

УДК 547.992.2:662.73

DOI: 10.15372/KhUR20170510

Оценка возможности получения флотационных реагентов на основе продуктов озонирования сапропелитовых углей и горючих сланцев

С. А. СЕМЕНОВА¹, Ю. Ф. ПАТРАКОВ²¹Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения РАН, Кемерово, Россия

E-mail: semlight@mail.ru

(Поступила 05.09.16; после доработки 10.08.17)

Аннотация

Проведен сравнительный анализ состава продуктов озонолитической деструкции керогенов сапропелитовых углей и горючих сланцев различных месторождений России. Показано, что продукты озонирования сапропелитов могут быть использованы в качестве заменителей жирных кислот и других традиционных флотореагентов на нефтяной основе в процессах обогащения металлических руд и горючих ископаемых. Так, твердые горючие ископаемые сапропелитовой природы (собственно сапропелитовые угли и несернистые сланцы), имеющие относительно регулярное строение органического вещества, и продукты окисления однородного состава (главным образом, алифатические моно- (C_9-C_{25}) и дикарбоновые (C_2-C_{12}) кислоты), можно рассматривать в качестве сырья для получения аналогов флотореагентов на нефтяной основе, которые используются в процессах обогащения окисленных руд цветных металлов, несиликатных солей щелочноземельных металлов и карбонатов черных металлов. Продукты озонирования барзасского сапромиксита (алифатические, ароматические и гидроароматические кислоты), имеющего сапропелитово-гумусовую природу, возможно, будут проявлять собирательные и пенообразующие свойства при флотации окисленных металлических руд и твердых горючих ископаемых (углей и сланцев). Состав продуктов озонирования сернистого кашпирского сланца (алифатические кислоты, сульфокислоты) позволяет получать на их основе сульфосодержащие оксигидрильные флотореагенты, которые могут использоваться в качестве собирателей несурьфидных минералов и эмульгаторов.

Сделан вывод о перспективности промышленной разработки месторождений дмитриевского горючего сланца и барзасского сапромиксита, которые компактно расположены на территории Кузнецкого угольного бассейна с развитой транспортной инфраструктурой и наличием обогатительных предприятий, с целью получения из них химических продуктов и флотореагентов.

Ключевые слова: озонирование, горючие сланцы, флотореагенты

ВВЕДЕНИЕ

По запасам горючих сланцев (ГС) Россия занимает лидирующие позиции в мире и имеет большой опыт в области технологий их переработки. Органическое вещество (ОВ) ГС и сапропелитовых углей, представляющее продукт превращения водорослей и низших водных организмов, привлекает внимание исследователей в плане возможности его использования как сырья для химической и других отраслей про-

мышленности. Традиции исследования ОВ твердых горючих ископаемых (ТГИ) сапропелитового типа заложены учеными прибалтийских республик бывшего Советского Союза [1, 2], Ленинградского технологического института им. Ленсовета [3, 4], Иркутского политехнического института [5, 6]. Современное развитие представлений о строении, физико-химических свойствах и реакционной способности ОВ сапропелитов в процессах термохимического воздействия также отражено в работах [7–9] и др.

Наиболее перспективное и практически реализованное направление переработки ГС – газификация, в ходе которой их ОВ превращается в смесь оксидов углерода и водорода, и пиролиз с образованием газообразных, жидких и твердых продуктов. Товарными продуктами промышленной переработки сланцев являются топливные масла, ихтиол (область применения – медицина), натрий-ихтиол (сельское хозяйство), моющие и поверхностно-активные вещества типа “типол”, сульфанола (обогащение руд и ТГИ), мягчитель (резиновая промышленность), дубитель (кожевенная промышленность), битум (производство аккумуляторных баков), паста-инсектицид (сельское хозяйство), альбихтол, пластикат (кабельная промышленность), крепитель (литейное производство) [10, 11].

