

<https://doi.org/10.3176/oil.1991.3.03>

УДК 553.973(474.2)

В. А. КАТТАЙ, Э. Я. РЕЙНСАЛУ

**ОСНОВНЫЕ ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ  
И НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЦЕННОСТЬ  
ТАПАСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУКЕРСИТОВ**

V. KATTAI, E. REINSALU

**MAIN GEOLOGICAL-INDUSTRIAL FEATURES AND ECONOMIC  
VALUE OF THE TAPA KUKERSITE DEPOSIT**

Основные публикации по горючим сланцам-кукерситам Прибалтики посвящены преимущественно сланцам разрабатываемых месторождений — Эстонского и Ленинградского. Сведений о Тапаском месторождении опубликовано значительно меньше, к тому же они базируются лишь на материалах первой, поисковой стадии изучения [1—3].

Исследованиями последних лет доказано [4, 5], что кукерситы как по качеству и технологическим свойствам, так и в целом по народнохозяйственной значимости превосходят остальные горючие сланцы европейской части СССР. Естественно, возникает вопрос о роли и значении Тапаского месторождения как части топливно-сырьевой базы Прибалтийского бассейна и перспективах его освоения. Авторы публикуемой статьи, основываясь на анализе последних геологических и экономических данных и с учетом возможностей топливно-сырьевой базы региона, ставят под сомнение промышленную значимость Тапаского месторождения кукерситов.

Впервые на наличие залежей горючего сланца в разрезе кукрузского горизонта среднего ордовика, на двух уровнях, указали Н. Погребов [6] и Х. Беккер [7]. В. Левыкин в своей монографии [8] по дан-

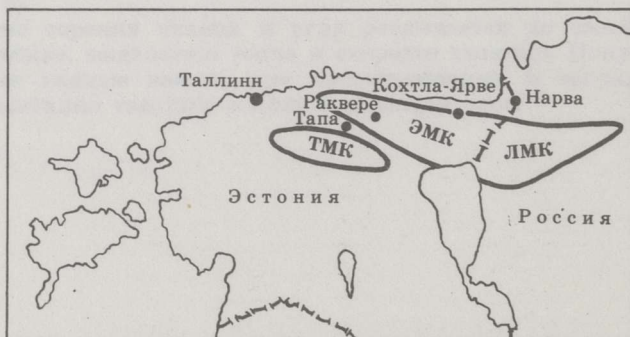
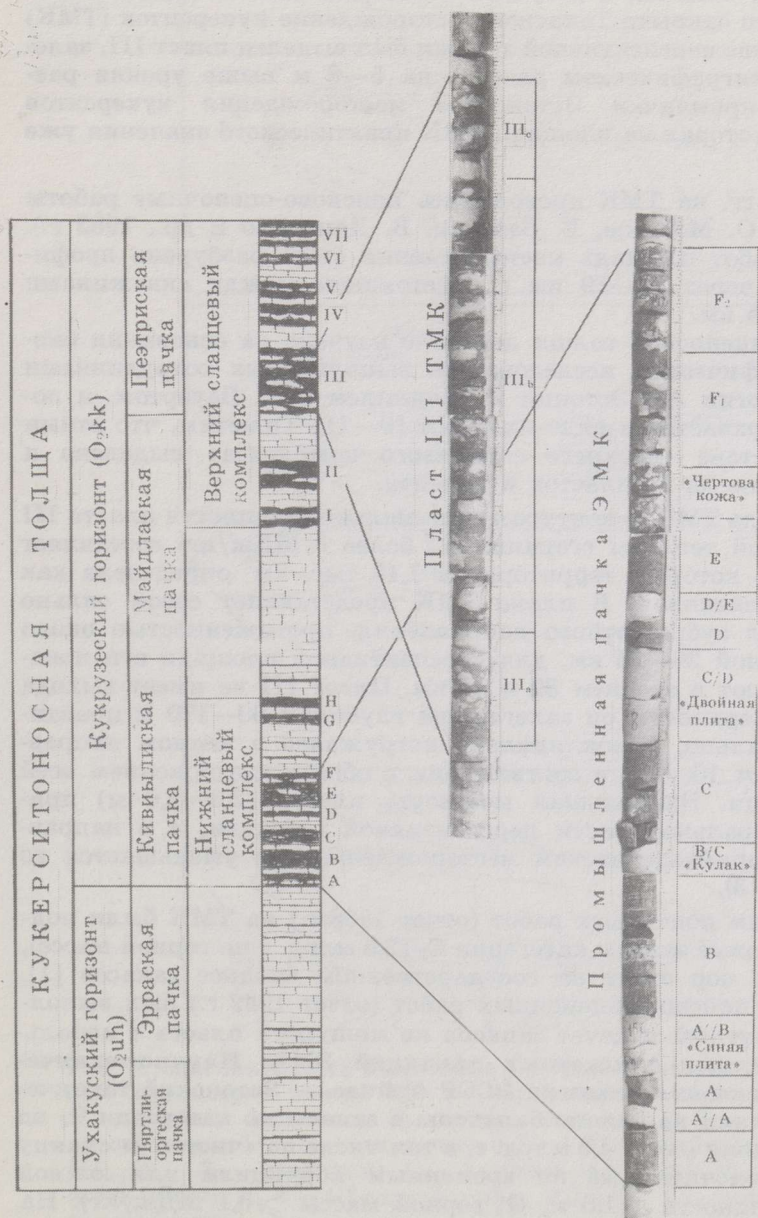


