола-1, но и его окисление в объеме растворителя до соответствующего дисульфида:



По данным электрохимического анализа соотношение тиол – дисульфид в экстракте составляет 2:1. В ходе одноступенчатой экстракции увеличивается и степень извлечения тиола до 80 %, и выход рафината 79 %.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда грант № 14-13-00967.

Список литературы

1. Аппазов А. Ю. Экстракционное облагораживание дизельных фракций с применением N-метилпирролидона / А. Ю. Аппазов, У. А. Баламедова, Н. В. Пыхалова // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2012. – № 4. – С. 12–15.
2. Гайле А. А. Экстракционная очистка дизельной фракции от сероорганических соединений и ароматических углеводородов / А. А. Гайле, Л. Л. Колбовская, Б. М. Сайфидинов // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2011. – № 3. – С. 11–15.
3. Каратун О. Н. Выделение ароматических углеводородов методом экстракционной деароматизации из модельной смеси / О. Н. Каратун, Н. Б. Капизова // Химическая технология. – 2012. – № 3/ – С. 164–166.
4. Javadli R. Desulfurization of heavy oil / R. Javadli, A. Klerk // Applied Petrochemistry Researches. – 2012. – № 1. – Pp. 3–19.

References

1. Appazov A. Yu., Balamedova U. A., Pykhalova N. V. Ekstraktsionnoe oblagorazhivanie dizelnykh fraktsiy s primeneniem N-metilpirrolidona [Extraction refinement diesel fractions using N-methylpyrrolidone]. *Neftpererabotka i neftekhimiya* [Refining and Petrochemicals], 2012, no. 4, pp. 12–15.
2. Gayle A. A., Kolbovskaya L. L., Sayfidinov B. M. Ekstraktsionnaya ochistka dizelnoy fraktsii ot seroorganicheskikh soedineniy i aromaticheskikh uglevodородov [Extraction cleaning of diesel fractions from organic sulfur compounds and aromatic hydrocarbons]. *Neftpererabotka i neftekhimiya* [Refining and Petrochemicals], 2011, no. 3, pp. 11–15.
3. Javadli R., Klerk A. Desulfurization of heavy oil. *Applied Petrochemistry Researches*, 2012, no. 1, pp. 3–19.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЗАКАНЧИВАНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ СКВАЖИНАМИ

Куренов Михаил Васильевич
аспирант

Астраханский государственный технический университет
414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16

инженер 1-ой категории

ООО "ЛУКОЙЛ - Нижневолжскнефть"
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Адмиралтейская, 1
E-mail: kurenov-mikhail@rambler.ru