

УДК 665.765

**ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕАГЕНТЫ ДЛЯ ФЛОТАЦИИ
ВЫСОКОЗОЛЬНЫХ УГЛЕЙ ПЕЧОРСКОЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ
ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ**

**EFFECTIVE REAGENTS FOR FLOTATION OF HIGH-ASH COALS
AT PECHORA CENTRAL CONCENTRATING FACTORY**

**Гиззатов А.А., Ибрагимов А.А., Рахимов М.Н., Баулин О.А.
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа, Российская Федерация**

**A.A. Gizzatov, A.A. Ibragimov, M.N. Rakhimov, O.A. Baulin
FSBEI NPE “Ufa State Petroleum Technological University”,
Ufa, the Russian Federation**

e-mail: rmni@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы по разработке эффективных реагентов для флотации труднообогатимого и высокозольного угля с высоким содержанием фюзеновых элементов. Представлены результаты исследований физико-химических свойств данного угля: ситового и фракционного составов, петрографического и рефректограмного анализов исследуемого угля, а также зольность. Получение концентратов при флотации с зольностью, удовлетворяющей коксохимическое производство, с применением известных флотореагентов затруднительно.

Изучены реагентные режимы с применением флотореагентов на основе полупродуктов нефтехимии. Установлено, что введение в состав ДТ до 50% объемных диэтилбензолной фракции (ДЭБ) и кубового остатка ректификации этилбензола (КОРЭ) позволяет не только снизить расходы реагента на 20-40 % масс., но также увеличить выход концентрата на

15-30% масс. На основании проведенных квантово-химических расчетов возможных превращений алкилароматических углеводородов в процессе алкилирования (КОРЭ, ДЭБ) выдвинуто предположение о том, что высокая активность 1,3,6-триэтилбензола (основной компонент КОРЭ), по сравнению с 1,2-диэтилбензолом (основной компонент ДЭБ), связана с более выгодной пространственной ориентацией этильных групп, что способствует эффективной адсорбции триэтилбензолов на поверхности угля за счет пространственной структуры.

Установлено, что применение рекомендуемого реагентного режима (смесь ДТ с КОРЭ 50/50 % масс.) позволяет также повысить скорость флотации угольной мелочи. При равном времени выход концентрата в случае использования смеси ДТ с КОРЭ составил 68 , а при использовании ДТ - 58%, при этом расход ДТ в 3 раза выше.

Abstract. In the article the questions on the development of effective reagents for flotation of refractory and high-ash coal with a high content of husenovich elements. Presents research results of physico-chemical properties of this coal sieve and fractional composition, petrographic and reflectograms analyses of the studied coal and ash. Obtaining concentrates by flotation with ash satisfying coke production using known flotation agents difficult. Studied reagent regimes with the use of flotation reagents on the basis of petrochemical intermediates. It is established that the introduction of the DT to 50 volume % diethylbenzene fraction (BPA) and the cubic residue of ethylbenzene (CORE) allows not only to reduce reagent costs by 20-40 % wt., but also to increase the output of concentrate on 15-30 % of the mass. Based on the results of quantum-chemical calculations of possible transformations of alkylaromatic hydrocarbons in the alkylation process (CORE, BPA) hypothesized that the high activity of 1,3,6 - triethylbenzene (the main component of CARE), compared with 1,2-diethylbenzene (the main component BPA), is associated with more favorable spatial orientation of the ethyl group, which facilitates the efficient adsorption of triethylbenzene on the surface of the coal due to the spatial structure.

It is established that the application of the recommended reagent conditions (a mixture of diesel fuel with CORE 50/50 wt%.) also allows you to increase the rate of flotation of fine coal. At the equal time, the output of concentrate in the case of using a mixture of diesel fuel with CARE amounted to 68%, and when using DT - 58%, the consumption of diesel fuel 3 times higher.

Ключевые слова: высокозольный уголь, флотация, реагент-собирающий, кубовый остаток ректификации этилбензола, реагентный режим.

Key words: high-as coal, flotation reagent-collector, VAT residue of ethylbenzene, agent mode.

Введение

Постоянное развитие механизированной добычи каменных углей, а также снижение запасов технологических марок углей способствует увеличению содержания в рядовом угле труднообогатимых классов крупностью менее 0,5 мм. Одним из эффективных способов, который позволяет перерабатывать данную фракцию и увеличивать долю каменных углей в общем энергетическом балансе, является пенная флотация [1].

