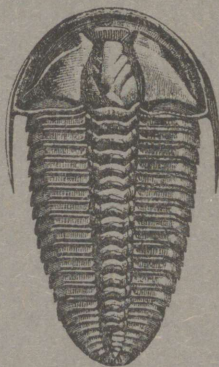


А. В. КОЖЕВНИКОВ

# ГОРЮЧИЕ СЛАНЦЫ

I

ГЕНЕЗИС, РАСПРОСТРАНЕНИЕ И  
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ



---

ГИЗ „НАУЧНАЯ ЛИТЕРАТУРА“

ESTICA

A-9925

А. В. КОЖЕВНИКОВ

# ГОРЮЧИЕ СЛАНЦЫ

I

ГЕНЕЗИС, РАСПРОСТРАНЕНИЕ И  
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Konstuslik kontrolleksmpjar



ГИЗ „НАУЧНАЯ ЛИТЕРАТУРА“

ТАРТУ, 1947

*Est.*



7999

## I. Очерк истории сланцевой промышленности.

Попытки использовать горючие сланцы в качестве кускового топлива и для переработки в продукты, получающиеся путём сухой перегонки, известны издавна. С тех пор, как была открыта и стала применяться нефть, горючие сланцы и их переработка в большинстве стран деградировали. Однако за последние десятилетия, когда в промышленности, транспорте и военном деле необычайно быстро стало развиваться применение различных моторов внутреннего сгорания, возникла настоятельная потребность во много раз расширить количество производящих топливных баз. Географическая отдалённость нефтеносных районов не должна связывать функционирование потребителей. В этих условиях естественно возрождение сланцевой добычи и переработки горючих сланцев на моторные топлива. Богатая история сланцевой промышленности будет продолжена наряду с историей нефтяной промышленности.

Примером давних попыток использования горючих сланцев может служить переработка Зеефельдовского сланца в Германии, начатая в 1596 г. Эта установка производила ихтиол до последнего времени.

Известно, что ещё Пётр I-й обратил внимание на необходимость изучения и разработки отечественных сланцев. По его приказу сланцы района р. Ухты (Северный край) были отправлены в 1697 году для исследования в Голландию.

Примеров столь давнего внимания к горючим сланцам можно было бы привести несколько десятков.

Обратимся к данным о мировых запасах горючих сланцев. По ориентировочным подсчётам они представляются в следующих цифрах:

США . . . . .	400 млрд. тонн
Германия . . . . .	117 " "
СССР (при малой разведанности)	60 " "
Швеция . . . . .	10 " "
Англия . . . . .	более 9 " "
Манчжурия. . . . .	5 " "

---

Всего 601 млрд. тонн.

Приведённые цифры показывают, каких огромных размеров достигают залежи горючих сланцев, но эти цифры ни в коей мере не отражают действительного состояния запасов. Подавляющее большинство месторождений горючих сланцев не оконтурено, или оконтурено лишь частично.

Отсюда очевидно, что приведённые цифры значительно меньше действительных запасов. Следует иметь в виду и отсутствие данных по некоторым странам, хотя известно залегание сланцев в Австрии, Франции, Югославии, Болгарии, Канаде, Бразилии, Перу, в Австралии и в Африке.

Английская промышленность по переработке горючих сланцев, начатая на базе шотландских месторождений в 1810 году, является если не самой старой, то наиболее передовой, широко развитой и технически хорошо оснащённой промышленностью в течение XIX и в начале XX столетий. Эта промышленность насчитывает теперь 130-летний опыт. Первые 30 лет этого периода она была вне конкуренции, продавала масла и парафин не только на островах королевства, но и в странах континентальной Европы. В 50-х годах прошлого столетия на мировой рынок поступила американская и русская нефть. Это обстоятельство тяжело отразилось на сланцевой промышленности, и, чтобы спасти положение, потребовалась быстрая перестройка технологии на производство сульфата аммония. В результате в начале XX столетия шотландская сланцевая промышленность ещё являлась главным поставщиком парафина: в 1913 году было продано 62 тыс. тонн сульфата аммония, выходы смолы составляли от 8 до 13,5%; в 1916 году на заводах и рудниках было занято 10 тыс. человек.

Наибольшего расцвета шотландская сланцевая промышленность достигла в годы первой империалистической войны, когда потребителями сланцевых масел были морской и воздушный флоты Англии.

Послевоенное время пагубно отразилось на сланцевой промышленности. Дивиденды упали, в связи с чем произошёл отлив капиталов. Сланцеперегонные заводы были скуплены нефтяной компанией „Англо-Персидская нефть“ и приспособлены для переработки нефти.

