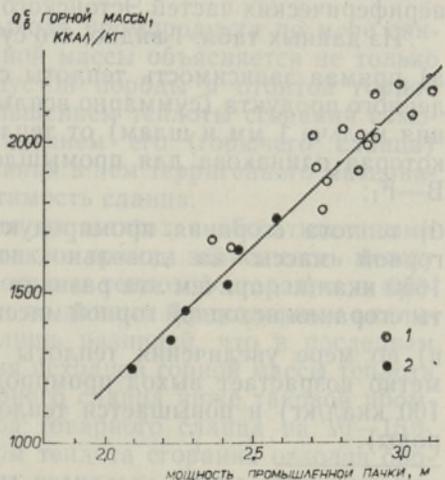


С. БАУКОВ, О. МОРОЗОВ, Т. ТУБЛИ

## ПРОГНОЗ КАЧЕСТВА ТОВАРНОГО СЛАНЦА НА ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ УЧАСТКАХ ЭСТОНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Предусмотренное долгосрочным планом развития сланцевой промышленности увеличение добычи горючего сланца в Эстонской ССР и Ленинградской области быстро приведет к тому, что резервные запасы горючего сланца в Прибалтийском сланцевом бассейне будут находиться в основном на периферических участках Эстонского месторождения, где по данным поисковых работ и предварительной разведки Управления геологии ЭССР качество сланца в залежи хуже, а горно-геологические условия разработки сложнее. Это обстоятельство заставило провести научные исследования по прогнозированию качества товарного сланца, получаемого при разработке периферических участков Эстонского месторождения. Работа проведена совместно Кохтла-Ярвеской геологоразведочной партией Управления геологии ЭССР и Институтом геологии ЭССР и закончена в 1980 г. Прогнозирование основано на сопоставлении балансов продуктов обогащения горной массы, добываемой на трех шахтах с обогатительными фабриками, и данных, полученных фракционными анализами керновых проб промышленной пачки из скважин, пробуренных на эксплуатационных участках этих же шахт, с результатами фракционных анализов керновых проб, взятых из скважин, пробуренных на прогнозируемых участках месторождения. Применимость этого метода прогноза не подлежит сомнению, так как имеется прямая зависимость между теплотой сгорания горной массы по пластопересечению промышленной пачки и теплотой сгорания и выходом получаемого из нее товарного сланца. Этому способствуют также устойчивая в пределах всего месторождения структура промышленной пачки и постепенно и закономерно изменяющиеся мощность и качество слагающих ее слоев (рис. 1).

Рис. 1. Корреляция между мощностью и теплотой сгорания горной массы промышленной пачки горючего сланца А—F. 1 — средние значения пластово-дифференциальных опробований промышленной пачки сланца в горных выработках шахт и разрезов Эстонского месторождения, 2 — средние значения пластово-дифференциальных опробований промышленной пачки сланца по разведочным скважинам на Восточном участке южной части Эстонского месторождения.



Фракционный анализ (расслоение в тяжелой жидкости плотностью 1,9 г/см<sup>3</sup>)  
керновых проб промышленной пачки в объеме слоев А—F<sub>1</sub> и В—F<sub>1</sub>

Местоположение	Теплота сгорания исходной горной массы Q <sub>б</sub> <sup>c</sup> , ккал/кг	Продукты расслоения			
		Промпродукт		Порода	
		Q <sub>б</sub> <sup>c</sup> , ккал/кг	Выход, %	Q <sub>б</sub> <sup>c</sup> , ккал/кг	Выход, %
Слой А—F <sub>1</sub>					
Восточный участок	1230*	2630	38,8	350	61,2
	1290	2770	38,0	310	62,0
	1500	2990	43,6	360	56,4
	1500*	2900	44,0	390	56,0
	1620	3040	46,4	400	53,6
Шахты:					
«Эстония»	1880	3530	45,3	530	54,9
«Виру»	1980	3570	47,6	530	52,4
«Эстония»	2050	3560	49,9	550	50,1
«Таммику»	2120	3760	49,4	510	50,6
«Виру»	2210	3790	51,9	510	48,1
«Таммику»	2320	3970	52,2	530	47,8
Слой В—F <sub>1</sub>					
Восточный участок	1360	2800	39,5	430	60,5
	1390*	2710	43,3	350	56,7
	1490	2980	41,2	440	58,8
	1670*	3080	47,8	410	52,2
	1690	3105	47,6	410	51,4
Шахты:					
«Эстония»	2050	3700	47,8	550	52,2
«Эстония»	2180	3700	51,5	580	48,5
«Виру»	2180	3700	51,2	600	48,8
«Таммику»	2270	3860	52,0	540	48,0
«Виру»	2340	3890	54,0	530	46,0
«Таммику»	2470	4090	53,9	580	46,1

