

[Р. КОХ], В. АХЕЛИК, Р. ВЕСКИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СЫРЬЕВЫХ КАЧЕСТВ БОЛГАРСКОГО ГОРЮЧЕГО СЛАНЦА МЕСТОРОЖДЕНИЯ КРАСАВА

2. ОБОГАЩЕНИЕ

(Представил О. Киррет)

В принципе любые горючие сланцы поддаются обогащению, хотя и в разной степени. Эффективность обогащения горючих сланцев, равно как и других горных пород, зависит от их минералогической и гранулометрической характеристик. Чем тоньше частицы органического вещества (ОВ) и поверхностно с ними связанных минералов пустой породы, тем труднее обогатим сланец. Для получения ОВ-концентратов из сланцев в лабораторных условиях разработаны различные методы их обогащения [1-3]. Однако в промышленных условиях они не всегда применимы либо из-за экономической нецелесообразности, либо из-за технических трудностей. Среди горючих сланцев наиболее легко поддается обогащению сланец-кукерсит. С 1963 г. на сланцеперерабатывающем заводе «Сланцы» (Ленинградская обл.) на опытно-промышленной флотационной установке получают ОВ-концентрат «Кероген-70» с содержанием 70% ОВ [4, 5]. Более глубокое флотационное обогащение с получением ОВ-концентрата «Кероген-90» из того же кукерситного сланца производилось в 1964—1976 гг. на Опытно-технической базе АН ЭССР по технологии сектора обогатительных процессов Института химии АН ЭССР [6] на уровне 75 кг/ч по исходному сланцу.

Сравнительно большой опыт по обогащению горючих сланцев накоплен НИ Институте сланцев в городе Кохтла-Ярве. Здесь экспериментально установлена трудность обогащения горючих сланцев (кроме кукерсита). С применением различных методов обогащения и оптимальных условий здесь также обогащались карпатские менилитовые и белорусские сланцы. В случае первых получали ОВ-концентраты с содержанием 38—57% ОВ при выходе 4—9%, в случае вторых — ОВ-концентраты с содержанием 47,0 и 61,4% ОВ также при низком выходе — 6,8 и 5,0% соответственно [7]. Красаваский сланец оказался также труднообогатимым [7]. Были предприняты детальные исследования [8] вещественного состава красаваского сланца, процессов его измельчения и обогащения.

Измельчение сланца. Структурные элементы красаваского сланца представлены частицами крупностью от нескольких до десятков микрометров. ОВ в сланце рассеяно более или менее равномерно по породе, хотя встречаются и отдельные неоднородности, даже прослойки с различным содержанием и составом в них ОВ [8].

Доставленный из Болгарии для проведения исследования красаваский сланец крупностью до 300 мм дробился на агрегате СМ-165А (соче-

Таблица 1

Гранулометрический состав горючего сланца месторождения Красава после дробления и дальнейшего размола продуктов дробления, %

Класс крупности, мм		Дробильный агрегат СМ-165А	Роторная мельница МАП-2	Вибро- мель- ница	Шаровая мельница					Центробежно- отражательная мельница ЦОМ-4		
					время измельчения, мин					кратность про- пускания		
					60	20	40	80	160	1	2	3
					IV					V		
		I	II	III								
-3,0	+2,5	20,3	0	0	0	0	0	0	0	3,5	0	0
-2,5	+1,25	41,0	0	0	14,5	0	0	0	0	22,1	10,3	3,4
-1,25	+0,63	21,0	0	0	26,3	9,7	0	0	0	26,3	25,4	17,2
-0,63	+0,40	6,4	0	0	15,4	14,4	0	0	0	11,6	13,7	17,5
-0,40	+0,20	6,2	1,4	1,1	20,2	27,7	4,7	0	0	17,3	21,2	22,6
-0,20	+0,10	2,4	9,5	13,2	9,4	16,5	24,5	2,6	2,6	6,2	8,3	13,5
-0,10	+0,071	0,9	6,6	11,0	3,5	6,6	16,1	4,8	4,8	3,1	6,8	4,7
-0,071	+0,045	0,9	11,0	11,9	1,6	4,1	9,7	11,2	11,2	2,4	3,0	3,5
-0,045	+0	0,9	71,5	62,8	9,1	21,0	45,0	81,4	81,4	7,5	11,3	17,6
-5,0	+0											
Итого ...		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Примечание. Вид измельчения: I—III, V — сухое, IV — мокрое (40% горючего сланца в суспензии).

