

<https://doi.org/10.3176/oil.1991.2.02>

УДК 552.578.3 : 665.452

В. А. КАТТАЙ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ ОСНОВНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СССР

V. KATTAI

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE QUALITY AND TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF OIL SHALE FROM THE LARGEST DEPOSITS IN THE U.S.S.R. EUROPEAN PART

В статьях [1, 2] охарактеризованы изученность, ресурсы, горно-геологические условия залегания и вещественный состав горючих сланцев (ГС) девяти наиболее представительных и промышленно-значимых месторождений (МГС) и проявлений сланцев. В публикуемой статье, которая продолжает указанные работы, перспективы использования этих ГС оцениваются исходя из их показателей качества и технологических свойств.

В первой части табл. 1, куда сведены все рассматриваемые данные, ГС охарактеризованы по пластам, которые, по данным геолого-разведочных работ, представляют собой самостоятельные залежи.

Видно, что удельная теплота сгорания по калориметрической бомбе Q_s^d у сланцев различных месторождений широко варьирует и определяется в основном содержанием в них органического вещества (ОВ). Так, дикинемовые, менилитовые и припятские ГС, а также кукурситы Тапаского месторождения бедны ОВ — в пересчете на условную органическую массу (УОМ) 15—20 %, тогда как наиболее богатые ОВ волжские ГС и кукурситы Эстонского месторождения имеют содержание УОМ 40—50 %. Соответственно, у «бедных» ГС Q_s^d низка — 5—8 МДж/кг, а у «богатых» доходит до 15 МДж/кг (рис. 1А).

Следует отметить, что при одинаковом содержании УОМ у кукурситов Q_s^d примерно на 2 МДж/кг выше, чем, например, у болтышских и волжских ГС, что, по всей вероятности, обусловлено особенностями их ОВ и минерального вещества (МВ).

Более существенно рассматриваемые ГС различаются по выходу смолы в реторте Фишера T_{SK}^d (рис. 1Б). Наибольший выход (> 15 %) дают кукурситы Эстонского месторождения, а также ГС лучших пластов Рубежинского (Д-1-2), Перелюбского (I, IV) и Айювинского (II) МГС Волжско-Печорской провинции. Преобладает же средний выход смолы (10—15 %), и лишь у дикинемовых и менилитовых сланцев он весьма низок (T_{SK}^d 3—5 %).

Выход смолы определяют два фактора — содержание в сланце ОВ и его смолоотдача T^o , или выход смолы на ОВ. Наряду с составом исходного биопродукта, характером и степенью его диа- и катагенетического преобразования, которые определяют элементный состав ОВ, на T^o , видимо, существенным образом сказываются состав минеральной матрицы, характер взаимосвязи между ОВ и МВ и, возможно, степень литификации породы в целом. Для рассматриваемых ГС

Таблица 1. Показатели качества горючих сланцев, %
Table 1. Quality and technological characteristics of oil shale from the nine largest deposits, %