Рис. 1. Расположение месторождений кукерситов Прибалтийского бассейна: ТМК — Тапаское, ЭМК — Эстонское, ЛМК — Ленинградское

Fig. 1. Location of kukersite deposits of the Baltic basin. Deposits: ТМК — Tapa, ЭМК — Estonia, ЛМК — Leningrad





ным для скважины, пробуренной в районе с. Ракке, выделил в составе «верхнего сланцевого комплекса» в верхней части кукурузского горизонта 5 пластов кукерситов, один из которых, по его мнению, должен был представлять определенный промышленный интерес.

В 1967—1968 гг. на так называемой Тапской площади были проведены поиски горючих сланцев (авторы отчета И. Ченцов, Э. Эрисалу, Т. Каттай, 1968 г.), в результате которых южнее городов Раквере и Тапа было открыто Тапское месторождение кукерситов (ТМК) (рис. 1). В качестве перспективной залежи был выделен пласт III, залегающий в стратиграфическом разрезе на 5—8 м выше уровня разрабатываемой промпачки Эстонского месторождения кукерситов (ЭМК) (рис. 2), которая на площади ТМК практического значения уже не имеет [1].

В 1978—1981 гг. на ТМК проводились поисково-оценочные работы (авторы отчета О. Морозов, Е. Басанец, В. Данченко и др., 1982 г.). В результате работ площадь месторождения была разбурена профилями скважин через 12—19 км с расстоянием между скважинами на профиле 2—5 км.

Строение сланценосной толщи детально изучено на основании биомикростратиграфических исследований, выполненных сотрудниками Института геологии АН Эстонии Р. Мяннилем и Х. Бауэртом, и подробно рассматривается в ряде их работ [9—11]. Отметим, что этими авторами в составе «верхнего сланцевого комплекса» выделено и проиндексировано до 10 пластов кукерсита.

Общая площадь ТМК (в контурах минимальной мощности пласта III 0,6 м и удельной теплоты сгорания  $Q_s^d$  более 5 МДж/кг) составляет 2,4 тыс. км<sup>2</sup>, из которых территория в 1,15 тыс. км<sup>2</sup> определена как наиболее перспективная. В плане ТМК представляет собой сильно вытянутый овал субширотного направления, протяженностью около 110 км и шириной 20—25 км, для перспективной площади эти показатели составляют в среднем 80 и 15 км. Пласт III не имеет выхода на дневную поверхность, он залегает на глубинах 60—170 м практически горизонтально, моноклинально погружаясь в южном направлении под углом 10—15° в соответствии с общим погружением всей осадочной толщи. Наибольшая мощность пласта (2,3—2,0 м) приурочена к центральной части перспективной площади, а в направлении к периферийным частям месторождения она уменьшается до 1,0—0,6 м (рис. 3).