Основная трудность в технологии переработки сланцев связана с высоким содержанием (до 70 %) минеральной составляющей, в которой тонко диспергировано ОВ. Одни из лучших результатов в технологии обогащения сланцев получены в случае применения флотационного способа с использованием продуктов сланцепереработки – фракций сланцевой смолы с различной температурой кипения (в качестве собирателя) и сланцевых фенолов (в качестве вспенивателя) [11]. Эффективные флотационные свойства при обогащении руд цветных металлов и углей также проявили концентраты сапропелитовых дикарбоновых кислот и экстракты продуктов окисления, полученные из иркутских сапропелитов [6]. Сложность получения концентратов полезных ископаемых определяет необходимость поиска новых эффективных флотореагентов, в том

числе получаемых на основе переработки сапропелитового сырья.

Для получения из сапропелитового ОВ, представленного высокомолекулярной пространственной структурой, продуктов с меньшей молекулярной массой используют деструктивные термохимические [8, 12, 13] и окислительные [3, 5] методы. Озонирование – один из традиционных методов мягкого деструктивного воздействия, используемых как для изучения строения ОВ ТГИ, так и для получения на их основе кислородсодержащих растворимых продуктов [14–17].

В данной работе обобщаются результаты озонирования керогенов ГС и сапропелитовых углей различных месторождений России и выполнена оценка возможности получения на их основе оксигидрильных флотационных реагентов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве объектов исследования использовали ТГИ сапропелитовой природы: горючие сланцы (Дмитриевское месторождение, Кузнецкий бассейн и Кашпирское месторождение, Волжский бассейн), богхед (Таймыльское месторождение, Якутия) и сапромикситовый уголь (Барзасское месторождение, Кузнецкий бассейн). Данные ТГИ (за исключением сернистого волжского сланца) в настоящее время промышленно не разрабатываются ввиду географической удаленности месторождения либо вследствие преобладания на территории их залегания альтернативных видов топлива.

Керогены получали кислотной деминерализацией порошкообразных (0–0.063 мм) проб

ТАБЛИЦА 1

Характеристика керогенов сапропелитов

Образцы	Зольность A^d , %		Выход летучих веществ, V^{daf*}	Элементный состав керогена, % на daf				Н/С	A_{2920}/A_{1600}
	Исходный ГС	Кероген		С	Н	S	O + N		
Дмитриевский ГС	72.9	8.5	81.0	77.9	10.0	0.2	11.9	1.55	2.83
Кашпирский ГС	70.0	13.5	78.5	65.4	7.8	15.5	11.3	1.43	2.57
Таймыльский богхед	3.5	3.5	79.1	82.3	9.7	0.2	7.8	1.41	2.80
Барзасский сапромиксит	37.0	3.3	48.1	82.7	7.2	0.3	9.8	1.04	1.57

* Значение приведено на сухое беззольное состояние топлива.

соляной и плавиковой кислотами. Характеристика образцов керогенов приведена в табл. 1.

Озонирование образцов ТГИ (фракция 0–0.063 мм) осуществляли во вращающемся реакторе в токе озонкислородной смеси (1.0–1.5 об. % озона). Реакционная среда – хлороформ, время одного цикла 5 ч. Нерастворимые в хлороформе соединения экстрагировали из окисленного образца ТГИ ацетоном. Образующиеся продукты разделяли на твердый нерастворимый остаток, растворимые в хлороформе и растворимые в ацетоне. Вещества, растворимые в ацетоне, делили на водорастворимые (ВР) и водонерастворимые (ВНР).