\* Расслоение производилось в жидкости плотностью 2,0 г/см<sup>3</sup>.

Пример прогнозирования приводится по Восточному (Причудскому)\* участку — наиболее изученному геологоразведкой среди других периферических частей Эстонского месторождения (табл. 1).

Из данных табл. 1 видно, что существует

а) прямая зависимость теплоты сгорания и процента выхода промышленного продукта (суммарно всплывшая фракция класса 1—25 мм, фракция мельче 1 мм и шлам) от теплоты сгорания исходной горной массы, которая одинакова для промышленной пачки в объеме слоев А—F<sub>1</sub> и В—F<sub>1</sub>;

б) теплота сгорания промпродукта выше теплоты сгорания исходной горной массы на довольно постоянную величину, равную 1400—1650 ккал/кг, причем эта разница возрастает по мере увеличения теплоты сгорания исходной горной массы;

в) по мере увеличения теплоты сгорания исходной горной массы заметно возрастает выход промпродукта (примерно на 1,4% на каждые 100 ккал/кг) и повышается теплота сгорания утонувшей фракции (породы).

\* Местоположение участка см. «Изв. АН ЭССР. Геология», 1982, т. 31, № 4, с. 145.

Средние данные по балансам продуктов обогащения горной массы на обогатительных фабриках сланцевых шахт «Ахтме» (обогащение методом мокрой отсадки), «Таммику», «Виру», «Эстония» и «Ленинградская» (обогащение в тяжелых средах плотностью 1,9—2,1 г/см<sup>3</sup>) за период 1964—1977 гг.

Шахта	Теплота сгорания исходной горной массы $Q_6^c$ , ккал/кг	Продукты обогащения				Количество балансов
		Товарный сланец		Порода		
		$Q_6^c$ , ккал/кг	Выход, %	$Q_6^c$ , ккал/кг	Выход, %	
«Ленинградская»	1770	2650	60,8	460	39,5	5
«Эстония»	1950	2880	59,5	580	40,5	3
«Ахтме»	2180	3130	61,9	670	38,1	10
«Виру»	2210	3180	62,3	630	37,7	17
«Таммику»	2300	3180	66,0	590	34,0	16

Таблица 3

Изменение теплоты сгорания и выхода промпродукта (фактические данные по фракционным анализам керновых проб) и товарного сланца (прогноз) в зависимости от теплоты сгорания исходной горной массы промышленной пачки в объеме слоев В—F<sub>1</sub> и А—F<sub>1</sub> на Восточном участке Эстонского месторождения

Слой	Теплота сгорания исходной горной массы $Q_6^c$ , ккал/кг	Фактические данные		Прогноз	
		Промпродукт		Товарный сланец	
		$Q_6^c$ , ккал/кг	Выход, %	$Q_6^c$ , ккал/кг	Выход, %
А—F <sub>1</sub>	1230	2630	38,8	1970	48,5
	1290	2770	38,0	2080	49,5
	1500	2900	44,0	2350	52,5
	1500	2990	43,6	2350	52,5
	1620	3040	46,4	2500	54,5
В—F <sub>1</sub>	1360	2800	39,5	2170	50,5
	1390	2710	43,5	2200	51,5
	1490	2980	41,2	2340	52,5
	1670	3080	47,8	2560	55,0
	1690	3110	47,6	2590	55,5

Уменьшение теплоты сгорания и выхода промпродукта по мере снижения теплоты сгорания исходной горной массы объясняется не только увеличением удельного содержания пустой породы в отбитой горной массе промышленной пачки, но и уменьшением теплоты сгорания самого горючего сланца в залежи, увеличением его (горючего сланца) объемной массы и повышением содержания в нем терригенного материала, что в совокупности ухудшает обогатимость сланца.