Месторождение ГС и индекс пластов	По данным геологоразведки					Товарный сланец						
	A^d	$(CO_2)_M^d$	UOM	Q_{80}^{d**}	T_{SK}^d	S_f^d	W_e	W_f	Q_f	T_{SK}^f	S_f	Σ^{**}
Кукерситы Эстонское:												
Промышленный район:												
А—F	48,0	20,0	32,0	11,7	21,1	1,8	7	12	9,0	21,1	1,8	0,31
Концентрат обогащения (технологический товарный сланец)												
Перспективный район:												
А—F	51,0	23,0	26,0	9,6	17,2	1,7	6	12	7,2	17,2	1,7	0,25
Концентрат обогащения + мелочь												
Талаское:												
III	52,0	28,5	19,5	6,8	11,5	1,4	5	12	5,0	11,5	1,4	0,17
Концентрат обогащения + мелочь												
Диктинемовые сланцы												
Западно-Эстонское	83,0	1,0	16,0	5,8	4,0	3,2	4	14	8,7	20,5	1,4	0,30
Припятские ГС												
Туровское; «Тур»	75,0	8,7	16,3	5,4	7,7	2,6	11	11	4,1	7,7	2,6	0,14
Волтышские ГС												
Болтышское:												
А	67,3	0,3	32,4	9,6	12,2	1,5	33	33	5,1	12,2	1,5	0,17
Б	64,3	0,9	34,8	10,8	14,2	1,5	33	33	5,9	14,2	1,5	0,20
В ₁	62,6	4,0	33,4	11,5	15,3	2,1	33	31	6,2	15,3	2,1	0,21
В ₂	62,0	3,3	34,7	11,7	15,7	1,8	33	33	6,4	15,7	1,8	0,22
Г	68,5	6,8	24,7	9,0	11,4	1,4	33	33	4,7	11,4	1,4	0,18
III	68,6	2,7	28,7	9,0	11,3	1,3	33	33	4,7	11,3	1,3	0,18
Волжские ГС												
Рубежинское; Д-1-2	44,0	9,0	47,0	15,9	19,7	7,4	40,6	40	7,9	19,7	7,4	0,27
Перелюбское:												
I	43,8	11,4	42,8	14,1	18,4	5,8	35	35	7,7	18,4	5,8	0,26
II	63,0	7,8	29,2	9,5	11,8	3,1	28	28	5,6	11,8	3,1	0,19
III	55,9	8,2	35,9	12,0	14,7	3,4	28	29	7,3	14,7	3,4	0,25
IV'	57,6	6,7	35,7	11,7	14,4	3,7	29	29	6,9	14,4	3,7	0,24
IV''	46,5	6,7	46,8	14,9	19,2	3,7	35	35	7,8	19,2	3,7	0,27
Айювское:												
II	46,0	11,0	43,0	15,0	16,9	4,9	35	35	8,3	16,9	4,9	0,28
IV	55,1	13,3	31,6	10,2	10,4	4,3	25	25	6,6	10,4	4,3	0,23
Менилитовые сланцы												
Верхне-Синеидное	84,0	1,0	15,0	5,0	3,0	3,0	4	4	4,2	3,0	3,0	0,14

* МДж/кг.

** Σ — эквивалент условного топлива.

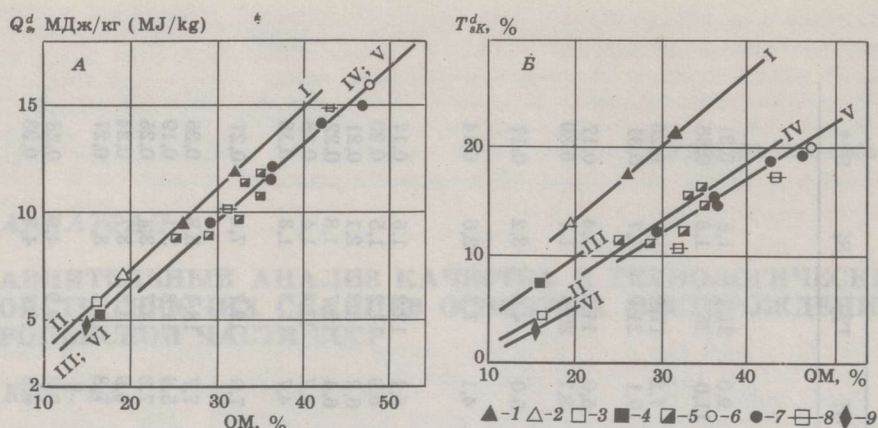


Рис. 1. Зависимость между удельной теплотой сгорания по бомбе Q_s^d и содержанием условной органической массы (ОМ) (А) и между выходом смолы по Фишеру T_{SK}^d и содержанием ОМ (Б) для различных ГС. Обозначения ГС (здесь и на рисунках 2 и 3): I — кукерситы (1 — Эстонское, 2 — Тапаское МГС); II — диктионемовые (3 — Западно-Эстонское проявление); III — припятские (4 — Туровское МГС); IV — болтышские (5 — Болтышское МГС); V — волжские (6 — Рубежинское, 7 — Перелюбское, 8 — Айювинское МГС); VI — менилитовые (9 — Верхне-Синевидное МГС)