Степень извлечения горючей массы угля, а также рациональность ведения и экологическая безопасность технологии флотации в значительной мере определяются выбранным реагентным режимом, а также зависит от химического состава, количества минеральных включений, структуры пор каменноугольной мелочи [1].

При рассмотрении зольности и химического состава золы различных петрографических микрокомпонентов каменных углей, практически свободных от примесей минеральных веществ, наблюдаются некоторые очевидные зависимости. Так, наибольшей зольностью обладают фюзеновые вещества, наименьшей – витреновые, а споровые вещества и

смоляные тельца занимают по зольности промежуточное положение, приближаясь к витринам. Анализ состава минеральных веществ в различных петрографических микрокомпонентах каменных углей показывает, что повышенная зольность дюрена и фюзена является следствием попадания внешних минеральных веществ в процессе накопления растительных остатков [2-4].

В этой связи нами была поставлена задача по разработке эффективных реагентов для флотации труднообогатимого и высокозольного угля с высоким содержанием фюзеновых элементов в его составе. Таковым является уголь Воргашорского месторождения Печорского угольного бассейна марки ГЖО с зольностью 37,7 % масс. На Печорской ЦОФ для его обогащения в качестве реагента-собирателя используется типичный реагент собиратель – дизельное топливо, которое характеризуется недостаточной флотационной активностью и высокой добавленной стоимостью.

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследований выбраны побочные продукты производства этилбензола ОАО «Газпром нефтехим Салават». В качестве основы реагентов собирателей использовали традиционный флотореагент – дизельное топливо (летнее), а в качестве его альтернативы в некоторых случаях рассматривали легкий газойль каталитического крекинга ОАО АНК «Башнефть» «Башнефть-Уфимский НПЗ [5]. В качестве реагента-вспенивателя использовали технический продукт нефтепереработки – кубовые остатки производства бутиловых спиртов (КОБС) [6]. Некоторые физико-химические характеристики данных продуктов приведены в таблицах 1-2.

Таблица 1. Групповой химический состав и физико-химические свойства ДТ и ЛГКК

Компонентный состав, % масс.	ДТ	ЛГКК
Полициклические ароматические углеводороды	-	6,40
Моноциклические ароматические углеводороды	27,1	26,8
Бициклические ароматические углеводороды	2,8	40,5
Парафино-нафтенновые углеводороды	70,1	26,3
Фракционный состав, °С:		
-температура начала перегонки, °С,	145	184
-50% , °С	195	277
-95% , °С	245	360
Массовое содержание серы, % масс	0,0008	0,1
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм ² /с	2,2	2,6
Температура вспышки (в закрытом тигле), °С	47	82
Температура застывания, °С	-40	-5
Плотность, кг/м ³	785	833

Таблица 2. Групповой химический состав и физико-химические свойства диэтилбензольной фракции (ДЭБ) и КОРЭ

Компонентный состав по фракциям, % масс.	ДЭБ	КОРЭ
Массовая доля изомеров диэтилбензола, %, не менее	90	24,8
- в том числе м-диэтилбензола, %, не менее	50	-
Массовая доля суммы примесей (этилтолуол, бутилбензол, триэтилбензол и др.), %, не более	10	-
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм ² /с	1,9	2,4
Температура вспышки (в закрытом тигле), °С	56	105
Температура застывания, °С	-84	-60
Плотность, кг/м ³	875	981

В составе КОРЭ, помимо диэтилбензольной фракции, содержатся этилбензольная фракция (4,50% масс.), промежуточная фракция 208-217 °С (24,19% масс.) и полиэтилбензольная фракция (46,51% масс.) [8].

Квантово-химические расчеты возможных превращений алкилароматических углеводородов в процессе алкилирования (КОРЭ, ДЭБ) по методу ВЗРW91 – гибридный функционал, основанный на трехпараметрическом гибридном функционале Веке с использованием

корреляционного функционала Perdeu/Wang 91 [9] позволили более детально изучить пространственную структуру реагентов.

Исследования процесса обогащения высокозольного угля проводили на лабораторной флотационной машине типа «Механобр» с объемом камеры 1 литр по известной методике [10].