По балансам продуктов обогащения на шахтах с обогатительными фабриками (табл. 2) прослеживается также прямая зависимость между теплотой сгорания исходной горной массы и теплотой сгорания и процентом выхода товарного сланца, как и по данным фракционных анализов керновых проб (табл. 1), с той лишь разницей, что в последнем случае при одинаковой теплоте сгорания исходной горной массы теплота сгорания получаемого на шахтах товарного сланца ниже таковой промпродукта на 650—700 ккал/кг, а выход товарного сланца на 10—15% больше выхода промпродукта. При этом теплота сгорания отходов обогащения на обогатительных фабриках несколько выше, чем теплота

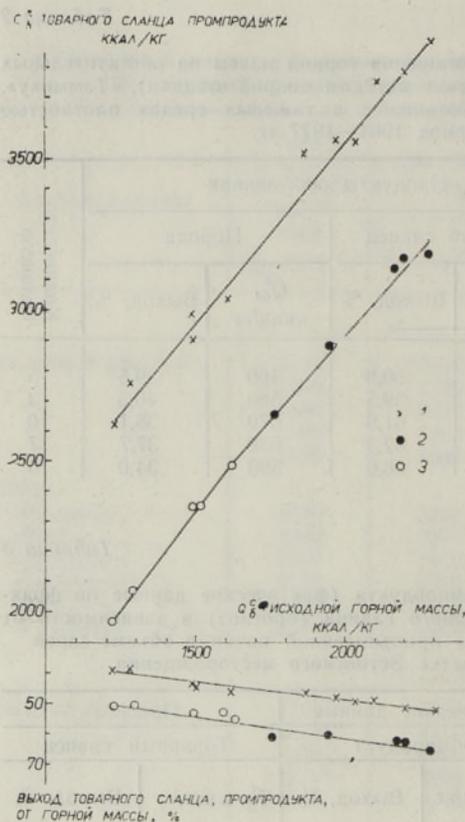


Рис. 2. Зависимость теплоты сгорания и процента выхода промпродукта по фракционным анализам и товарного сланца по балансам обогатительных фабрик от теплоты сгорания исходной горной массы промышленной пачки горючего сланца А—F<sub>1</sub>. 1 — промпродукт по фракционным анализам, 2 — товарный сланец по балансам обогатительных фабрик, 3 — товарный сланец по прогнозу (по данным табл. 1—3).

сгорания породы. Это объясняется тем, что в обогащенном товарном сланце остается какое-то количество пустой породы, а часть сланца в процессе обогащения попадает в породные отвалы. В связи с тем, что время от времени меняется режим работы обогатительных фабрик, а также имеются некоторые различия в плотностях тяжелых сред, используемых на обогатительных фабриках и при фракционных анализах ядерных проб, это нужно учитывать при прогнозировании ожидаемого качества и выхода товарного сланца на новых участках месторождения на основе данных фракционных анализов

ядерных проб. С учетом сказанного в табл. 3 показано, что на Восточном участке месторождения горючего сланца в объеме слоев А—F<sub>1</sub> при изменении теплоты сгорания исходной горной массы от 1620 до 1230 ккал/кг прогнозные теплота сгорания и выход товарного сланца уменьшаются соответственно от 2500 до 1970 ккал/кг и от 54,5 до 48,5%. Такого же порядка цифры получены и по промышленной пачке в объеме слоев В—F<sub>1</sub>. Сказанное выше графически изображено на рис. 2.