Хромато-масс-спектрометрический анализ проводили на приборе 19091S-433 фирмы Agilent в области 15–500 а. е. м.; капиллярная колонка HP-5MS (5 % дифенил и 95 % диметилсилоксан) 30 м × 0.25 мм × 0.25 мкм; газ-носитель – гелий. Хроматографируемые кислородсодержащие продукты предварительно этерифицировали метанольным раствором хлористого водорода, промывали дистиллированной водой и экстрагировали гексаном. ИК-спектры диффузного отражения регистрировали на спектрометре Tensor-27 фирмы Bruker. Карбонильные кислородсодержащие группы анализировали по реакции с гидросиламином солянокислым, карбоксильные – ацетатным методом, суммарную кислотность определяли ионным обменом с гидроксидом натрия.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Общими признаками исследуемых сапропелитовых ТГИ являются повышенные относительно гумусовых углей: выход летучих веществ (V^{daf}), содержание водорода и атомное отношение Н/С. Однако, несмотря на близкую стадию химической зрелости (от буроугольной до длиннопламенной каменноугольной), состав их органической и количество минеральной частей существенно различаются (см. табл. 1), что обусловлено фациальными условиями формирования угле- и сланценосной толщи.

По данным ИК-спектроскопии (рис. 1), для всех образцов ТГИ характерны наиболее интенсивные полосы поглощения алифатических C-H -связей (2930, 2855, 1460, 1380, 720 cm^{-1}), что свидетельствует о наличии в их ОВ метиленовых

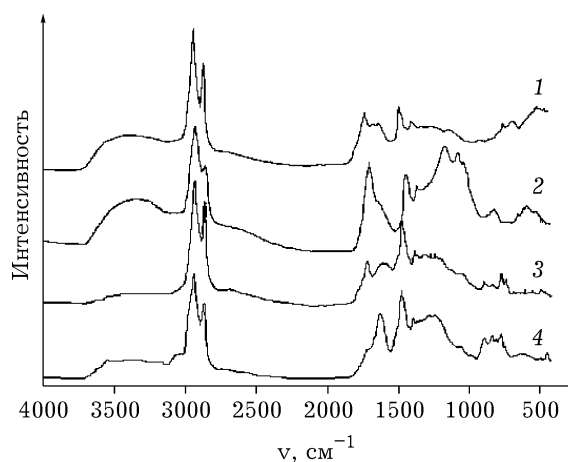


Рис. 1. ИК-спектры исследуемых образцов керогенов сапропелитов: дмитриевского ГС (1), кашпирского ГС (2), таймыльского богхеда (3) и барзасского сапромиксита (4).

цепей протяженной длины. Ярко выраженные полосы поглощения связей C-O-C алифатических линейных (1180, 1050 cm^{-1}) и циклических (1090, 830 cm^{-1}) простых эфиров свидетельствуют о вкладе эфирного кислорода в построение макромолекул керогенов сапропелитов. Отличительной особенностью спектра барзасского сапромиксита является наличие более интенсивных полос поглощения ароматических связей C-H (3040 cm^{-1}) и C=C (1610 cm^{-1}), что указывает на повышенное по сравнению с другими исследованными ТГИ содержание в его структуре фрагментов ароматического характера. На это же указывают данные ИК-спектрального параметра A_{2920}/A_{1600} , который отражает долю алифатических фрагментов в ОВ ГИ по отношению к ароматическим, а также значения V^{daf} (см. табл. 1), минимальные для этого ТГИ. В ИК-спектре кашпирского сланца дополнительно проявляются полосы поглощения связей C-S (530–580 cm^{-1}) и S-O (850–900 cm^{-1}), которые указывают на присутствие в органической матрице керогена гетероатомов серы в составе тиофенов, сульфидных мостиков и сульфоксигрупп [18].

Отличия в химическом составе керогенов влияют на выход и состав продуктов их озонолитической деструкции. За 25 ч озонирования в хлороформе (5 циклов по 5 ч каждый) наибольший выход растворимых продуктов (94 мас. %) демонстрирует сапромиксит, а наименьший (45.5 мас. %) – богхед (табл. 2). Снижение выхода продуктов озонирования с

ростом атомного отношения Н/С для исследуемых образцов ТГИ может быть обусловлено уменьшением числа потенциально активных к взаимодействию с озоном и стерически доступных структурных фрагментов и химических связей (связи С=С в насыщенных алкильных цепях и слабоконденсированных ароматических структурах [19]) в ОВ богхеда и ГС.