По результатам поисковых работ (отчет 1968 г.) на ТМК были подсчитаны балансовые запасы категории С<sub>2</sub> (2,6 млрд. т по горной массе), которые до сих пор стоят на государственном балансе запасов [1]. По материалам поисково-оценочных работ (отчет 1982 г.) был выполнен многовариантный подсчет запасов по мощности пласта с использованием различных подсчетных кондиций ЭМК. Научно-технический совет Управления геологии ЭССР (сейчас — Эстонский технический центр) принял на баланс балансовые запасы по категории С<sub>2</sub> по горной массе в количестве 4,3 млрд. т, в том числе по «чистому» сланцу 2,0 млрд. т, подсчитанные по временным кондициям для южной части ЭМК (мощность  $\geq 1,6$  м,  $Q_s^d$  горной массы  $\geq 6,1$  МДж/кг). На основании результатов работ сделано весьма спорное с нашей точки зрения заключение о перспективности ТМК для возможного расширения сырьевой базы, а также даны рекомендации для проведения на месторождении предварительной разведки. К тому же двойная оценка запасов — по горной массе и по «чистому» сланцу — при выходе сланца 46,5 % не может быть признана достаточно корректной.

По морфологическим особенностям пласт III относится к пластам

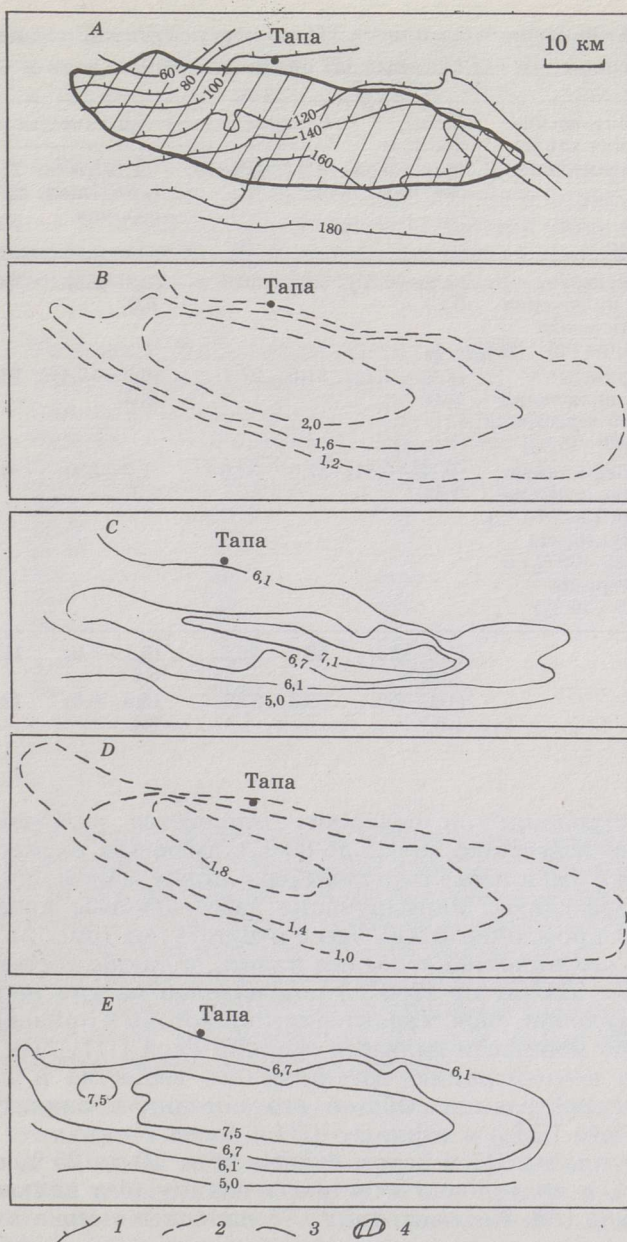


Рис. 3. Закономерности изменения основных геолого-промышленных параметров пласта III на перспективной площади ТМК: А — глубина залегания; В — общая мощность и С —  $Q_8^d$  горной массы пласта III; D — мощность и E —  $Q_8^d$  горной массы пласта III<sub>b+c</sub>; 1—3 — изолинии: 1 — глубины залегания, м, 2 — мощности пласта, м, 3 —  $Q_8^d$  горной массы, МДж/кг, 4 — площадь подсчета запасов

Fig. 3. Regularity of alteration of basic geological-industrial parameters on the perspective area of the Tapa deposit: A — position of the seam III, B — its total extent, C — calorific value of the rock mass of the seam III, D — thickness of the seam III<sub>b+c</sub>, E — calorific value of its rock mass; 1—3 — isolines: 1 — of bedding depth, m, 2 — of thickness of the seam, m, 3 — of calorific value of rock mass, MJ/kg; 4 — area of estimated reserves