Такое прогнозирование качества и выхода товарного сланца применимо для всего Эстонского месторождения (и для Прибалтийского сланцевого бассейна в целом), поскольку строение промышленной пачки горючего сланца и характер корреляционных зависимостей между основными ее параметрами выдержаны в пределах всего месторождения.

Поскольку основными потребителями сланца, который будет добываться на периферических участках Эстонского месторождения, останутся, вероятно, крупные электростанции (прямое сжигание сланца или использование его по энерготехнологической схеме), потребляющие т. н. энергетический сорт его (<25 мм), и сланцеперерабатывающие комбинаты, потребляющие т. н. технологический сорт (25—125 мм), то практический интерес имеет прогноз теплоты сгорания и выхода товарного сланца по названным сортам (табл. 4). Из табл. 4 видно, что

а) теплота сгорания товарного сланца (3180—1950 ккал/кг) выше теплоты сгорания исходной горной массы (2300—1200 ккал/кг) на довольно постоянную величину (750—970 ккал/кг), причем разница уменьшается по мере снижения теплоты сгорания исходной горной массы;

б) теплота сгорания технологического сланца выше теплоты сгорания

Теплота сгорания и выход товарных сортов сланца в зависимости от  $Q^c$  исходной горной массы (фактические данные по шахтам северной части Эстонского месторождения и прогнозные для Восточного участка южной части Эстонского месторождения)

Местоположение	Слон	$Q^c$ исходной горной массы, ккал/кг	$Q^c$ товарного сланца, ккал/кг			Разница между $Q^c$ исх. массы и $Q^c$ товарн. сланца			Выход товарного сланца, % от исходной горной массы			Выход от товарного сланца, %		Примечание
			Всего	Технологического	Энергетического	Всего	Технологического	Энергетического	Всего	Технологического	Энергетического	Технологического	Энергетического	
Шахты: «Таммику» «Виру» «Ахтме» «Эстония» «Ленинградская»	А—F <sub>1</sub>	2300	3180	3500	2950	880	65,9	27,3	38,6	41,5	58,5	Фактические данные		
		2230	3200	3580	2890	970	62,3	27,4	34,9	44,0	56,0			
		2180	3130	3610	2850	950	61,9	23,5	38,4	38,0	62,0			
		1950	2880	3240	2660	930	59,5	22,1	37,4	37,2	62,8			
		1770	2650	2930	2500	800	60,8	22,4	38,4	37,0	63,0			
Восточный (причудской) участок южной части Эстонского месторождения	B—F <sub>1</sub>	1700	2590	2830	2430	890	55,5	19,0	36,5	34,0	66,6	Прогноз (по фракционным анализам технологических проб и интерполяции их с фактическими данными)		
		1600	2480	2680	2330	880	54,0	18,0	36,0	33,5	66,5			
		1500	2360	2530	2230	860	52,5	16,8	35,7	32,0	68,0			
		1400	2230	2380	2110	830	51,5	16,0	35,5	31,0	69,0			
		1300	2090	2220	2000	790	50,0	15,0	35,0	30,0	70,0			
		1200	1950	2030	1870	750	48,5	13,5	35,0	28,0	72,0			

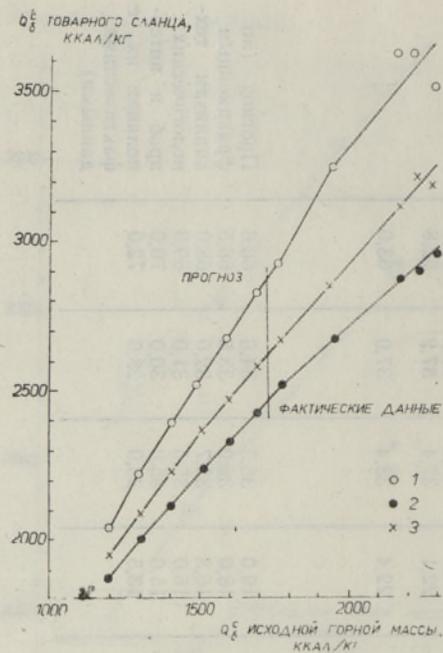


Рис. 3. Зависимость теплоты сгорания товарных сортов сланца от теплоты сгорания исходной горной массы. 1 — технологический сланец, 2 — энергетический сланец, 3 — технологический и энергетический сланец суммарно.