Характеристика мельниц: 1. Роторная мельница МАП-2 предусмотрена для измельчения проб каменного угля и подобных ему материалов. Диаметр ротора (по молоткам) — 208 мм, скорость вращения ротора — 750 об/мин, мощность электромотора — 2,2 кВт, производительность — 4,5—7,5 кг/ч. 2. Полупромышленная вибромельница: объем корпуса — 200 л, частота колебаний — 1500 в минуту, мощность электродвигателя — 14 кВт, производительность при периодическом помоле (кварцевый песок) — 150 кг/ч, вес загрузки мелющихся тел — 740 кг, вес загрузки измельчаемого материала — 30 кг. 3. Шаровая мельница — стальная, лабораторная: диаметр — 160 мм, объем — 2,4 л, скорость вращения мельницы — 80 об/мин, мощность электродвигателя — 80 Вт, вес шаров — 3,2 кг, диаметр шаров — 25 мм, вес загрузки измельчаемого материала — 0,4 кг. 4. Центробежно-отражательная мельница ЦОМ-4: диаметр ротора — 400 мм, скорость вращения ротора — 4500 об/мин, число разгонных каналов в диске ротора — 4 шт., число отражательных пластин — 16 шт., материал пластин — сталь, мощность электродвигателя — 3 кВт, производительность — 700 кг/ч.

тание щековой и валковой дробилок с грохотом) до крупности — 3 мм. Последний служил исходным веществом для исследования его измельчаемости в четырех типах мельниц: роторной МАП-2, вибрационной, шаровой и центробежно-отражательной (конструкции сектора обогащения процессов Института химии АН ЭССР [9]). Полученные результаты показали, что с точки зрения последующего обогащения наиболее пригодны роторная и вибромельницы: выход продукта — 0,045 мм в первой составляет 71,5 и во второй — 62,8% (табл. 1). В какой-то мере не уступает им и шаровая мельница — в ней также получается 81,4% продукта — 0,045 мм, но лишь после 160-минутного измельчения. Однако столь длительное измельчение неприемлемо на практике. Для помола красаваского сланца можно считать пригодными все агрегаты, работающие по принципу истирания материала. Совершенствование такого измельчения остается проблемой по сей день.

В ходе разработки технологии обогащения красаваского горючего сланца выяснилось, что его механическую обработку следует дополнить химической в целях более полного извлечения ОВ в концентрат.

Декарбонатизация горючего сланца. Измельченный до крупности

Таблица 2

Технологические показатели флотационного обогащения декарбонатизированного красаваского сланца (А) и того же сланца с дополнительным измельчением отходов обогащения в виброистирателе (Б), %

Продукт	А			Б		
	Выход	Содержание ОВ	Извлечение ОВ	Выход	Содержание ОВ	Извлечение ОВ
Концентрат	45,3	52,0	48,9	53,2	61,5	60,1
Промпродукт	18,6	43,8	16,9	24,7	57,9	26,2
Отход	36,1	45,7	34,2	22,1	33,8	13,7
Исходный материал	100,0	48,2	100,0	100,0	54,5	100,0

Условия флотации. Содержание твердого в пульпе — 13,7 (А) и 6,6% (Б); расход керосина — 0,712 (А) и 1,424 кг/т (Б); расход скипидара — 1,490 (А) и 4,470 кг/т (Б); продолжительность флотации — 7 мин.

—0,40 мм красаваский сланец обрабатывали разбавленной азотной кислотой в реакторе с рамной мешалкой при температуре 50°C в течение 1,5—2 ч при соотношении сланец: $\text{HNO}_3 = 1 : 3,5$. По окончании реакции суспензию прореагировавшей массы разделяли и промывали на нутч-филт্রে. Фильтрат и промывные воды выпаривали в вакуумном аппарате с рамной мешалкой, куда под конец выпаривания подавали острый пар для более полного удаления из раствора нитратов свободной HNO_3 . Соли выпускали из аппарата горячими. Регенерированная HNO_3 возвращалась в процесс. Получаемые нитраты (в основном, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) могут быть использованы в качестве удобрения, а также ингредиента тяжелой жидкости при обогащении сланца (см. ниже).