Fig. 1. Relations between the specific calorific value by bomb Q_s^d and OM content (A), and between the oil yield by Fischer's retort T_{SK}^d and OM content (B) in different types of oil shale: I — kukersite (1 — Estonian, 2 — Tapa deposits), II — dictyonema (3 — West-Estonian deposit), III — Pripyat oil shale (4 — Turov deposit), IV — Boltsh oil shale (5 — Boltsh deposit), V — Volga oil shale (6 — Rubezhin, 7 — Perelyub, 8 — Aiyuva deposits), VI — menilitic oil shale (9 — Verkhne-Sinevidnoye deposit)

T^o варьирует в весьма широком диапазоне — от 15 до 70 %, но в то же время в пределах отдельного месторождения или бассейна этот показатель довольно стабилен — колебания его значений редко превышают ± 5 % от среднего.

Большая часть химического потенциала ОВ при термической деструкции переходит в смолу полукоксования: в случае кукерситов в среднем 64—66 %, волжских, болтышских и припятских ГС — 40—50 %, диктионемовых и менилитовых сланцев, имеющих повышенную способность к шлакообразованию, — 20—25 % (рис. 2).

Широко варьирует и содержание общей серы S_t^d — от 1 до 8 % (рис. 3А). Наиболее сернисты волжские ГС, наименее — кукерситы и болтышские ГС. В волжских ГС преобладает органическая сера (70—80 %), в остальных — сульфидная (60—70 %) [3, 4]. В случае волжских ГС рост энерготехнологического потенциала сырья сопровождается возрастанием его сернистости.

Естественная влажность W_e зависит от состава МВ и пористости породы, а также от состава и содержания ОВ (рис. 3Б). Самая низкая W_e у плотных аргиллитоподобных диктионемовых и менилитовых сланцев, самая высокая — у глинистых волжских и болтышских ГС.

Установлено, что основные показатели качества ГС — Q_s^d , T_{SK}^d , а для волжских сланцев и S_t^d — находятся в прямой корреляционной зави-

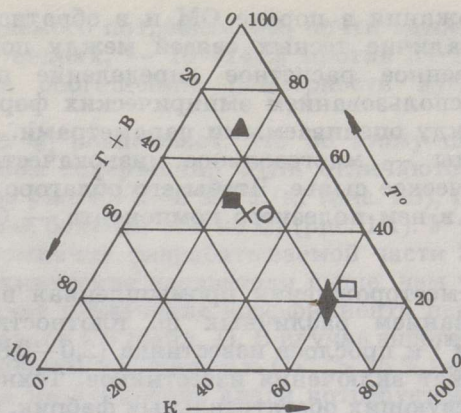


Рис. 2. Выход продуктов полукоксования из керогена различных ГС на треугольной диаграмме: смола (T°) — полукокс (К) — газ + вода ($\Gamma + B$) (обозначения даны в подписи к рис. 1)

Fig. 2. Yield of semicoking products from kerogen of different oil shale types in a triangular diagram: oil (T°) — semicoke (K) — gas + water ($\Gamma + B$). For legends see Fig. 1