Среди продуктов озонирования сапропелитов преобладают относительно высокомолекулярные нерастворимые в воде вещества (см. табл. 2), что может указывать на мягкую озонолитическую деструкцию сланцевого ОВ. Исключение составляют продукты озонирования кашпирского ГС, в которых доля ВР-веществ ощутимо выше.

Вещества, растворимые в хлороформе, который используется в качестве реакционной среды озонирования, состоят преимущественно

из соединений с функциональной карбоксильной группой при меньшем вкладе гидроксильных и карбонильных (см. табл. 2). Среди идентифицированных хромато-масс-спектрометрически соединений преобладают *n*-монокарбоновые кислоты с длиной цепи от С₉ до С₂₂ – от пеларгоновой до бегоновой [14, 15]. В менее значительных количествах присутствуют насыщенные дикарбоновые кислоты, бензолдикарбоновые кислоты и длинноцепные полиненасыщенные соединения класса ацилических терпенов.

Водорастворимые продукты ацетонового экстракта керогенов представляют наиболее насыщенную кислородом фракцию с атомным отношением О/С ~ 1 (см. табл. 2), что указывает на присутствие низших дикарбоновых кислот. В функциональном составе ВР-соединений преобладают карбоксильные и карбо-

ТАБЛИЦА 2

Характеристика продуктов озонирования ГИ

Продукты	Образцы ТГИ	V*	С	Элементный состав, % на daf			Н/С	О/С	Функциональный состав, мг-экв/г		
				С	Н	О + N + S**			COOH	ОН	СО
Нерастворимый остаток	Дмитриевский ГС	57.8	40.8	55.0	7.1	37.9	1.55	0.50	3.80	6.23	4.07
	Кашпирский ГС	64.3	53.4	49.7	5.9	50.3	1.42	0.49	4.58	3.70	5.00
	Таймылырский богхед	55.5	40.8	61.1	7.3	31.6	1.43	0.38	2.86	1.15	2.90
	Барзасский сапромиксит	10.7	8.0	61.8	5.8	32.4	1.13	0.37	2.47	3.46	4.11
Растворимые в хлороформе	Дмитриевский ГС	22.1	16.6	58.5	7.1	34.4	1.46	0.44	6.08	3.27	4.71
	Кашпирский ГС	6.7	5.6	49.9	6.7	43.4	1.61	0.65	8.31	3.00	6.75
	Таймылырский богхед*										
	Барзасский сапромиксит*										
Растворимые в ацетоне, из них:											
Водорастворимые	Дмитриевский ГС	10.8	5.6	40.5	4.6	54.9	1.36	1.02	9.40	4.36	3.65
	Кашпирский ГС	36.0	18.8	31.3	5.0	63.7	1.91	1.31	10.99	3.83	6.42
	Таймылырский богхед	17.2	10.7	51.1	4.9	44.0	1.15	0.65	7.21	0.67	4.73
	Барзасский сапромиксит	15.5	7.8	41.9	4.1	54.0	1.17	0.97	8.29	1.03	8.97
Водонерастворимые	Дмитриевский ГС	20.6	17.1	64.5	7.1	28.4	1.32	0.33	3.02	3.82	3.72
	Кашпирский ГС	17.3	15.5	53.5	7.3	39.2	1.64	0.45	3.03	3.70	5.72
	Таймылырский богхед	28.3	20.5	59.5	5.7	34.8	1.15	0.44	3.57	3.04	3.63
	Барзасский сапромиксит	78.5	58.9	62.1	5.2	32.7	1.00	0.39	3.28	1.34	4.53

Примечания. V – выход, мас. % на daf; С – содержание углерода в продуктах, % от исходного.