Флотационное обогащение. Исходным сырьем служил измельченный в вибромельнице материал с содержанием 40,9% ОВ. В качестве собирателя-пенообразователя использовали керосин и скипидар. Содержание ОВ в концентрате I перечистки составило 52% (коэффициент обогащения $K=1,3$) при 17%-ном извлечении ОВ в продукт, содержание же ОВ в объединенном промпродукте, состоявшем из отхода основной флотации и первого промпродукта, равнялось 24,0% при 18,7%-ном извлечении ОВ в продукт. Низкие показатели были обусловлены недостаточным раскрытием сростков обогащаемого материала. Поэтому мы прибегли к декарбонатизации измельченного материала слабой азотной кислотой. Благодаря химической обработке ОВ сланца еще более обнажилось, а его концентрация в сланце повысилась до 48,2%. Но и эта операция не обеспечила существенного повышения технологических показателей обогащения сланца (табл. 2, А). Только дополнительное измельчение материала отходов в виброистирателе «Механобра-75 БДР» позволило повысить содержание ОВ во флотоконцентрате до 61,5% при 60,1%-ном извлечении ОВ в концентрат (табл. 2, Б).

На основании выявившихся закономерностей была разработана технологическая схема флотационного обогащения красаваского горючего сланца, позволившая получать после II перечистки ОВ-концентрат с содержанием 62,8% ОВ при 80,1%-ном его извлечении (рис. 1).

Центрифугирование сланца в тяжелой жидкости. В лабораторных опытах по обогащению в тяжелых жидкостях использовали хлороформ ($d=1,5 \text{ т/м}^3$) и смесь его с бромформом ($d=1,7 \text{ т/м}^3$), а в качестве аппарата — центрифугу фирмы «Janetski T-23» (ГДР) со скоростью вращения ротора 7000 об/мин и полем центробежных сил 7100 g. Про-

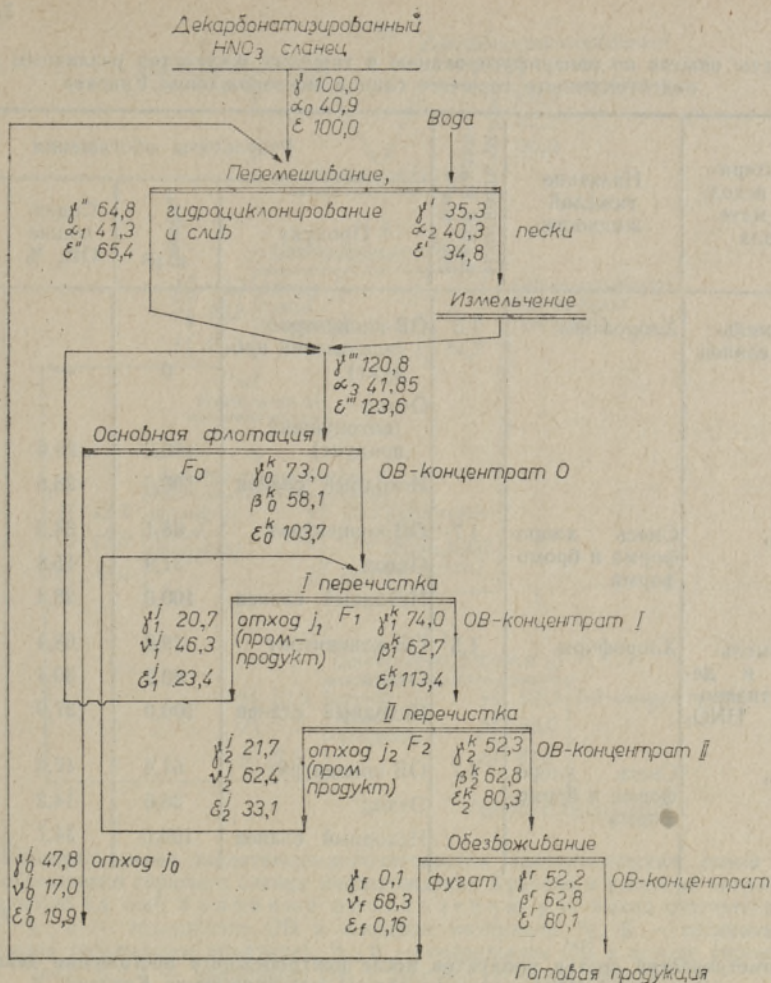


Рис. 1. Принципиальная качественно-количественная технологическая схема флотационного обогащения горючего сланца месторождения Красава на укрупненной флотационной установке. Условные обозначения: α — содержание ОВ в исходном материале, %; β — содержание ОВ в концентрате, %; γ — содержание ОВ в отходе (промпродукте), %; ϵ — извлечение ОВ в продукт, %.