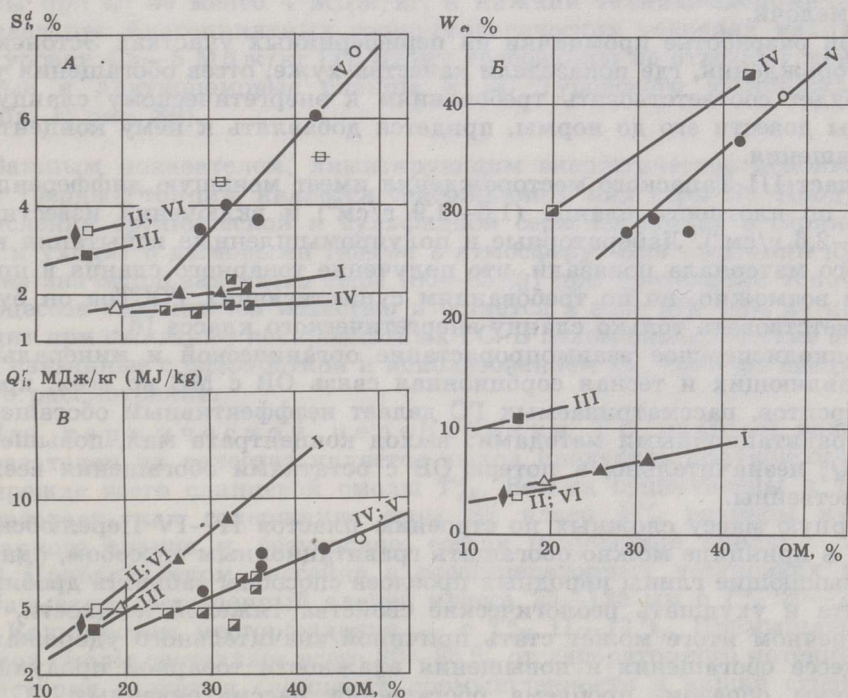


Рис. 3. Зависимость между содержанием общей серы S_d^g и OM (A), между содержанием влаги естественной W_e и OM (B) и между наименьшей удельной теплотой сгорания рабочего топлива Q_f^i и содержанием см. в подписи к рис. 1)

Fig. 3. Relations between general sulphur content S_d^g and OM content (A), between natural humidity W_e and OM content (B) and between the lowest specific calorific value of industrial fuel Q_f^i and OM content (B) in the studied oil shale

симости от содержания в породе ОМ и в обратной — от плотности сланца [3—5]. Наличие тесных связей между показателями делает возможным косвенное расчетное определение одних показателей через другие с использованием эмпирических формул или графиков зависимостей между оцениваемыми параметрами.

Горючие сланцы — многозольное низкокачественное энергетическое и технологическое сырье. Чтобы его облагородить, то есть повысить содержание в нем полезного компонента — ОВ, его приходится обогащать.

На Эстонском месторождении промышленная пачка сланца представлена чередованием различных по плотности слоев кукуерсита ($d = 1,3—1,8 \text{ г/см}^3$) и прослоев известняка ($2,0—2,8 \text{ г/см}^3$). Сланцевые слои тоже содержат включения известняков. Технологические схемы обогащения действующих обогатительных фабрик, основанные на гравитационном способе (методы мокрой отсадки и тяжелосредный), обеспечивают разделение горной массы валовой выемки на три части: концентрат обогащения — класс крупности 25—125 мм (20—27%), отсев — класс 0—25 мм (38—41%) и известняки-отходы крупностью 20—300 мм. Получаемые таким образом технологический (концентрат обогащения) и энергетический (отсев) товарный сланец соответствуют требованиям потребительских ГОСТов [6]. Концентрат керогена (70—90% ОВ) получают флотационным обогащением сланцевой мелочи.

При разработке промпачки на периферийных участках Эстонского месторождения, где показатели качества хуже, отсев обогащения уже не будет соответствовать требованиям к энергетическому сланцу, и чтобы довести его до нормы, придется добавлять к нему концентрат обогащения.

Пласт III Тапаского месторождения имеет меньшую дифференциацию по плотности сланца ($1,6—1,9 \text{ г/см}^3$) и включений известняка ($2,0—2,6 \text{ г/см}^3$). Лабораторные и полупромышленные испытания керового материала показали, что получение товарного сланца в принципе возможно, но по требованиям существующих ГОСТов он будет соответствовать только сланцу энергетического класса [6].

Тонкодисперсное взаимопрораствание органической и минеральной составляющих и тесная сорбционная связь ОВ с МВ во всех, кроме кукуерситов, рассматриваемых ГС делает неэффективным обогащение их гравитационными методами: выход концентрата мал, повышение его Q_s^d незначительно, а потери ОВ с остатками обогащения весьма существенны.