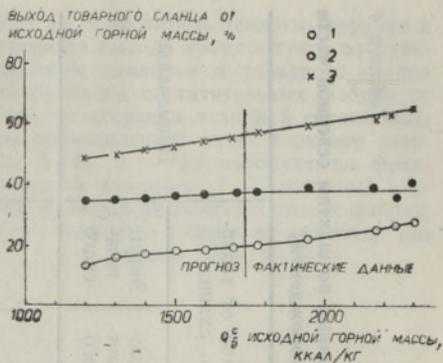


Рис. 4. Зависимость выхода товарных сортов сланца от теплоты сгорания исходной горной массы. 1 — технологический сланец, 2 — энергетический сланец, 3 — технологический и энергетический сланец суммарно.

ной горной массы от 2300 до 1200 ккал/кг, т. е. на 1,6% на каждые 100 ккал/кг. Снижение выхода товарного сланца приходится в основном на технологический сланец (от 27 до 13%), а выход энергетического сланца снижается мало (от 39 до 35%). Последним объясняется уменьшение выхода технологического сланца от 41 до 28% и увеличение выхода энергетического сланца от 58 до 72% в отношении товарного сланца.

Применительно к прогнозным запасам сланца Восточного участка можно сказать следующее: с уменьшением теплоты сгорания исходной горной массы по промышленной пачке в объеме слоев В—F<sub>1</sub> от 1700 до 1200 ккал/кг теплота сгорания технологического сланца снижается от 2830 до 2030 ккал/кг, т. е. на 800 ккал/кг, а теплота сгорания энергетического сланца снижается от 2430 до 1870 ккал/кг, т. е. на 560 ккал/кг. Выход технологического сланца уменьшается на 5,5% (от 19,0 до 13,5%), а энергетического — на 1,5% (от 36,5 до 35,0%). В товарном сланце содержание технологического сланца уменьшается на 6% (от 34 до 28%), а энергетического, наоборот, увеличивается на 6% (от 66 до 72%). Сказанное наглядно изображено на рис. 3 и 4.

Прогноз качества и выхода товарного сланца на периферических участках Эстонского месторождения правомерен при использовании на этих участках технологии добычи и обогащения сланца, применяемой ныне на действующих шахтах Эстонского и Ленинградского месторождений.

## EESTI PÕLEVKIVIMAARDLA ÄAREALADE KAUBAPÕLEVKIVI KVALITEEDI PROGNOOS

Prognoos tugineb Eesti põlevkivimaardla tootsa kihindi põhiparameetrite suhtelisele püsivusele ja nendevahelistele korrelatiivsetele seostele. Kaevanduste põlevkivirikastusbilansse ning kaevandusväljadelt ja maardla äarealadelt võetud põlevkivipuursüdamide fraktsioonianalüüside tulemusi kõrvutades on näidatud, millise kvaliteedi ja saagisega kaubapõlevkivi on võimalik maardla äarealadel toota.

S. BAUKOV, O. MOROZOV, T. TUBLI

## FORECAST OF THE QUALITY OF COMMERCIAL OIL SHALE DISTRIBUTED IN MARGIN AREAS OF THE ESTONIAN DEPOSIT

The forecast is based on the relative stability of the main parameters of the productional stratum in the Estonian oil shale deposit and on the correlations between those parameters. By comparing the enrichment balances of the oil shale mined in the deposit proper with the results of the fractioning analysis of the boring cores in the marginal areas, it is shown what quality and yield one may expect of the commercial oil shale mined in the periphery.

With the combustion value of the mineral mass decreasing from 2300 to 1200 kcal/kg, the combustion value of the commercial oil shale decreases from 3200 to 1950 kcal/kg and the yield by 1.6% per 1 kcal, on the average.