Как упоминалось выше, начало сланцепереработки в Германии относят еще к 1596 году, но серьёзного развития эта промышленность достигла только в 30-х годах прошлого столетия после разработки немецким химиком Рейхенбахом метода получения парафина, и французом Селлигом — методов выработки осветительных масел.

В 1849 году в Вюртемберге был построен сланцеперегонный завод. Наиболее значительная переработка сланцев была организована в Месселе и в Саксонии. Производство масла доходило до 16 тыс. тонн в год. Как и в Англии, война способствовала развитию сланцевой промышленности, а послевоенный период привёл её к упадку.

Во время второй мировой войны в Германии усиленно работали над переработкой горючих сланцев.

Во Франции возникновение сланцевой промышленности относится к 1838 г., когда Селлигом был создан и пущен первый завод по производству осветительных масел. В общем французская сланцевая промышленность прошла обычный путь, подобный описанным выше.

Заводы были построены около сланцевых месторождений Бюк-сиер-лэ-Мин и Отэн. Переработка сланца давала от 7 до 8<sup>0</sup>/<sub>0</sub> смолы и от 0,8 до 1,3<sup>0</sup>/<sub>0</sub> серно-аммонийной соли. Кроме того, получалось до 0,05<sup>0</sup>/<sub>0</sub> парафина на вес сланца.

До 1843 года существовал один завод, но уже в 1861 году было добыто 43 450 тонн сланца, что в пересчёте на масло составляет 1 700 тонн. В 1862 году добыча сланца, только за один год, увеличивается вдвое и достигает 84 850 тонн, а в 1864 году — 128 500 тонн. В этом году производство масла из сланца достигает 4 750 тонн. Переработкой сланца занимаются не менее 20 концессий. Конкуренция нефти привела к необходимости перестройки методов переработки аналогично применявшимся в Шотландии. Одновременно потребовалась поддержка со стороны правительства. В остальном участь французской сланцевой промышленности аналогична положению в других странах.

В Испании известны месторождения сланцев в Педро-Мартинецком бассейне, в провинции Гранада, около Теруэля, около Пуэртоллана и в других местах. Работал сланцеперегонный завод, имевший 50 реторт с общей производительностью в 100 тонн сланца и с выпуском 16 000 литров сырого масла в сутки. Аммиачная вода перерабатывалась на сульфат аммония.

США обладают самыми богатыми залежами горючих сланцев, насчитывающими более 400 миллиардов тонн. Среди этих залежей имеются сланцы, способные давать более, чем 22<sup>0</sup>/<sub>0</sub> смолы, как напр. сланцы Грин-Ривер.

Начало переработки горючих сланцев в США относится ещё к первой половине прошлого века.

Перегонка горючих сланцев производилась на 50 заводах до момента открытия и применения Пенсильванской нефти. Но боль-

шого развития сланцевая промышленность не получила вследствие нефтяной конкуренции.

В 1920 году был издан закон, запрещающий заявки на горючие сланцы; а в 1930 г. был издан новый закон, согласно которому все государственные запасы горючих сланцев бронируются для классификационных и исследовательских целей.

Постоянно работающих заводов по переработке горючих сланцев в США нет, но опытно-заводские работы на установках ведутся по изысканию наиболее рациональных методов переработки.

Австралия является обладательницей богатейших залежей горючих сланцев, с чрезвычайно малой зольностью, доходящей в ряде случаев всего лишь до 9%. В Мельбурне и Сиднее существуют газовые заводы, работающие на сланцах, а также значительное количество перегонных заводов, объединённых одной компанией. Начало австралийской сланцеперерабатывающей промышленности относится к шестидесятым годам прошлого столетия, но развитие её, как и в прочих странах, тормозится конкуренцией нефти.

Из стран, в которых сланцевая промышленность имеет небольшую давность, следует отметить Швецию и Японию.

В Швеции наиболее значительные месторождения находятся в Кинне-Кулле, Эстергетланде и Нерке. В 1918 г. в Швеции пустили в эксплуатацию первую промышленную установку в Ланне, но её приостановили через два года. С 1925 г. работали реторты Берга в Кинне-Клева.

Япония развивала переработку фушунских сланцев (Манчжурия, в 62 км от Мукдена, в долине реки Хуан-Хе). Сланцы фушунского месторождения многозольны и обладают незначительным выходом (около 4%) смолы, но удачное залегание их поверх угольных пластов делает экономически возможной их переработку. В 1927 году работала генераторная установка с производительностью в 40 тонн сланца в сутки. Был построен завод, рассчитанный на переработку 1500 тыс. тонн сланца в год. В 1931 году эта мощность была почти достигнута.