Был исследован ситовый состав исследованного угля ЦОФ «Печорская» в соответствии с требованиями ISO 8858-1, а также определен фракционный состав углей. Петрографический и рефректограммный анализ исследуемого угля проведен в центральной лаборатории контроля ОАО «ММК» по ГОСТ 9414-74,9414.1,2,3093,94;12113-94 [4].

Характер структурных изменений в макромолекуле органической массе углей с метаморфизмом оценивали по ИК-спектрам углей [3].

Обсуждение результатов

На первом этапе исследования были проведены анализы физико-химических свойств исходного образца угля технологической марки "ГЖО" ЦОФ "Печорская". Результаты исследований представлены в таблицах 3-6 и на рисунке 1.

Результаты ситового состава Воргашорского угля марки «ГЖО», поступающей на ЦОФ «Печорская» показывают, что минеральные компоненты распределены по классам крупности очень неравномерно (таблица 3).

Таблица 3. Ситовый состав угольной мелочи технологической марки «ГЖО» ЦОФ «Печорская»

Класс крупности, мм	Выход, %	Зольность, %	Суммарный выход, %	Суммарная зольность, %
0,5+0,315	18,7	25,7	18,7	25,7
0,315+0,250	14,2	30,5	32,9	27,8
0,250+0,160	14,8	34,4	47,7	29,8
0,160+0,100	46,1	44,5	93,8	37,0
Менее 0,100	6,2	48,5	100,0	37,7
Итого	100,0	37,7		

Таблица 4. Фракционный анализ угольной мелочи исследуемых шахт

Угольный бассейн	Шахта (марка угля)	Плотность разделения т/м ³	Выход, %	Зольность, %	Суммарные фракции	
					Выход, %	Зольность, %
Печорский	Ворга-шорская «ГЖО»	Менее 1,4	45,2	6,1	45,2	6,1
		1,4- 1,8	17,2	22,5	62,4	10,6
		Более 1,8	37,6	82,6	100,0	37,7

Анализ результатов ситового состава угольной мелочи показывает, что для него характерно наличие значительного количества классов более 0,25 мм. Исследуемый уголь отличается высоким содержанием мелких классов менее 0,16 мм (более 50%), что может потребовать несколько большего количества реагента, за счет резкого увеличения площади поверхности угольных частиц относящихся к классу менее 0,16 мм.

Наличие в полученных ИК-спектрах максимумов в пределах 3300-3500 см⁻¹ говорит о наличии в структуре угля гидроксильных группировок.

Колебания в области при 2850, 2870, 2900 см⁻¹ и 1450 см⁻¹ характерны для валентных колебаний метиленовых групп макромолекулы ОМУ. Их количество закономерно снижается от марки «ГЖО» до марки «ОС». Максимум в 2570-2580 см⁻¹ указывает на наличие тиольных группировок. Поглощение в области 1695-1725 см⁻¹ относится к карбонильной группе, количество которых в угле технологической группе «К» в ИК-спектре не наблюдается. Колебания в области 1200-1350 см⁻¹ относятся к карбоксильной группе и различимы только на ИК-спектре угля марки «ГЖО».

Повышение ароматичности макромолекул органической массы углей с метаморфизмом от марки «ГЖО» до марки «ОС», наблюдаемое по интенсивности полосы поглощения при 1600 см⁻¹, соответствующей колебаниям связи С = С в ароматических соединениях, подкрепляется наличием для всех исследованных углей полосами поглощения при 770-900 см⁻¹, соответствующими деформационным колебаниям групп –СН в

ароматических ядрах с различным характером замещения. Количество хиноидных группировок при переходе от технологической марки «ГЖО» к марке «ОС» снижается.

Особенно значительное количество каолинита обнаружено в воргашорском угле технологической марки «ГЖО». ИК-спектры исследованного угля подтвердили общие закономерности изменения функциональных группировок с ростом степени метаморфизма, а именно снижение кислородсодержащих функциональных групп, в связи со снижением количества гетероатомов в органической массе углей. Данные ИК-спектроскопии подтверждаются результатами исследования элементного состава и теплотами смачивания углей водой (таблицы 5-6).