Таблица 1. Характеристика пласта III на перспективной площади ТМК  
 Table 1. Characteristics of the seam III on the perspective area of the Tapa deposit

Слой (часть пласта) и его индекс	Литологическая характеристика	Мощность, м (min—max) средняя	Средние показатели качества сланца в недрах				
			$A^d$ , %	$(CO_2)_M^d$ , %	$Q_s^d$ , МДж/кг (min—max) средняя	$T_{СК}^d$ , %	Потенциал по условному топлыву, т/м <sup>2</sup>
Верхний III <sub>c</sub>	Кукурсит с включениями известняка (45—60 %)	(0,16—0,39) 0,29	55,5	30,6	(2,9—7,0) 5,0	9,3	0,1
Средний III <sub>b</sub>	Кукурсит с включениями известняка (20—45 %)	(1,02—1,74) 1,31	51,5	27,4	(6,3—10,4) 8,0	13,4	0,54
Нижний III <sub>a</sub>	Переслаивание известняка (60—70 %), кукурсита (25—30 %) и мергеля (5—10 %)	(0,13—0,61) 0,33	57,0	33,0	(1,7—5,4) 3,3	6,7	0,06
Полный III		(1,6—2,3) 1,93	53,4	28,6	(6,1—8,0) 6,6	11,6	0,7
Средний + верхний III <sub>b+c</sub>		(1,4—2,0) 1,6	52,3	27,6	(6,3—8,6) 7,4	12,9	0,64

сложного строения: он содержит множество включений керогенсодержащего известняка (от 25 до 60 %), имеющих размеры в поперечнике от 1 до 6 см, и несколько невыдержанных маломощных (до 10 см) прослоев известняка. Маркирующие известняковые прослои, хорошо известные в промпачке ЭМК, здесь отсутствуют (рис. 2).

С учетом особенностей строения пласта, а также состава и качества сланца пласт III (отчет 1982 г.) подразделен на три неравнозначные части или, условно, слоя, характеристики которых приведены в табл. 1. Основным по мощности является средний слой (III<sub>b</sub>). Он имеет также наивысшую концентрацию органического вещества и лучшие показатели качества сланца. Общий его потенциал значительно выше, чем у нижнего (III<sub>a</sub>) и верхнего (III<sub>c</sub>) слоев.

Кукурсит пласта III в целом содержит от 10 до 25 % органической массы (ОМ), а по условно «чистому» сланцу (без включений известняка) до 35 % ОМ. Концентрация ОМ наиболее высока в сланце центральной, осевой части перспективной площади, а к периферии она постепенно снижается.