должительность центрифугирования составляла 60 мин. Более приемлемые результаты были получены при обогащении тонкоизмельченного и декарбонатизированного сланцев при плотности жидкости $1,5 \text{ т/м}^3$ (табл. 3). Позднее токсичные хлороформ и бромформ были заменены раствором нитрата кальция.

Экспериментально была установлена нецелесообразность предварительного гидроциклонирования обогащаемой пульпы. Оптимальная плотность нитратного раствора для разделения материала центрифугированием была найдена равной $1,4\text{--}1,5 \text{ т/м}^3$. В одном из режимов центрифугирования декарбонатизированного сланца получали концентрат с 65%-ным содержанием ОВ при таком же примерно извлечении ОВ. Аналогичные результаты были получены и на укрупненной опытной установке (рис. 2). Обогащение проводили в центрифуге НОГШ-325 при плотности жидкости $1,42 \text{ т/м}^3$. Перед обогащением декарбонатизированный сланец ($\alpha=44,2\%$ ОВ) с целью гомогенизации пульпы перемешивали в течение 10 мин с раствором $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Производили трехкратное

Таблица 3

Результаты опытов по центрифугированию в тяжелых жидкостях различным способом подготовленного горючего сланца месторождения Красава

Характеристика исходного материала	Название тяжелой жидкости	Плотность тяжелой жидкости, т/м^3	Результаты обогащения			
			Продукт	Выход, %	Содержание ОВ, %	Извлечение ОВ, %
Тонкоизмельченный сланец	Хлороформ	1,5	ОВ-концентрат (всплывший продукт)	0	—	—
			Отход (потонувший продукт)	100,0	28,6	100,0
			Исходный сланец	100,0	28,6	100,0
„	Смесь хлороформа и бромформа	1,7	ОВ-концентрат	68,1	34,3	82,3
			Отход	31,9	15,8	17,7
			Исходный сланец	100,0	28,4	100,0
Тонкоизмельченный и декарбонатизированный HNO_3 сланец	Хлороформ	1,5	ОВ-концентрат	19,8	68,4	35,9
			Отход	80,2	30,4	64,1
			Исходный сланец	100,0	37,9	100,0
„	Смесь хлороформа и бромформа	1,7	ОВ-концентрат	61,4	47,6	84,2
			Отход	38,6	14,2	15,8
			Исходный сланец	100,0	34,7	100,0

Таблица 4

Гранулометрический состав продуктов после центробежного обогащения декарбонатизированного HNO_3 горючего сланца месторождения Красава, %

Класс крупности, мм		Исходный декарбонатизированный сланец	I центрифугирование (основное)		II центрифугирование (перечистное)	
			ОВ-концентрат	отход	ОВ-концентрат	отход
-0,4	+0,2	0,9	0,2	0,7	0,2	2,5
-0,2	+0,1	8,5	3,3	12,2	2,6	13,6
-0,1	+0,063	12,2	5,8	16,5	4,8	18,5
-0,063	+0,045	7,1	2,4	5,5	1,7	5,3
-0,045	+0	71,3	88,3	65,1	90,7	60,1
Итого:		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

центрифугирование. Конечный ОВ-концентрат получался фильтрованием всплывшего продукта на друк-фильтре при давлении 3 ат, промыванием его на фильтре водой и сушкой в термостате при 50—70°.