Таблица 5. Естественная флотуемость и теплота смачивания исследуемого угля

Бассейн	Шахта	Технологическая марка	Зольность класса 0,10 - 0,16 мм, %	Теплота смачивания, кДж/кг	Выход концентрата, %
Печорский	Воргашорская	«ГЖО»	44,5	10,6	4,1

Таблица 6. Показатели элементного состава и технического анализа исследуемых углей

Бассейн	Марка угля	Содержание в органической массе, %					R, %	V ^{daf} , %	A ^d , %
		C	H	O	N	S			
Печорский	Воргашорская, ГЖО	85,5	5,7	5,8	2,5	0,5	0,835	35,4	37,7

Общее содержание кислорода в угле составляет 5,8%, а азота – 2,5% (таблица 6).

Повышенное содержание кислорода в элементном составе угля марки «ГЖО» и высокая зольность приводит к увеличению гидрофилизации поверхности угольных зерен и приводит к низкой естественной флотуемости, что было показано нами ранее [9].

Выход концентрата в случае флотации марки «ГЖО» составил 4,1% (таблица 5).

Поверхность углей при повышении в органической массе функциональных групп становится более гидрофильной. При этом стоит отметить и то, что угли марки «ГЖО» содержат значительное количество минеральных компонентов (44,5%), которые хорошо смачиваются водой, что и объясняет высокое значение теплоты смачивания углей марки «ГЖО» (таблица 6).

Далее приведены исследования эффективных реагентов собирателей для процесса обогащения высокозольной и труднообогатимой угольной мелочи. В таблице 7 представлены реагентные режимы флотации угольной мелочи шахты «Воргашорская».

Таблица 7. Показатели флотации угольной мелочи шахты «Воргашорская» с использованием различных реагентных режимов

№ опыта	Реагентный режим					Показатели флотации					
	собиратель	вспениватель	Расход кг/т			продукты	$\Sigma\gamma, \%$	$\Sigma A^d, \%$	$\varepsilon_{г.м.}$	$\varepsilon_{м.ч.}$	К сел.
			Собир.	Вспенив.	Общий						
1.1	ДТ	КОБС	1	0,1	1,1	Концентрат	20,7	9,6	30,1	45,2	0,368
						отходы	79,3	45,1			
1.2	ДТ	КОБС	1,5	0,1	1,6	Концентрат	34,7	11,1	49,6	51,9	0,507
						отходы	65,3	51,9			
						исходный	100,0	37,8			
2.1	ДТ	КОБС	1	0,2	1,2	Концентрат	25,7	9,1	37,5	47,7	0,423
						отходы	74,3	47,7			
2.2	ДТ	КОБС	1,5	0,2	1,7	Концентрат	38,4	10,1	55,5	55,0	0,514
						отходы	61,6	55,0			
						исходный	100,0	37,8			
3.1	КОРЭ-ДТ(50/50)	КОБС	0,65	0,1	0,75	Концентрат	41,7	11,1	59,6	56,9	0,582
						отходы	58,3	56,9			
3.2	КОРЭ-ДТ(50/50)	КОБС	1,08	0,1	1,18	Концентрат	54,7	13,6	76,0	67,0	0,714
						отходы	45,3	67,0			
						исходный	100,0	37,8			
4.1	КОРЭ-ДТ(50/50)	КОБС	0,65	0,2	0,85	Концентрат	50,7	13,0	70,9	63,3	0,670
						отходы	49,3	63,3			
4.2	КОРЭ-ДТ(50/50)	КОБС	1,08	0,2	1,28	Концентрат	64,0	18,3	84,1	72,5	0,781
						отходы	36,0	72,5			
						исходный	100,0	37,8			
5.1	КОРЭ-ЛГКК(75/25)	КОБС	0,67	0,2	0,87	Концентрат	50,7	11,8	71,9	64,5	0,681
						отходы	49,3	64,5			
5.2	КОРЭ-ЛГКК(75/25)	КОБС	1,33	0,2	1,53	Концентрат	62,4	14,8	85,5	75,9	0,805
						отходы	37,6	75,9			
						исходный	100,0	37,8			
6.1	КОРЭ-ЛГКК(75/25)	КОБС	0,333	0,2	0,533	Концентрат	18,7	8,9	27,4	44,4	0,361
						отходы	81,3	44,4			
6.2	КОРЭ-ЛГКК(75/25)	КОБС	0,67	0,2	0,867	Концентрат	43,7	10,3	62,9	59,1	0,548
						отходы	56,3	59,1			
						исходный	100,0	37,8			