Содержание карбонатного материала (КМ) в пласте высокое — 60—70 %; половину его составляют включения известняков и почти столько же — тонкодисперсный КМ. Содержание КМ растет в направлении от центральной, осевой части месторождения к его периферии. Карбонатная составляющая представлена в основном кальцитом, доломита не более 3—5 % [12]. Содержание в пласте терригенного материала (ТМ) довольно стабильное — 14—20 %, оно почти не варьирует ни по слоям пласта, ни по площади его распространения.

Химический состав зольного остатка по пласту в целом и по «чистому» сланцу приводится в табл. 2.

Качество пласта III по горной массе низкое. Средняя удельная теплота его сгорания по бомбе ( $Q_s^d$ ) колеблется в пределах 6—8 МДж/кг и



уменьшается от осевой части месторождения к периферии, причем в меридиональном направлении значительно быстрее (градиент 0,13—0,21 МДж/кг на 1 км), чем в широтном (0,04—0,06 МДж/кг на 1 км) (рис. 3).

Выход смолы при полукоксовании в реторте Фишера ( $T_{SK}^d$ ) составляет на сланец 9—13 %, на ОМ 60—70 %, при этом содержание серы ( $S_i^d$ ) невысокое — 0,7—2,0 %. Преобладает пиритная сера — 70—75 %, органическая составляет 20—25 % и сульфатная — до 5 %. Зольность 50—60 %. Естественная влажность сравнительно низкая — 4,6 %.

Таблица 2. Химический состав золы, %  
Table 2. Chemical composition of ash, %

Оксиды	Для пласта в целом	Для «чистого» сланца
SiO <sub>2</sub>	18,5	29,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,47	7,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,1	3,2
TiO <sub>2</sub>	0,27	0,44
CaO	66,0	50,3
MgO	1,8	2,1
SO <sub>3</sub>	3,9	5,2
K <sub>2</sub> O	1,8	1,8
Na <sub>2</sub> O	0,16	0,26

Показатели качества горной массы пласта III будут несколько выше, если рассматривать только средний (III<sub>b</sub>) и верхний (III<sub>c</sub>) его слой в сумме, исключив самый низкокачественный нижний слой (III<sub>a</sub>) (рис. 3; табл. 1). При весьма низком качестве последнего ( $Q_s^d$  3,3 МДж/кг) выход концентрата его обогащения не превышает 20—25 %, а  $Q_s^d$  концентрата не достигает и 10 МДж/кг. Кроме того, глинистая порода нижнего слоя при обогащении сильно размокает, происходит повышенное шламообразование, и в целом можно ожидать повышения влажности товарного сланца.

Качество пласта III удовлетворяет требованиям действующих государственных стандартов по  $Q_s^d$  для товарного сланца как технологического (группы качества 2СК и 3СК), так и энергетического (группы качества 1С и 2С) классов. Результаты ручной разборки керна пласта III на «чистый» сланец и известняк (включения размером более 1 см) приведены в табл. 3, из которой видно, что горную массу можно облагораживать, то есть повышать содержание в товарном сланце полезного компонента — ОМ. Различие в плотностях непосредственно сланца (1,6—2,0 г/см<sup>3</sup>), а также прослоев и включений известняка (2,2—2,6 г/см<sup>3</sup>) позволяет использовать для этих целей гравитационные методы обогащения.

При проведении поисково-оценочных работ были выполнены лабораторные (масса проб 5—20 кг, исполнитель Кохтла-Ярвская геологическая партия) и полупромышленные технологические (масса проб 300—1300 кг, институт «Гипрошахт») исследования обогатимости горной массы пласта III по крновому материалу скважин. Поскольку кусковатость крнового материала не соответствует гранулометрическому составу горной массы, отбитой взрывными работами или механическим путем (комбайнами), в результате подобных технологиче-



Таблица 3. Выход и качество «чистого» сланца и известняка пласта III [1]  
 Table 3. The yield and quality of oil shale of the seam III

	Выход, %	$Q_s^d$ , МДж/кг
	(min—max) среднее	
Пласт в целом	100	(7,5—8,9) 8,0
В том числе:		
«Чистый» сланец	(50—62) 55	(11,2—12,3) 11,7
Включения известняка	(38—50) 45	(2,5—3,7) 3,2

ских исследований можно получить лишь весьма приблизительное представление о качестве и выходе товарного сланца.