При сравнении гранулометрического состава измельченного в вибромельнице исходного сланца с измельченным и потом декарбонатизированным HNO_3 обнаруживается, что тонина исходного сланцевого мате-

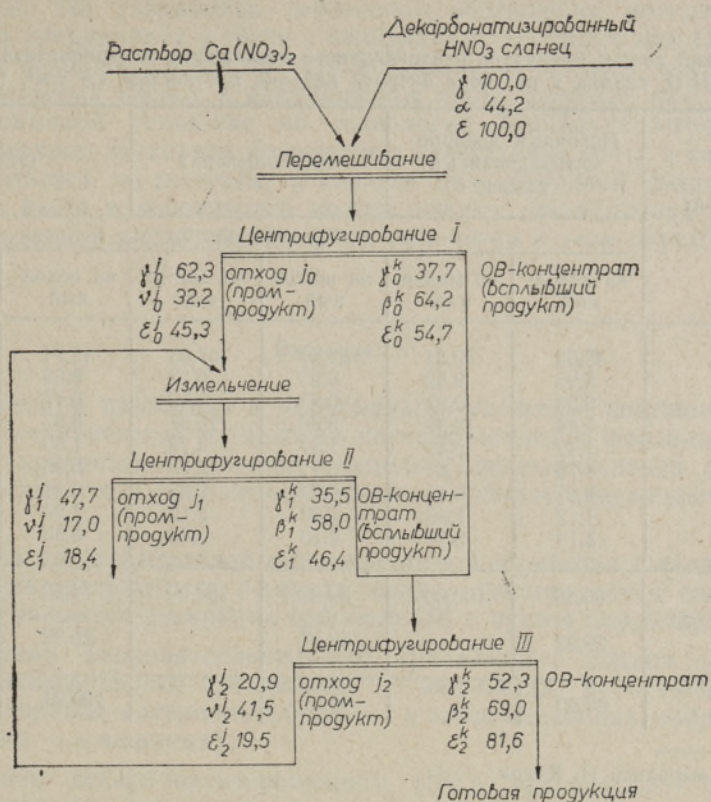


Рис. 2. Принципиальная качественно-количественная технологическая схема центробежного обогащения горючего сланца месторождения Красава в растворе нитрата кальция плотностью 1,4 т/м³. Условные обозначения: γ — выход соответствующего продукта, %; α — содержание ОВ в исходном материале, %; β — содержание ОВ в концентрате (всплывшем продукте), %; θ — содержание ОВ в отходе (промпродукте), %; ϵ — извлечение ОВ в соответствующий продукт, %.

риала резко увеличивается после воздействия на него азотной кислотой — выход класса крупности — 0,045 мм повышается более чем на 20% — с 47,9 до 71,3%. (Гранулометрический состав декарбонатизированного сланца см. в табл. 4.) ОВ-концентрат (всплывший продукт), полученный центрифужным методом обогащения декарбонатизированного сланца, содержал 88,3% материала класса крупности — 0,045 мм. После повторного центрифугирования (I перечистка) его содержание возросло до 90,7%. В отходе (потонувшем продукте) первого центрифугирования частиц крупностью — 0,045 мм стало 65,1% и в отходе второго — 60,1% (табл. 4). Следовательно, более крупные частицы, представляющие собой сростки минерального вещества с ОВ, преобладают в отходе. Поэтому последний был подвергнут повторному измельчению в течение 60 мин в вибромельнице. Образовавшийся при его центрифугировании в тяжелой жидкости плотностью 1,49 т/м³ концентрат был объединен с концентратом первого центрифугирования и вновь подвергнут центрифугированию в тяжелой жидкости плотностью 1,38 т/м³. Общие результаты этого опыта: концентрат содержал 69% ОВ при его 81,6%-ном извлечении, а отход — 17,0% ОВ при 18,4%-ном извлечении ОВ в продукт (рис. 2).

Характеристика продуктов обогащения сланца. Итак, при обогащении красаваского сланца по разработанной нами технологии получают ОВ-концентрат и отход. Карбонаты в них отсутствуют. Побочным про-

Таблица 5

Химический состав продуктов центрифужного обогащения декарбонизированного HNO_3 сланца в растворе нитрата кальция плотностью $1,5 \text{ т/м}^3$, % *