Продолжение таблицы 7

№ опыта	Реагентный режим					Показатели флотации					
	собиратель	вспениватель	Расход кг/т			продукты	$\Sigma\gamma, \%$	$\Sigma A^d, \%$	$\varepsilon_{г.м.}$	$\varepsilon_{м.ч.}$	К сел.
			Собир.	Вспенив.	Общий						
7.1	ДЭБ-ДТ-50	КОБС	1,11	0,1	1,21	Концентрат	40,0	11,4	56,9	55,4	0,562
						отходы	60,0	55,4			
7.2	ДЭБ-ДТ-50	КОБС	1,48	0,1	1,58	Концентрат	51,7	12,7	72,5	64,6	0,684
						отходы	48,3	64,6			
						исходный	100,0	37,8			
8.1	ДТ-ДЭБ(50/50)	КОБС	0,730	0,2	0,930	Концентрат	51,0	13,2	71,2	63,4	0,671
						отходы	49,0	63,4			
8.2	ДТ-ДЭБ(50/50)	КОБС	1,095	0,2	1,295	Концентрат	61,7	15,6	83,7	73,5	0,784
						отходы	38,3	73,5			
						исходный	100,0	37,8			

Как следует из полученных результатов, ДТ характеризуется низкими флотационными свойствами (таблица 7). При использовании типового реагента собирателя ДТ выход концентрата в зависимости от его расхода (1-1,5 кг/т) находится на уровне 20-38%. Коэффициент селективности составляет порядка 0,368-0,514, при этом зольность концентратов равна 9,6-11,1%. Низкие показатели флотации обусловлены, на наш взгляд, физико-химическими свойствами исходного угля [9].

При добавлении в состав ДТ до 50% объемных ДЭБ фракции происходит улучшение показателей процесса обогащения. При расходе собирателя 1,2 кг/т и вспенивателя 0,2 кг/т выход концентрата увеличивается на 12,6%, а расход собирателя снижается на 25%. Несмотря на то, что зольность концентрата при этом на 3,1% выше, показатель селективности процесса в 1,5 раза выше, чем в случае использования ДТ. Вероятнее всего, что при добавлении в ДТ диэтилбензолных компонентов в составе реагента увеличивается содержание ароматических структур, которые обладают повышенной энергией адсорбции к гетерополярным, конденсированным структурам, нежели нафтено-парафиновые углеводороды ДТ, что согласуется с известными данными [3].

При использовании в качестве добавки к флотореагенту КОРЭ широкой фракции алкилзамещенных ароматических углеводородов наблюдается его более высокая эффективность, чем при использовании ДЭБ.

Введение 50 % об. КОРЭ в ДТ при расходе собирателя 1,1 кг/т и вспенивателя 0,1 кг/т снижает расход собирателя на 30% по сравнению с ДТ и реагентом состава (50% ДЭБ + 50% ДТ), выход концентрата на 50% выше, чем в случае использования ДТ. Необходимо отметить, что при увеличении выхода концентрата более 40% независимо от исследуемого реагента, зольность концентрата повышается на величину более 11% масс., что обусловлено высоким содержанием минеральных включений в исходном угле.