Существует расчетный метод определения параметров качества товарного сланца (МОПС), разработанный в Эстонском филиале ИГД им. А. А. Скочинского и апробированный для промпачек Эстонского и Ленинградского месторождений кукуерситов [13]. С некоторыми допущениями, наш взгляд, даже менее существенными, чем при использовании для опытного обогащения ядерного материала, этот метод может быть применен для прогнозирования качества и выхода товарного сланца при разработке ТМК. В расчетах по МОПС, с учетом горно-геологических условий, принят комбайновый способ выемки пласта III, в том числе как подвариант рассматривается выемка только самой «богатой», средней части пласта (III<sub>b</sub>).

В качестве пределов глубины обогащения приняты 25 мм (как на действующих обогатительных фабриках) и 6 мм (предполагаемый — технически возможный предел). В исследованиях «Гипрошахта» этот предел равен 1 мм. В табл. 4 приведены прогнозные балансы продуктов обогащения для ТМК по данным «Гипрошахта» и по расчетам МОПС, а для сравнения дается расчет качества товарного сланца промпачки одного из перспективных участков ЭМК.

Как свидетельствуют прогнозы, при использовании освоенного в бассейне гравитационного обогащения (до глубины 20—25 мм) и при частичной выемке только лучшей части пласта (III<sub>b</sub>) можно ожидать получения мелкого сланца (отсев < 25 мм) с  $Q_s^d$  не более 8,1 МДж/кг и обогащенного кускового сланца с  $Q_s^d$  10,5—10,6 МДж/кг, что значительно меньше, чем у сланца, добываемого в бассейне в настоящее время.

При условии реализации всего товарного сланца (отсев + концентрат обогащения) в качестве энергетического сырья, его  $Q_s^d$  составит 7,5—8,6 МДж/кг, или всего 68—77 % от среднего качества сланца ( $Q_s^d$  10,09 МДж/кг), отгружаемого в настоящее время с предприятий ЭМК на электростанции. Нельзя ожидать резкого повышения качества товарного сланца и при условии снижения глубины обогащения до 6 мм. В любом варианте добычи сланца из шахт ТМК качество его будет несравненно ниже, чем из новых шахт, закладываемых на перспективных площадях ЭМК (табл. 4).

Для прогнозной экономической оценки добычи сланца на ТМК использован метод, базирующийся на зависимости производственных затрат и капитальных вложений от геолого-промышленных параметров пласта, и в первую очередь от вынимаемой мощности и глубины залегания полезной залежи [14]. Расчет выполнен на основе экономических показателей шахты-аналога с учетом соотношений указан-

Таблица 4. Прогнозные балансы продуктов обогащения  
Table 4. Prognosticated balance of preparation products

Индекс пласта	Глубина обогащения, мм	$Q_s^d$ горной массы, МДж/кг	Мелкий сланец (< 25 мм)		Кусковой сланец (25—125 мм)		Товарный сланец (0—125 мм)		Отходы и потери		Выход условного топлива на горную массу, %
			$Q_s^d$ МДж/кг	Выход, %	$Q_s^d$ МДж/кг	Выход, %	$Q_s^d$ МДж/кг	Выход, %	$Q_s^d$ МДж/кг	Выход, %	
Расчеты института «Гипрошахт» для ТМК											
III	1	6,6	10,7	32,1	11,8	14,9	11,1	47,0	2,6	53,0	18
III <sub>b+c</sub>	1	7,3	10,7	36,0	11,9	18,7	11,1	55,5	2,6	44,5	21
Расчеты по МОПС для ТМК											
III	25	6,7	6,9	70	10,5	13	7,5	83	3,0	17	21
	6	6,7	7,8	61	10,5	13	8,7	74	3,0	26	22
III <sub>b</sub>	25	7,9	8,1	70	10,6	18	8,6	88	3,3	12	26
	6	7,9	8,8	61	10,6	18	9,2	79	3,3	21	25
Расчеты по МОПС для шахты «Пермискюла» (ЭМК)											
В—F <sub>1</sub>	20	7,1	10,1	39	12,4	17	10,9	56	2,3	44	21