Горную массу сложных по строению пластов II—IV Перелюбского МГС в принципе можно обогащать гравитационным способом, однако размыкающие глины породных прослоев способны забивать дробилки и сита и ухудшать реологические свойства тяжелой жидкости, что в конечном итоге может стать причиной значительного удорожания процесса обогащения и повышения влажности товарной продукции.

Таким образом, проблема обогащения рассматриваемых ГС, за исключением кукуерситов, скорее всего трудноразрешима.

Для прямого сжигания ГС в котлах тепловых электростанций решающее значение имеют показатели рабочего состояния топлива: низшая удельная теплота сгорания Q_s^r , влажность W_t^r и сернистость S_t^r .

Поскольку данных о влажности сланцевого топлива других сланцев, кроме кукуерситов, нет, W_t^r для них была рассчитана исходя из значений W_e . Небезынтересно отметить, что W_t^r товарного сланца-

кукерсита, поставляемого потребителям, почти вдвое больше W_e сланца, залегающего в недрах, — 10—14 % против 5—10 %. В целом W_i^r зависит от метода обогащения, размерности кусков и погодных условий.

Сравнение ГС по Q_i^r показывает, что по этому показателю кукерситы при одинаковом содержании УОМ отличаются от болтышских и волжских сланцев уже на 3—5 МДж/кг (рис. 3В), то есть в этом случае различие в 2 раза больше, чем по Q_s^d (рис. 1А). У товарного сланца, получаемого из промпачки разрабатываемой части Эстонского месторождения, теплотехнические показатели выше, чем у всех других ГС, о чем свидетельствует и значение коэффициента пересчета натурального топлива в условное (Э) (табл. 1). В случае энергетического использования ГС с повышенной влажностью ($W_i^r > 25\%$) во избежание большого расхода тепла на испарение влаги потребуется предварительно подсушивать их. Однако вопросы соответствующей подготовки топлива (технические возможности, пожаробезопасность и экономическая целесообразность) не проработаны.

На сегодняшний день в СССР используются кукерситы с Q_i^r 7,5—10,2 МДж/кг и — в небольшом объеме — кашпирские сланцы Волжского бассейна с Q_i^r 5,7—6,0 МДж/кг. Экспериментально доказано, что стабильное горение и необходимые режимные показатели при сжигании сланца в топках электростанций могут быть обеспечены при Q_i^r не менее 4 МДж/кг, а нижний технико-экономический предел при благоприятных горно-геологических условиях находится на уровне 4,5—5 МДж/кг [7]. Этому требованию не отвечают менилитовые и диктионемовые сланцы и ГС Туровского месторождения (табл. 1; рис. 3В).

Важным показателем, лимитирующим энергетическое использование твердых топлив, является содержание в них серы S_i^d . Продукты окисления органической и сульфидной серы переходят в сернистый газ и уходят с дымовыми газами в атмосферу. При сжигании кукерситов значительная часть серы (80—85 %) при протекании топочных процессов связывается известью и остается в золе [8], чего не происходит при сжигании некарбонатных ГС. В целом экологические аспекты, связанные с разработкой и использованием ГС, требуют специального рассмотрения.

Для термической переработки ГС наиболее важным показателем их качества является выход продуктов полукоксования, и прежде всего сланцевой смолы T_{SK}^d . Весьма существенны и такие показатели, как содержание серы S_i^d , влаги W_i^r , размеры кусков товарного сланца и, безусловно, состав получаемой смолы.

В Прибалтийском бассейне в газогенераторных установках перерабатывают обогащенный сланец класса 25—125 мм с T_{SK}^d 20—24 %, на Кашпирском месторождении — с T_{SK}^d 11—13 %. Промышленный выход смолы составляет всего 80—85 % от лабораторного потенциала.