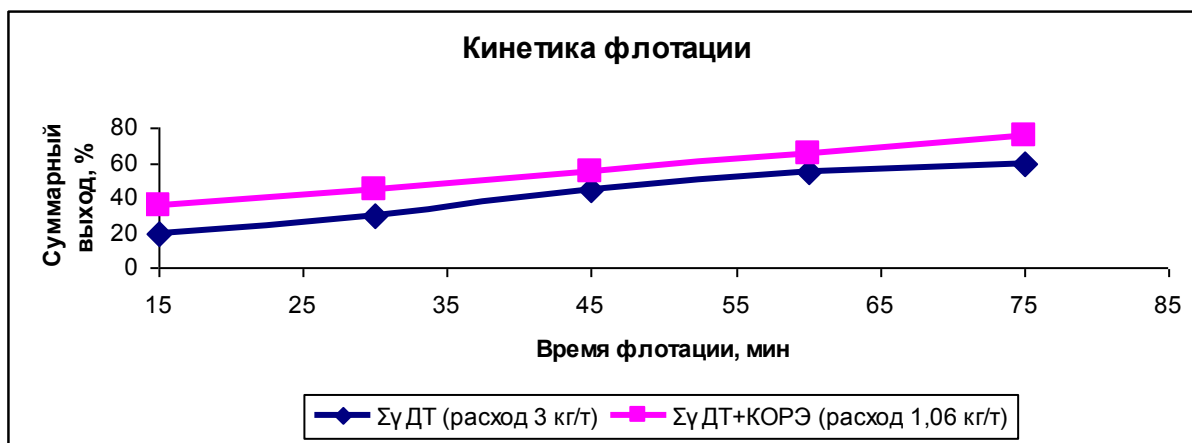


Рисунок 1. Кинетика процесса флотации ДТ и ДТ + КОРЭ

Причина более высокой активности КОРЭ может быть обусловлена особенностью строения его компонентов, в частности, триэтилбензолов, имеющих в своем составе разветвленные этильные фрагменты, обеспечивающие их высокую адсорбцию на угольной поверхности и высокую гидрофобизацию. Осуществлен расчет наиболее выгодных изомеров среди диэтил- и триэтилбензолов [11].

Установлено, что наиболее предпочтительной конформацией для 1,2- и 1,4-диэтилбензолов является та, в которой этильные фрагменты повернуты в разные стороны относительно ароматического кольца, для 1,3-диэтилбензола – в одну сторону (рисунок 2).

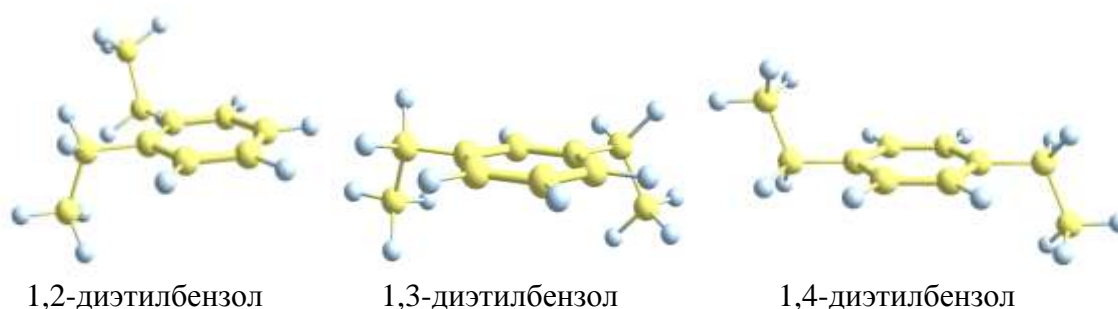


Рисунок 2. Пространственные структуры диэтилбензолов

Энергетически выгоднее для 1,2,3- и 1,2,4-триэтилбензолов являются конформация, в которой этильные фрагменты повернуты в разные стороны, относительно ароматического кольца, для 1,3,6-триэтилбензола – в одну сторону.

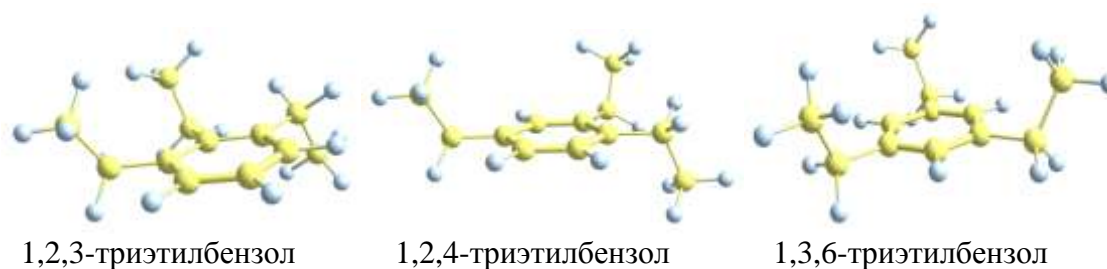


Рисунок 3. Пространственные структуры триэтилбензолов

Таким образом, на наш взгляд, высокая активность 1,3,6-триэтилбензола, по сравнению с 1,2-диэтилбензолом, связана с более выгодной пространственной ориентацией этильных групп, что способствует эффективной адсорбции триэтилбензолов на поверхности угля за счет пространственной структуры.