Компонент сланца	Исходный декарбо- натизированный сланец		ОВ-концентрат		Отход	
	Содержание, %					
	на исход- ный	на минер. в-во	на исход- ный	на минер. в-во	на исход- ный	на минер. в-во
SiO ₂	35,69	59,31	24,87	67,53	43,74	58,69
SO ₃	5,93	9,82	0,27	0,73	8,09	10,86
TiO ₂	0,50	0,83	0,55	1,49	0,47	0,63
Al ₂ O ₃	7,44	12,32	5,66	15,37	8,97	12,04
Fe ₂ O ₃	1,49	2,47	1,37	3,72	1,59	2,13
CaO	4,75	7,67	0,77	2,09	6,35	8,52
MgO	0,27	0,45	0,24	0,65	0,23	0,31
K ₂ O	1,12	1,85	1,00	2,72	1,23	1,65
Na ₂ O	3,19	5,28	2,10	5,70	3,85	5,17
Органическое вещество	60,38	100,00	36,83	100,00	74,52	100,00
	39,22		63,04		25,52	
Всего	99,60		99,87		100,04	

* Анализ выполнен П. Кохом.

дуктом обогащения от процесса декарбонизации сланца HNO_3 является нитрат кальция, вновь частично вовлекаемый в процесс для приготовления тяжелой жидкости. Остальная часть его вместе с целой гаммой содержащихся в нем микроэлементов может быть использована в качестве удобрения.

В отходе обогащения содержится еще 17,0% ОВ, которое может быть утилизировано как топливо. При декарбонизации HNO_3 содержание ОВ в сланце повышается в нашем случае до 44,2%, азота — до 3,9%. В ОВ-концентрате содержание последнего составляет 4,2%, в отходе — 3,2%. Вместе с азотом в состав ОВ сланца вводили и кислород, который в ходе обогащения концентрируется в ОВ отхода. Элементный состав ОВ-концентрата, %: Сг 65,3; Нг 8,1; Ng 4,2 и Og 22,4 (по разности), атомное отношение Н/С 1,49.

Несмотря на значительное содержание ОВ в отходе обогащения, его теплотворная способность все же гораздо ниже ($Q_v = 6,93 \text{ МДж/кг}$), чем у исходного сланца ($Q_v = 10,74 \text{ МДж/кг}$). Теплотворная способность декарбонизированного сланца равна 12,78, ОВ-концентрата — 23,73 МДж/кг.

Из химической характеристики продуктов обогащения сланца (табл. 5) явствует, что минеральная часть ОВ-концентрата содержит, в отличие от минеральной части исходного материала и отхода обогащения, больше SiO_2 на 8—8,5%, TiO_2 на 0,7—0,9%, Al_2O_3 на 3%, Fe_2O_3 на 1,2—1,6%, MgO на 0,2—0,3%, K_2O на 0,9—1,1%, Na_2O на 0,4—0,5%. Но содержание SO_3 и CaO в ней ниже, чем в исходном сланце и отходе, — на 9—10 и 5,5—6,5% соответственно. Это говорит, судя по данным [10], что в ОВ-концентрате остается относительно много анальцима, мусковита, гидромусковита, кварца, биотита (?). В отходе сосредоточен почти весь новообразованный за счет окисления пирита гипс.

Напомним, что разработка технологии обогащения красаваского сланца была предпринята в связи с необходимостью получения ОВ-концентрата — исходного вещества для изготовления из него алифатических дикарбоновых кислот и стимуляторов роста растений окислением HNO_3 на опытной установке по технологии Института химии АН ЭССР [1]. Поэтому несколько повышенное содержание азота в концентрате ОВ является не минусом, а плюсом разработанной технологии. Содержание азота в концентрате можно снизить, обрабатывая сланец более разбавленной кислотой. Но время обработки в этом случае удлиняется.

Выводы

1. Разработана и проверена в укрупненном масштабе комбинированная химико-механическая технология центрифужного и флотационного обогащения красаваского горючего сланца с предварительной азотно-кислотной обработкой тонкоизмельченного карбонатсодержащего продукта.
2. Благодаря предварительной азотнокислотной обработке тонкодисперсного карбонатсодержащего горючего сланца увеличивается содержание ОВ и улучшается раскрытие сростков ОВ с пустой породой.
3. Измельчение карбонатсодержащего красаваского сланца (и ему подобных) целесообразно производить в мельницах, работающих по принципу истирания материала (лучше — в вибромельницах, виброистирателях, хуже — в шаровых).
4. Обогащение декарбонатизированного HNO_3 красаваского сланца можно производить либо центрифугированием его в водном растворе нитрата кальция плотностью $1,4 \text{ т/м}^3$ (ОВ-концентрат трехкратного центрифугирования содержит 69% ОВ при его 81,6%-ном извлечении), либо флотацией (ОВ-концентрат II перечистки содержит ~63% ОВ при его ~80%-ном извлечении).