История развития сланцевой промышленности в нашей стране, а также зарубежный опыт показывает, что технически возможно перерабатывать ГС значительно худшего качества — с T_{SK}^d 5—8 % [9, 10]. Следовательно, по выходу смолы почти все рассматриваемые ГС, за исключением лишь диктионемовых и менилитовых, в принципе могут быть использованы для термической переработки. Специальных ГОСТов, лимитирующих содержание S_i^d в товарном сланце нет. На практике перерабатываются кукерситы с S_i^d менее 2 % и — в незначительном объеме — высокосернистые кашпирские ГС Волжского бассейна (S_i^d 4—5 %). При термической переработке органическая

сера переходит в жидкие и газообразные продукты, и обессеривающее действие карбонатов при этом в целом является незначительным [11]. Следует признать, что влияние влаги различных сланцев на технологический процесс полукоксования ГС изучено недостаточно. При переработке кукерситов она влияет положительно, увеличивая выход фенолов. Высокая влажность болтышских и волжских сланцев (W_e 25—40 %) при термической переработке может оказаться и осложняющим фактором — технологический процесс удлинится, расход топлива при этом увеличится. Не проработаны такие вопросы подготовки сырья, как его подсушка, дробление и фракционирование, а промышленные технологии пока что ориентированы на использование только кускового сланца.

Сланцевая смола, получаемая при термическом разложении керогена исследуемых ГС, имеет различный химический состав, следовательно, различается и комплекс топливных и химических продуктов, которые возможно и целесообразно из нее вырабатывать.

Смола полукоксования кукерситов специфична по составу и не имеет аналогов среди других сланцевых смол. Она малосерниста, в ней преобладают нейтральные и кислые кислородсодержащие соединения, почти половина которых — фенолы со сложной структурой. Поэтому кукерситовая смола не подходит для выработки высококачественных жидких топлив, но зато служит ценным сырьем для химической промышленности [10, 12]. Поэтому рентабельность сланцеперерабатывающей промышленности в Прибалтийском бассейне в настоящее время обеспечивается за счет производства вторичных химических продуктов, получаемых из сланцевой смолы и фенолов, которые невозможно или нецелесообразно получать из нефти и газа (битумные мастики, электродный кокс, мягчители резины, синтетические дубители, смолы, клей, антисептики и др.). По составу к кукерситовой смоле наиболее близка смола припятских ГС, поскольку она тоже содержит фенолы.

Таблица 2. Элементный состав смол полукоксования [10, 13], %
 Table 2. Element composition of semicoking oil, %

Сланцы	C ^d	H ^d	S ^d	O ^d + N ^d
Кукерситы	81,2	10,0	0,8	8,0
Болтышские	84,7	11,9	0,8	2,6
Припятские	84,4	11,2	2,0	2,4
Волжские:				
Рубежинского МГС	78,2	8,9	6,7	6,2
Перелюбского МГС	79,1	9,0	7,5	4,4
Менилитовые	78,9	9,3	5,6	6,2
Диктионемовые	84,1	8,5	2,9	4,5

Смола болтышских ГС малосерниста, дает большой выход легких и средних дистиллятных фракций, содержит больше неароматических (особенно предельных) углеводородов и меньше кислородных соединений, чем смола кукерситов, и поэтому подходит для получения различных видов моторных топлив по принятым на нефтеперерабатывающих заводах технологиям (табл. 2). Доказана и принципиальная возможность получать синтетическое топливо из смол припятских ГС [14].

В целом смолы полукоксования ГС Волжско-Печорской провинции специфичны и сходны по составу — они содержат не углеводороды, а гетероатомные сернистые, кислородные и азотистые соединения

[10, 13, 15]. Высокосернисты и смолы менилитовых и диктионемовых сланцев. Как известно, промышленного опыта переработки многосернистых ГС с целью получать малосернистое искусственное жидкое топливо в стране не имеется. Считается, что при обеспечении утилизации серы, смолы волжских сланцев по фракционному и групповому составу в принципе пригодны для производства жидкого топлива и ряда дефицитных химических продуктов нетопливного характера. Существующие методы очистки (обессеривания) смолы не дают должного эффекта. При газификации таких сланцев и использования газа в качестве энергетического топлива тоже требуется очищать его от сероводорода, что в принципе возможно. Из синтез-газа волжских ГС можно вырабатывать метанол [7].