Наименьшую полную энергию имеют 1,4-диэтилбензол и 1,3,6-триэтилбензол, т.е. можно предположить, что в составе смесей диэтилбензолов и триэтилбензолов должны преобладать данные изомеры.

При использовании в качестве флотореагента смесей на основе ЛГКК и КОРЭ процесс обогащения также характеризуется высокими показателями (таблица 7). Наличие полициклических ароматических углеводородов оказывает положительное влияние на флотационную активность легкого газойля каталитического крекинга при флотации высокозольной угольной мелочи по сравнению с дизельным топливом (таблица 1). Однако высокая температура застывания ограничивает его применение в климатических зонах, с преобладанием низких температур. Для решения данной проблемы потребуется его дополнительное облагораживание либо за счет введения присадок, либо гидрокаталитической переработкой с целью удаления высокомолекулярных линейных парафинов.

Выводы

Анализ результатов показателей флотации при различных реагентных режимах показывает, что введение в состав традиционных реагентов-собираателей высокоароматизированных фракций производства

этилбензола позволяет интенсифицировать процесс обогащения высокозольных углей. Применение рекомендуемого реагентного режима (смесь ДТ с КОРЭ 50/50 % масс.) позволяет повысить скорость флотации угольной мелочи. При равном времени контактирования выход концентрата в случае использования смеси ДТ с КОРЭ составил 68%, а при использовании ДТ - 58%. при этом расход ДТ в 3 раза выше. Это указывает на возможность снижения количества флотационных машин с использованием нового реагентного режима (рисунок 1).

На основе проведенных исследований нами предложены композиции на основе КОРЭ и ДЭБ для дальнейших промышленных испытаний на ЦОФ «Печорская».

Разработанные реагенты удовлетворяют требованиям технологического процесса, повышают скорость флотации, обеспечивая производство качественных концентратов, безопасность флотационного процесса и не уступают зарубежным аналогам.

Список используемых источников

1 Сирченко А.С. Интенсификация флотации труднообогатимых углей путем разработки новых реагентных режимов // Материалы 63-й науч.-техн. конф. по итогам науч.-исслед. работ за 2003-2004 годы ; Магнитогорск. гос. техн. ун-т. – Магнитогорск, 2004. С. 123-127.

2 Петухов В. Н., Сирченко А.С. Роль реагентов модификаторов в процессе обогащения углей флотацией // Теория и технология металлургического производства: межрегион. сб. науч. тр. / под ред. В.М. Колокольцева; ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И.Носова». Магнитогорск, 2005. Вып.5. С. 75-76.

3 Сирченко А.С. Разработка реагентных режимов флотации каменноугольной мелочи на основе использования водорастворимых сополимеров: дис.... канд. техн. наук. М.:ИПКОН РАН, 2008. 153 с.

4 Международный стандарт. ISO 8858-2: Каменный уголь - Исследование флотуемости. Последовательный анализ. 2004. М.: ГИАБ, 2004. Ч. 2. С. 178-183.

5 Гиззатов А.А., Чекмарев И.А. Рациональное и эффективное использование продуктов нефтехимии и нефтепереработки при флотации углей // Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения: тр./ 10-й междунар. науч.-техн. конф. (11-13 апр. 2012 г., Респ. Коми). Воркута: Воркут. горн. ин-т, 2012. С. 11-13.

6 Реагент-вспениватель для флотации угля / Петухов В.Н. [и др.] : пат. РФ № 2112601. //Бюл. от 10.06.1998. С. 5.

7 Способ флотации угля / Петухов В.Н.[и др.] : пат. РФ № 2019302. МПК ВОЗD1/02 //Бюл. от 20.04.1992.. С. 7.

8 Гиззатов А.А., Рахимов М.Н., Рахимова З.Ф. Собиратели для флотации угля на основе алкилпроизводных ароматических углеводородов // Обогащение руд. 2013 № 6. С.21-24.

9 Разработка флотационных реагентов для процесса обогащения высокозольных углей/ Гиззатов А.А.[и др.] // Башкирский химический журнал 2013. Т.20. № 4. С. 86-89.

10 Разработка эффективных реагентов для флотации углей / Гиззатов А.А. [и др.] // Нефтегазовое дело. 2011 Т. 9. № 2. С.66-69.