* В опытах с таймылырским богхедом и барзасским сапромикситом растворимые в хлороформе продукты озонирования объединяли с ацетонорастворимыми.

** Содержание серы в продуктах озонирования кашпирского сланца, %: оксидат 11.6, ВР 9.0. В остальных продуктах S_{общ} не определяли вследствие их малого выхода.

нильные группы. Хромато-масс-спектрометрически в их составе идентифицированы традиционные для окислительных процессов насыщенные моно- и дикарбоновые кислоты (табл. 3) [14–17]. Монокарбоновые кислоты имеют длину углеводородной цепи от C_9 до C_{22} ; среди дикарбоновых преобладают кислоты состава C_2 – C_{11} . Судя по высокой доле в продуктах янтарной C_4 , адипиновой C_6 и азелаиновой C_9 дикарбоновых кислот, они могут образовываться из продуктов полимеризации непредельных высших кислот (например, C_{18} – олеиновой, линолевой, линоленовой) [20].

Водорастворимые продукты дмитриевского ГС и таймылырского богхеда почти полностью состоят из алифатических моно- и дикарбоновых кислот нормального строения с преобладанием адипиновой (C_6) (см. табл. 3). Отличительной особенностью ВР-продуктов кашпирского ГС является наличие, помимо *n*-моно- и дикарбоновых кислот, широкого

спектра алифатических кислот разветвленного строения (в том числе трикарбоновых), а также кето- и гидроксикислот. Высокое содержание в продуктах щавелевой кислоты может быть обусловлено деструкцией озоном неконденсированных бензольных циклов. Доля серной кислоты, идентифицированной в виде диметилсульфата, достигает 25 % (см. табл. 3). Отсутствие в составе продуктов озонирования других растворимых форм серы (сульфонов, сульфоксидов) свидетельствует о деструкции (например, связи $C=C$ в тиофенах), либо доокислении озоном серосодержащих фрагментов до серной кислоты [19]. В составе ВР-продуктов озонирования барзасского сапромиксита идентифицированы моно- (пальмитиновая C_{16} и стеариновая C_{18}) и дикарбоновые (C_5 – C_{12}) алифатические кислоты с большей долей C_6 и C_9 , стероидные (гидрофенантренкарбоновые) кислоты, а также производные ароматической фталевой кислоты (см. табл. 3).

ТАБЛИЦА 3

Результаты хромато-масс-спектрального анализа ВР-веществ

Класс соединений	Компонентный состав этерифицированных ВР-продуктов, отн. % к сумме хроматографируемых			
	Дмитриевский ГС	Кашпирский ГС*	Таймылырский богхед	Барзасский сапромиксит
Диметилсульфат	2.2	24.9	–	–
Метилловые эфиры алифатических кислот C_9 – C_{22}	43.5	8.1	–	1.9
Метилловые эфиры алифатических гидрокси- и кетокислот	1.2	3.6	7.8	–
Диметилловые эфиры: щавелевой кислоты	3.0	18.1	11.6	3.5
алифатических кислот C_3 – C_{12}	45.3	39.4	79.1	48.0
Диметилловые эфиры алифатических гидрокси- и кетокислот C_4 – C_7	–	3.2	–	–
Триметилловые эфиры алифатических кислот C_3 , C_4	–	0.9	–	–
Диалкилфталаты	3.5	1.4	1.2	40.2
Окси- и оксоароматические кислоты	1.3	0.4	0.3	2.2
Метилловый эфир гидрофенантреновой кислоты	–	–	–	4.2

Примечание. Прочерк – не обнаружено.

*В продуктах озонирования кашпирского сланца кислоты нормального и разветвленного строения просуммированы.

При этом доля бензолкарбоновых кислот в продуктах сапромиксита составила примерно 50 %, что согласуется с представлениями о более ароматизированной структуре его ОВ по сравнению с чисто сапропелитовыми ТГИ [17].