Выводы

1. В аспекте энергетического использования ГС рассматриваемых месторождений можно расположить в следующий условный ряд в порядке убывания значимости: кукерситы промышленного района Эстонского месторождения — кукерситы перспективного района Эстонского месторождения — кукерситы Тапасского месторождения — болтышские ГС. Использование в качестве энергетического сырья других ГС либо невозможно из-за того, что при сжигании они дают много соединений серы, либо нецелесообразно из-за низкой удельной теплоты сгорания.

2. В технологическом аспекте ряд рассматриваемых ГС следующий: кукерситы промышленного района Эстонского месторождения (химическая и топливная продукция) — кукерситы перспективного района Эстонского месторождения (то же самое) — кукерситы Тапасского месторождения (то же самое) — болтышские ГС (топливная продукция) — припятские ГС (топливная и химическая продукция). Полукоксование волжских ГС нецелесообразно из-за высокой сернистости получаемой смолы, а диктионемовых и менилитовых сланцев — еще и из-за её низкого выхода.

3. Возможное в перспективе использование низкокачественных и высокосернистых ГС немислимо без новых технологических процессов обогащения, сжигания, термической переработки, соответствующих постоянно возрастающим экологическим ограничениям. Однако исследования в этом направлении пока не вышли из стадии лабораторных.

SUMMARY

The quality and technological characteristics of oil shale from the nine largest and most representative deposits in the U.S.S.R. European part (Estonian, Tapa, West Estonian, Turov, Boltshy, Perelyub, Rubezhin, Aiyuva and Verkhne-Sinevidnoye) were subject to comparative analysis. The problems related with the oil shale's geological study, resources, composition and mining conditions have been discussed earlier in this journal [1, 2]. The use of oil shale for industrial purposes, particularly as pulverized fuel at boiler-stations and for semicoking in shaft gas generators was also studied.

Table 1 shows oil shale quality characteristics by separate layers, which according to geological investigations represent independent veins.

The specific calorific value Q_s^d of oil shale from different deposits ranges from 5 to 15 MJ/kg and depends mostly on the organic matter (OM) content (Fig. 1A). However, at the same OM content the specific calorific value of kokersite exceeds that of the Boltshy and Volga oil shales (Perelyub, Rubezhin, Aiyuva deposits) by 2 MJ/kg.

Still greater differences occur in the oil yield by Fischer's retort with T_{SK}^d ranging from 3 to 20 %. This characteristic depends on two factors — the OM content in the rock and its oil yield T^o , i.e. the ratio of oil yield and organic matter (Fig. 1B). T^o fluctuates from 15 to 70 % (Fig. 2).

The total sulphur content (S_t^d) displays also great variations (from 1 to 8 %). In the Volga basin the oil shale is dominated by organic sulphur (70—80 %), in other oil shale deposits sulphide sulphur predominates (60—70 %). Hence, an increase in the Volga oil shale energetic potential is accompanied by a rise in its sulphur content (Fig. 3A).

Natural humidity of the dictyonema-bearing menilitic oil shale — kukersite does not exceed 5—10 %, in the Volga and Boltysk oil shales it is 25—40 % (Fig. 3B).

The main Volga oil shale quality characteristics (Q_s^d , T_{SK}^d , S_t^d) are in direct correlation with the OM content in the rock and in reverse correlation with oil shale density. This allows an indirect calculation of one characteristic index through the others to be performed, using the formulae or charts of relations between the estimated parameters.

As oil shale is a low-quality ash-rich fuel, it should be concentrated before use.

In the Estonian deposit, where the commercial oil shale seam is represented by alternating kukersite layers of variable density (1.3—1.8 g/cm³) and limestone interbeds and inclusions (2.0—2.8 g/cm³), oil shale is concentrated by gravitational and kerogen by flotation methods.