11 Флотация высокоминерализованных углей ЦОФ "Печорская" с использованием кубового остатка ректификации стирола (КОРС) / Гиззатов А.А. [и др.] //Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук: междунар. науч.-техн. конф./ УГНТУ. Уфа, 2013. С. 15-17.

References

1 Sirchenko A.S. Intensifikacija flotacii trudnoobogatimyh uglej putem razrabotki novyh reagentnyh rezhimov // Materialy 63-j nauch.-tehn. konf. po itogam nauch.-issled. rabot za 2003-2004 gody ; Magnitogorsk. gos. tehn. un-t. – Magnitogorsk, 2004. S. 123-127. [in Russian].

2 Petuhov V. N., Sirchenko A.S. Rol' reagentov modifikatorov v processe obogashhenija uglej flotaciej // Teorija i tehnologija metallurgicheskogo proizvodstva: mezhregion. sb. nauch. tr. / pod red. V.M. Kolokol'ceva; GOU VPO «MGTU im. G.I.Nosova». Magnitogorsk, 2005. Vyp.5. S. 75-76. [in Russian].

3 Sirchenko A.S. Razrabotka reagentnyh rezhimov flotacii kamennougol'noj melochi na osnove ispol'zovanija vodorastvorimyh sopolimerov: dis.... kand. tehn. nauk. M.:IPKON RAN, 2008. 153 c. [in Russian].

4 Mezhdunarodnyj standart. ISO 8858-2: Kamennyj ugol' - Issledovanie flotiruемости. Posledovatel'nyj analiz. – 2004. M.: GIAB, 2004. - Ch. 2. S. 178-183. [in Russian].

5 Gizzatov A.A., Chekmarev I.A. Racional'noe i jeffektivnoe ispol'zovanie produktov neftehimii i neftepererabotki pri flotacii uglej // Osvoenie mineral'nyh resursov Severa: problemy i reshenija: tr./ 10-j mezhdunar. nauch.-tehn. konf. (11-13 apr. 2012 g., Resp. Komi). Vorkuta: Vorkut. gorn. in-t, 2012. S. 11-13. [in Russian].

6 Reagent-vспенивател' dlja flotacii uglja / Petuhov V.N. i dr.: pat. RF № 2112601. //Bjul. ot 10.06.1998. S. 5. [in Russian].

7 Sposob flotacii uglja / Petuhov V.N. i dr.: pat. RF № 2019302. MPK VO3D1/02 //Bjul. ot 20.04.1992. S. 7. [in Russian].

8 Gizzatov A.A., Rahimov M.N., Rahimova Z.F. Sobirатели dlja flotacii uglja na osnove alkilproizvodnyh aromaticeskikh uglevodorodov // Obogashhenie rud. 2013 № 6. S. 21-24. [in Russian].

9 Razrabotka flotacionnyh reagentov dlja processa obogashhenija vysokozol'nyh uglej/ Gizzatov A.A.i dr. // Bashkirskij himicheskij zhurnal 2013. T.20, № 4. S. 86-89. [in Russian].

10 Razrabotka jeffektivnyh reagentov dlja flotacii uglej /Gizzatov A.A. i dr. // Neftegazovoe delo. 2011 T. 9. № 2. S. 66-69. [in Russian].

11 Flotacija vysokomineralizovannyh uglej COF "Pechorskaja" s ispol'zovaniem kubovogo ostatka rektifikacii stirola (KORS) / Gizzatov A.A. i dr. //Aktual'nye problemy tehniceskikh, estestvennyh i gumanitarnyh nauk: mezhdunar. nauch.-tehn. konf./ UGNTU. Ufa, 2013. S. 15-17. [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Гиззатов А.А., аспирант кафедры «Технология нефти и газа», ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

A.A. Gizzatov, Graduate Student of the Chair “Oil and Gas Technology” FSBEI NPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

Ибрагимов А.А., канд. техн. наук, доцент кафедры «Нефтехимия и химическая технология», ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

A.A. Ibragimov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair “Petrochemical and Chemical Technology” FSBEI NPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

Рахимов М.Н., д-р техн. наук, профессор кафедры «Нефтехимия и химическая технология», ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

M.N. Rakhimov, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair “Petrochemical and Chemical Technology” FSBEI NPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

Баулин О.А., канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология нефти и газа», ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

O.A. Baulin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair "Oil and Gas Technology" FSBEI NPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

e-mail: rmni@mail.ru