Таблица 5. Прогнозные экономические показатели добычи и обогащения горючего сланца ТМК, руб/т  
 Table 5. Prognosticated economical indicators of mining and preparation of oil shale (RUB per tonne)

Место-рождение	Вариант выемки пласта	Себестоимость добычи			Удельные капиталовложения (фондоёмкость)				Удельные приведенные затраты	
		горной массы (ГМ)	товарного сланца (ТС)	в пересчете на условное топливо (УТ)	ГМ	ТС	УТ	ТС	УТ	
Расчеты института «Гипрошахт»										
ТМК	III	5,1—8,8	9,8—17	34—58	38—77	72—147	248—510	17—31	59—109	
	III <sub>b+c</sub>	4,8	8,7	30	33—37	60—66	207—227	14,4—15,3	50—53	
Расчеты авторов										
ТМК	III	4,9	5,9	23	35	42	167	11	43	
	III <sub>b</sub>	6,3	7,2	24	41	47	158	13	43	
Средние фактические данные за 1989 г. по ПО «Эстонсланец»										
ЭМК	A—F <sub>1</sub>	2,7	4,3	13,2	—	10	30	5,3	16,2	
Проектные расчеты для перспективных шахт										
ЭМК, шахты:										
	«Куре-мяз»	A—F <sub>1</sub>	4,4	7,3	22	30	50	154	12,3	38
	«Пермикюла»	B—F <sub>1</sub>	5,4	9,5	32	31	52	177	14,7	50

Примечание. Предельно допустимые (замыкающие) затраты 40—45 руб/т УТ (данные института ВНИИГЭП, 1985 г.).



ных геологических параметров. За основу взяты проектные соображения по шахте «Куремяэ» как наиболее проработанные. Следует отметить, что при этом не учтена инфляция, к тому же капиталовложения в проекте «Куремяэ» недостаточны для создания инфраструктуры и проведения природоохранных мероприятий в условиях вновь осваиваемого месторождения.

Результаты авторских расчетов, вместе с соответствующими оценками института «Гипрошахт» и данными по действующим и перспективным шахтам ЭМК (для сравнения), приведены в табл. 5. Некоторые расхождения в прогнозных показателях добычи сланца на ТМК обусловлены тем, что за основу принимались разные технические и экономические решения. Низкие экономические показатели возможной добычи сланца на ТМК по сравнению с ЭМК, сложные экологические и социальные условия развития промышленности в этом регионе позволяют сделать однозначный вывод: до исчерпания ресурсов ЭМК Тапаское месторождение кукерситов не будет иметь народнохозяйственного значения.

## SUMMARY

The Tapa kukersite deposit is located to the southwest of the Estonia deposit (Fig. 1). In the stratigraphical section the III kukersite layer (seam) offering practical interest, belongs to the upper part of the Middle Ordovician Kukruse Regional stage (Fig. 2). In 1978—1982, prospecting-evaluation works were carried out in the deposit and the most perspective area (1.15 thousand sq. km) was established with kukersite reserves  $C_2$  by category amounting to 4.3 milliard tonnes by rock masses including 2.0 milliard tonnes of pure oil shale.

Layer III lies at the depth of 60—170 m, gently dipping (under the angle of 10—15') southwards. Morphostructure of the layer is complicated, containing 25—60% of limestone nodules, its thickness reaches 0.6—2.3 m. Vertically the highest concentration of the organic matter and the best quality of layer III are recorded in its middle part, areally, however, in the centre of the perspective area (Fig. 3). The characteristics of the layer III (for rock mass) are as follows: specific calorific value (by bomb) — 6—8 MJ/kg, oil yield (by Fischer) on oil shale — 9—13%, on organic matter content — 60—70%, ash content — 50—60%, sulphur content — 0.7—2.0%, humidity — 4—6% (Tables 1—3). The quality of the rock mass does not meet the present requirements of consumers, even if taken from the middle, high-quality part of the layer. Experiments and calculations carried out have proved that by the employment of gravitational concentration the depth of concentration should be reduced from 25 mm (used at working concentration plants) to 1 mm, which is technologically rather complicated and economically inexpedient (Table 4).