ЛИТЕРАТУРА

1. Робинсон В. Е. Методы выделения керогена и связанного растворимого органического вещества. — В кн.: Органическая геохимия. Л., 1974, 153—167.
2. Сексби Дж. Химические методы выделения керогенов горючих сланцев и их характеристика. — В кн.: Горючие сланцы. Л., 1980, 103—123.
3. Durand, B., Nicaise, G. Procedures for kerogen isolation. — In: Kerogen. Insoluble Organic Matter from Sedimentary Rocks. Paris, 1980, 35—53.
4. Белянин Ю. И., Каминский В. С., Проскуряков В. А. Получение малозольного керогена из горючих сланцев. — В кн.: Разработка и использование запасов горючих сланцев. Таллин, 1970, 150—155.
5. Клименко В. Л., Непомнящий В. М., Шпильфогель П. В. Техничко-экономическое обоснование и перспективы использования флотоконцентрата в народном хозяйстве. — В кн.: Всесоюзное научно-техническое совещание по обогащению горючих сланцев. М., 1973, 42—45.
6. Кох Р. П., Киррет О. Г., Оамер П. Э., Ахелик В. Р., Кыртс А. В. Исследование процесса флотации горючего сланца-кукерсита. — В кн.: Всесоюзное научно-техническое совещание по обогащению горючих сланцев. М., 1973, 115—122.
7. Иоонас Р. Э., Фадеев Р. Е., Клементьева Г. И. Исследование обогатимости горючих сланцев некоторых месторождений. — В кн.: Геохимия горючих сланцев. Таллин, 1978, 46—48.
8. Вески Р., Фомина А., Кох Р. П., Таал Х., Кох Р. Р., Эльбрехт В., Реало Э. Исследование химических сырьевых качеств болгарского горючего сланца месторождения Красава. 1. Общая характеристика сланца и битумоидов. — Изв. АН ЭССР. Хим., 1984, 33, № 3, 155—161.
9. Китсник А. А., Кох Р. П., Ахелик В. Р. Центробежно-отражательная мельница. Авт. свид. СССР № 457484. — Бюл. изобр., 1975, № 3, 13.

10. Константинова В., Гноевая Н., Чунева В., Йорданова А., Попова К. Битуминозные скалы при с. Красава, Брезнишко. — Нефтенa и въглищна геология, 1976, № 5, 33—47.
11. Фомина А. С., Вески Р. Э., Мянник А. О. Химическая переработка сланца-кукерсита на диметиловые эфиры дикарбоновых кислот и сланцевое ростовое вещество. Таллин, 1984.

Институт химии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
29/VI 1984

R. KOCH , V. AHELIK, R. VESKI

BULGAARIA KRASAVA LEIUKOHA PÕLEVKIVI KEEMILISTE OMADUSTE UURIMINE

2. Rikastamine

Artiklis on esitatud Krasava leiukoha põlevkivi rikastamiseks ettevalmistamise metoodika ja rikastatavuse uurimise tulemusi. Rikastamiseks ettevalmistamisel kasutati põlevkivi peenestamiseks nelja tüüpi veskeid. Põlevkivi orgaanilise ja mineraalne täielikumaks lahutamiseks töödeldi peenestatud põlevkivi lahjendatud lämmastikhappega. Ainult selline materjali kombineeritud ettevalmistamine võimaldab senisest täielikumat rikastamist. Artiklis on antud ka orgaanilise aine kontsentradi ja rikastusjäägi iseloomustus.

R. KOCH , V. AHELIK, R. VESKI

INVESTIGATION OF CHEMICAL PROPERTIES OF KRASAVA OIL SHALE (BULGARIA)

2. Beneficiation

The authors consider the possibilities of beneficiating Krasava oil shale (Bulgaria) and discuss its treatment prior to beneficiation. Four types of mills were used to grind the oil shale. In order to separate the organic and mineral matter, the oil shale was treated with diluted nitric acid. Solely by such a pretreatment of the material was it possible to achieve a complete and successful beneficiation.

In the article the characteristics of the concentrates of organic matter and residues are also presented.