Состав ВНР-продуктов исследуемых образцов ТГИ отличается значительно большим разнообразием классов органических соединений по сравнению с ВР-фракцией; среди них присутствуют как продукты окисления, так и непрореагировавшие углеводороды [14–17]. Содержание кислорода и количество карбоксильных групп у ВНР-веществ почти вдвое ниже, чем у ВР (см. табл. 2). Алифатические кислоты представлены высшими насыщенными и ненасыщенными кислотами состава C_{12} – C_{25} , с преобладанием пальмитиновой (C_{16}), стеариновой (C_{17}) и линолевой (C_{18}) кислот. Углеводородная часть ВНР-веществ состоит из длинноцепных *n*-алканов C_{20} – C_{30} , алкенов и алкилзамещенных двух-, трехкольчатых аренов. Гетероатомы О (фенолы, кетоны, эфиры) и N (карбазолы, акридины) входят в состав соединений ароматического и гидроароматического характера.

Продукты озонирования керогенов ТГИ сапропелитового типа по составу аналогичны нефтяным продуктам окисления, поэтому их можно рассматривать в качестве возможных комплексных заместителей гетерополярных флотореагентов на основе нефтяного сырья, используемых в практике обогащения минерального сырья (в том числе, ГС). При этом углеводородная составляющая продуктов озонирования в условиях флотации может играть роль собирателей, а полярная – вспенивателей.

Известно, что качество флотации во многом определяется успехом подбора флотационных реагентов и реагентных режимов флотации [21–23]. Собирательные свойства поляр-

ных реагентов обусловлены химической активностью функциональной группы, длиной углеводородного радикала, наличием в нем ненасыщенных углерод-углеродных связей, электронодонорных заместителей, а также разветвленностью углеводородной цепи [24, 25]. Наибольшей флотационной активностью обладают насыщенные карбоновые кислоты с числом атомов углерода в радикале 12–14. Слабая флотационная активность кислот с числом атомов менее 8 связана с их высокой растворимостью и невозможностью создания пленки на поверхности воды. Снижение флотационной активности реагентов с числом атомов углерода в молекуле более 16 связывают с уменьшением растворимости высших жирных кислот, снижением поверхностного давления в пленке и малой скоростью ее растекания. Наличие большого числа полярных групп в молекуле углеводорода нарушает асимметрию и ослабляет способность молекулы к ориентации в поверхностных слоях минерала. Для кислот, обладающих разветвленной структурой или двойной связью $C=C$, отмечается возрастание их собирательной способности вследствие лучшего закрепления на поверхности минерала. При этом установлено, что наличие в углеводородной цепи собирателя электронодонорных заместителей CH_3 , C_6H_5 и др. способствует его хемосорбции минеральной поверхностью с повышением ее гидрофобности [21–23]. Присутствие в жидкости соединений с сульфат-ионами (в большей или меньшей степени флотационных ядов) способствует гидрофилизации поверхности минералов; заместители SO_3H повышают растворимость реагента, что приводит к снижению его собирательных свойств [21]. В то же время сульфосодержащие кислоты характеризуются высокими пенообразующи-

ТАБЛИЦА 4

Результаты флотации кварцево-флюоритовых руд с использованием различных флотореагентов [6]

Флотореагенты	Оптимальный расход, г/т	Выход концентрата, %	Содержание, %	Извлечение, %
Олеат натрия	400	49.7	79.3	96.8
Эмульсия олеиновой кислоты	200	48.8	79.8	96.6
Омыленный петролатум	1000	47.6	80.0	96.2
Эмульсол	1000	46.2	80.6	92.3
Сапропелитовые дикарбоновые кислоты	300	54.7	71.8	96.2

ми и эмульгирующими свойствами [24]. Известно также, что использование одновременно нескольких кислот или смеси кислот с различным углеводородным скелетом увеличивает выход собираемого продукта, но селективность процесса ниже [25].