Economic value of possible oil shale mining at the Tapa deposit was estimated by project calculations (Institute Giproshaht, Leningrad) and by the method of analogy (the authors). The project of the Kuremäe mine served as an analogue, but the respective corrections of the thickness of the seam and its depth of bedding and of the commercial oil yield were made. Certain variations in the data of Table 5 can be explained by the use of different mining technologies.

The economic value of oil shale mining at the Tapa deposit, even by possible commercial sale of low-quality product, will be lower in comparison with the perspective mines of the Estonia deposit. Therefore, the Tapa deposit will have no industrial significance until the resources of the Estonia deposit are exhausted. Although the resources of the Tapa deposit have been counted as inferred ones, they are considered as hypothetical, due to their low technological characteristics. Recommendations for preliminary prospecting at the Tapa deposit are unfounded as its resources belong to the subeconomic class.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Каттай В. А. К оценке перспектив Тапаского месторождения горючих сланцев // Горючие сланцы / ЭстНИИНТИ. 1977. № 4. С. 9—13.
2. Левин А. С., Понькина Т. А. Анализ исходных материалов поисковых работ Тапаского сланценосного района // Там же. 1980. № 5. С. 16—22.
3. Рейнсалу Э. Я. Результаты оценки качества сланца и технико-экономических показателей добычи на Тапаском месторождении // Там же. 1981. № 11. С. 10—13.
4. 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.
5. Каттай В. А. Сравнительный анализ качества и технологических свойств горючих сланцев основных месторождений европейской части СССР // Там же. 1991. Т. 8, № 2.
6. Погребов Н. Ф. Прибалтийские горючие сланцы // Естественные производительные силы России. 1919. Т. 4. Вып. 20. С. 228—323.
7. Bekker H. Mõned uued andmed Kukruse lademe stratigraafiast ja faunast // Tartu Ülikooli Toimetised. Ser. A, VI. 1924. Nr. 1.
8. Левыкин В. В. Горючие сланцы Прибалтики (геология, гидрогеология, условия эксплуатации). — Л., 1947.
9. Мянниль Р. М. О стратиграфической схеме расчленения кукрузеского горизонта в стратотипической области // Изв. АН ЭССР. Геол. 1984. Т. 33, № 2. С. 46—54.
10. Мянниль Р., Бауэрт Х. Строение кукрузеского горизонта по меридиональному профилю через Эстонское и Тапаское месторождения горючих сланцев-кукерситов // Там же. № 3/4. С. 113—119.
11. Мянниль Р., Бауэрт Х. Строение кукерситоносной толщи  $C_{1c2}$ — $C_n$  // Строение сланценосной толщи Прибалтийского бассейна горючих сланцев-кукерситов. Таллинн, 1986. С. 25—37.
12. Вингусаар П., Каттай В., Угсал К. Состав кукерсита Прибалтийского сланцевого бассейна // Изв. АН ЭССР. Геол. 1984. Т. 33, № 2. С. 55—62.
13. Рейнсалу Э. Я., Кальювез Э. Г., Фрайман Я. Б. Экономико-математические модели прогнозирования развития добычи горючих сланцев. — М., 1983.
14. Рейнсалу Э. Я. Методические указания по прогнозированию развития сланцедобывающей промышленности. — М., 1984.

Институт геологии  
Академии наук Эстонии  
г. Таллинн  
Estonian Academy of Sciences,  
Institute of Geology  
Tallinn

Поступила в редакцию  
30.05.90

Received 30.05.90