Fine-dispersed intergrowth and close relations of organic and mineral components in other types of oil shale do not allow their concentration by the methods available.

In terms of energetical, chemical and technological potentials, kukersite of the Estonian and Tapa deposits has a great advantage over oil shale from other deposits. The use of oil shale of the majority of deposits in energetic industry is complicated because of the fuel's low calorific value (Fig. 3B). The application of the Boltysk and Volga basin oil shale is hampered due to increased humidity and high sulphur content (Volga basin).

On thermal oil shale processing such characteristics as oil yield and composition, sulphur and moisture content are important. Generally, apart from kukersite, the oil shale from the Boltysk and Turov deposits can be used as raw material for chemical and fuel industries. The use of the Volga oil shale is unreasonable due to the high sulphur content of the oil; dictyonema-bearing and menilitic oil shales do not suit because of their low oil yield.

Prospects of low-quality and sulphur-rich oil shale use call for the application of new methods of concentration, burning and thermal processing which would meet the ever growing ecological requirements. Work in this field is still in an experimental stage.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каттай В. А., Кырвел В. Э. Изученность и ресурсы основных месторождений горючих сланцев европейской части СССР // Горючие сланцы. 1988. Т. 5, № 2. С. 113—121.
2. Каттай В. А. Вещественный состав горючих сланцев основных месторождений европейской части СССР // Там же. 1989. Т. 6, № 4. С. 117—132.
3. Жмур С. И., Каттай В. А. Состав и качество горючих сланцев Волжского и Прибалтийского бассейнов // Там же. 1984. Т. 1, № 1. С. 24—27.
4. Каттай В. А. Зависимости между составом и качественными показателями горючих сланцев-кукерситов // Осадочные полезные ископаемые Прибалтики и их рациональное использование. Рига, 1985. С. 132—140.
5. Клейменова И. И., Соболева Л. В., Сухова В. Н. Теплотехнические свойства горючих сланцев Чаганского, Перелюбского и Коцебинского месторождений Поволжья // Горючие сланцы. 1987. Т. 4, № 1. С. 88—94.
6. Справочник сланцепереработчика. — Л., 1988.

7. Аарна А. Эпик И. Использование горючих сланцев Эстонской ССР // Горючие сланцы. 1984. Т. 1, № 1. С. 7—15.
8. Отс А. А. Энергетическое использование эстонских горючих сланцев. Проблемы парового котла // Там же. 1988. Т. 5, № 1. С. 1—14.
9. Зеленин Н. И., Озеров И. М. Справочник по горючим сланцам. — М., 1983.
10. Месторождения горючих сланцев мира. — М., 1988.
11. Ефимов В. М., Дойлов С. К., Кундель Х. А. и др. Сравнительная характеристика и опытная переработка горючих сланцев различных месторождений // Проблемы полукоксования кускового горючего сланца. Таллинн, 1978. С. 27—51.
12. Сийдре А. К. Характеристика смолы полукоксования диктионемового сланца // Тр. Таллин. политех. ин-та. Сер. А. № 97. 1958. С. 85—90.
13. Горький Ю. И., Лукьянова З. К., Стельмах Г. П., Яременко И. А. Проблемы комплексного использования горючих сланцев Белорусской ССР. — Минск, 1983.
14. Сумберг А. И., Уров К. Э. Состав органического вещества яренгского горючего сланца Коми АССР // Горючие сланцы. 1987. Т. 4, № 2. С. 158—165.
15. Уров К. Э., Клесмент И. Р., Риккен Ю. Т., Мяги Э. Э. Об органическом веществе горючего сланца Кашпирского месторождения // Химия тв. топлива. 1976. № 2. С. 63—69.

Институт геологии
Академии наук Эстонии
г. Таллинн

Estonian Academy of Sciences,
Institute of Geology
Tallinn

Представил Д. Кальо
Поступила в редакцию
16.11.89

Presented by D. Kaljo
Received 16.11.89