Наиболее широко в качестве оксигидрильных реагентов применяются непредельные жирные кислоты: олеиновая $C_{17}H_{33}COOH$ с одной двойной связью в углеводородной цепи, линолевая (две двойных связи) $C_{17}H_{31}COOH$ и линоленовая (три двойных связи) $C_{17}H_{29}COOH$, встречающиеся в продуктах природного происхождения, а также некоторые предельные высокомолекулярные кислоты и их производные [24, 25]. Данные кислоты имеют наибольший практический интерес для флотации несиликатных солей щелочно-земельных металлов и карбонатов черных металлов: кальцита $CaCO_3$, флюорита CaF_2 , шеелита $CaWO_4$, апатита $Ca_5(PO_4)_3(F, Cl, OH)$, барита $BaSO_4$, витерита $BaCO_3$, сидерита $FeCO_3$, родохрозита $MnCO_3$. Заменителями олеиновой кислоты в промышленности являются продукты различных производств, содержащие жирные кислоты: олеин, сульфатное мыло, талловое масло, нефтяные кислоты, синтетические жирные кислоты (СЖК), кубовые остатки синтетических жирных спиртов (КОС), окисленные углеводороды, отходы масложировых и других химических производств [25]. Будучи анионными собирателями-вспенивателями, алкилсульфаты, алкилсульфонаты, сульфокрбиновые кислоты и их соли широко используются при флотации несulfидных минералов, в особенности при отделении барита от кальцита и других минералов. Как более слабые по сравнению с жирными кислотами, но более селективные собиратели, сульфосодержащие реагенты часто используют совместно с жирнокислотными. В таком виде они находят применение в качестве эмульгаторов углеводородов и жирных кислот [24, 25].

Продукты окисления иркутских сапропелитовых углей (концентраты дикарбоновых кислот, органические экстракты продуктов окисления) испытывались в качестве флотореагентов при флотации углей и кварцево-флюоритовых руд (табл. 4) [6]. В отличие от традиционных флотореагентов, продукты

окисления сапропелитов показали сопоставимую или более высокую (эмульсол) коллектирующую способность при меньших расходах реагента. Эфирный экстракт рекомендован в качестве заменителя олеиновой кислоты при флотации плюмбоярозита. Ацетоновый экстракт более активен при флотации каменного угля. Метил-этилкетонный экстракт по вспенивающим свойствам близок к сосновому маслу и проявляет высокие коллекторские способности по отношению к углю и окисленным флюоритовым рудам [6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из представлений о собирательной способности оксигидрильных реагентов [21–25], а также из состава продуктов, полученных при озонировании ТГИ сапропелитового типа [14–17], следует, что собственно сапропелитовые угли и несернистые сланцы, имеющие более регулярное строение ОВ и дающие продукты окисления относительно однородного состава, можно рассматривать в качестве сырья для получения оксигидрильных реагентов в процессах флотационного обогащения руд цветных и черных металлов. Присутствие в составе продуктов озонирования барзасского сапромиксита наряду с алифатическими кислотами соединений гидроароматического (нафтеноароматических кислот) и гетероциклического характера также, возможно, будет способствовать проявлению у них собирательных свойств при флотации как окисленных металлических руд, так и горючих ископаемых. Сернистый кашпирский сланец, химическая и энергетическая переработки которого в настоящее время осуществляются в промышленных масштабах, по-видимому, также пригоден для получения оксигидрильных флотореагентов. Последние отличаются высоким содержанием сульфат-ионов и потому могут использоваться в качестве собирателей несulfидных минералов и эмульгаторов [23, 25].

Учитывая компактное расположение на территории Кемеровской области двух месторождений сапропелитового типа (дмитриевского горючего сланца и барзасского сапромиксита угля), развитую транспортную инфраструктуру Кузнецкого бассейна и наличие

угледобывающих и обогащительных предприятий, можно сделать вывод о высокой перспективности промышленной разработки этих месторождений, в том числе для получения химических продуктов и флотореагентов [6, 26].

Работа выполнена при частичном финансировании РФФИ (проект № 16-45-420524 “Научное обоснование концепции комплексного освоения месторождений высокозольных твердых горючих ископаемых на принципах кластерного подхода (на примере месторождений сапропелитовых углей и горючих сланцев Кузбасса)”).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Браکش Н. А. Сапропелевые отложения и пути их использования. Рига: Зинатне, 1971. 187 с.
- 2 Термическая переработка сланца-кукерсита / Под ред. М. Я. Губергрица. Таллин: Валгус, 1966. 356 с.
- 3 Егорьков А. Н. // Химия тв. топлива. 1983. № 3. С. 66.
- 4 Платонов В. В., Проскуряков В. А., Новикова И. Л., Шавырина О. А., Глыбина А. В. // Журн. прикл. химии. 2001. Т. 74, Вып. 8. С. 1348.
- 5 Верходанова Н. Н., Тутурина В. В. // Химия тв. топлива. 1971. № 1. С. 17.
- 6 Шишков В. Ф., Тутурина В. В. Окисление сапропелитов. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1985. 216 с.
- 7 Патраков Ю. Ф., Федяева О. Н. // Химия тв. топлива. 2004. № 3. С. 13.
- 8 Патраков Ю. Ф., Павлуша Е. С., Федорова Н. И., Стрижакова Ю. А. // Химия тв. топлива. 2008. № 1. С. 14.
- 9 Патраков Ю. Ф., Семенова С. А., Федорова Н. И., Иванов Д. П. // Химия тв. топлива. 2010. № 6. С. 51.
- 10 Лapidус А. Л., Стрижакова Ю. А. // Вестн. РАН. 2004. Т. 74, № 9. С. 823.
- 11 Справочник сланцепереработчика / под ред. Рудина М. Г., Серебрянникова Н. Д. Л.: Химия, 1988. 256 с.
- 12 Коржов Ю. В., Головки А. К., Патраков Ю. Ф. // Геохимия. 1995. № 7. С. 1030.
- 13 Горлов Е. Г. // Химия тв. топлива. 2007. № 5. С. 41.
- 14 Семенова С. А., Патраков Ю. Ф. // Химия уст. развития. 2010. Т. 18, № 2. С. 159.
- 15 Семенова С. А., Патраков Ю. Ф. // Химия тв. топлива. 2009. № 5. С. 3.
- 16 Семенова С. А., Патраков Ю. Ф., Батина М. В. // Химия тв. топлива. 2009. № 1. С. 8.
- 17 Семенова С. А., Патраков Ю. Ф. // Химия тв. топлива. 2009. № 2. С. 22.
- 18 Преч Э. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных. М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 438 с.
- 19 Разумовский С. Д., Заиков Г. Е. Озон и его реакции с органическими соединениями. М.: Наука, 1974. 322 с.
- 20 Бушнев Д. А., Бурдельная Н. С. // Геохимия. 2008. № 10. С. 1037.
- 21 Кондратьев С. А. // Физ.-техн. проблемы разработки полезных ископаемых. 2012. № 6. С. 116.
- 22 Кондратьев С. А. // Физ.-техн. проблемы разработки полезных ископаемых. 2009. № 2. С. 85.
- 23 Абрамов А. А. // Физ.-техн. проблемы разработки полезных ископаемых. 2011. № 1. С. 90.
- 24 Абрамов А. А. Собрание сочинений: Т. 7: Флотация. Реагенты-собиратели. - М.: Горная книга, 2012. 656 с.
- 25 Хан Г. А., Габриелова Л. И., Власова Н. С. Флотационные реагенты и их применение. М.: Недра, 1986. 271 с.
- 26 Патраков Ю. Ф. // Химия уст. разв. 2005. Т. 13, № 4. С. 581.