После реконструкции завода в 1933 году производительность должна достичь приблизительно 3 000 000 тонн сланца в год. В 1931/32 годах была получена следующая продукция:

Сырой смолы . . . . .	40 200 тонн
Парафина . . . . .	12 600 „
Сульфата аммония . . . . .	3 400 „

К 1942 г. переработка сланца производилась не только на старом (западном) заводе, оборудованном 150-тонными генераторами, но и на

новом (восточном) заводе со 180-тонными генераторами. При этом было получено первичной смолы за 1942 год:

На западном заводе 231 000 тонн

На восточном „ 140 000 „

---

Всего 371 000 тонн.

Добыча сланца в 1944 г. ориентировочно составляла 9 миллионов тонн.

В России горючие сланцы использовались населением в качестве топлива с очень давних пор. Выше мы уже упоминали, что ещё Пётр I отправлял образцы горючих сланцев из района реки Ухты в Голландию для исследования (1697 г.). В 1789 г. и последующих годах Энгельгардом и Георги исследуются кукерситные сланцы. Над исследованием кукерситных и волжских сланцев и методами их переработки в десятых и двадцатых годах нашего столетия много работали Фокин, Вальгис, Курбатов и др.

На Кендерлыкском угольно-сланцевом месторождении производилась эксплуатация горючих сланцев, начиная с 1884 по 1924 г. Добывалось от 164 до 393 тонн сланца в год.

Добытый здесь сланец потреблялся в г. Зайсане.

Н. М. Попов сообщает, что были попытки использования сланцев Обще-Сыртовского и Чернозатовского месторождений в западной части Казахстана. Так, известно сжигание сланца второго месторождения под паровыми котлами ещё в 1876 году. Местными жителями велись разработки сланцев Улычловского, Кашпирского, Обще-Сыртовских месторождений, залежей по р. Куль в бассейне р. Кашка-Дарьи в Средней Азии, близь б. укрепления Карадах в Гунибском районе Дагестана и в др. местах.

Наиболее широкий размах сланцевое дело получило после Октябрьской Социалистической революции 1917 года. Развитием сланцевой промышленности руководил Главный сланцевый комитет. Силами собранных комитетом рабочих и трудармии разрабатывались Веймарское, Кашпировское, Ундоровское и Савельевское месторождения. Кендерлыкское месторождение в 1920 году также перешло в распоряжение местных властей.

В. И. Ленин уделял большое внимание сланцевому делу и одобрял инициативу работников Главсланца и Геологоразведочных учреждений.

Планомерное развитие и освоение сланцевого дела началось в период первой сталинской пятилетки. Особую заботу о развитии до-

бычи и переработки горючих сланцев в Ленинградской области (Гдовское месторождение) проявлял Сергей Миронович Киров. Широкий размах гдовских рудников был задуман и осуществлён Сергеем Мироновичем.

В целом ряде решений партии, начиная с XVI Съезда ВКП(б), развитие сланцевой промышленности признаётся неотложной задачей. За годы первой сталинской пятилетки, на смену старым кустарным заводам в Москве и Осташкове, отстроены 2 новых опытных сланце-перегонных завода на Кашпире и в Ленинграде.

XVIII Съезд ВКП (б), утверждая 3-ю сталинскую пятилетку, постановил построить 23 завода искусственного жидкого топлива, имея в виду и переработку горючих сланцев.

Добыча сланцев в СССР отражена в таблице № 1.

Таблица № 1.  
Добыча сланцев в СССР. \*)

Годы	Тонны	Годы	Тонны
1919	4 455	1929	16 613
1920	30 615	1930	27 190
1921	19 132	1931	149 977
1922	18 215	1932	318 150
1923	20 541	1933	174 253
1923/24	6 008	1934	206 428
1924/25	1 903		
1925/26	1 871		
1926/27	5 209		
1927/28	562		

Вторая пятилетка явилась периодом развития добычи и широкого внедрения её механических методов. Так, уже в 1933 году наиболее передовой Кашпирский рудник достиг механизации, равной 60% от общей добычи сланца. Развитие гдовских рудников проходило с одновременным широким внедрением механизации.

Сбыт горючих сланцев затруднялся в значительной мере отсутствием регулярно работающего транспорта. Так, Кашпирские и Ундорские рудники для отгрузки сланца использовали период навигации по Волге.

Добыча горючих сланцев по отдельным рудникам за время до 1935 года представлена в таблице № 2.

\*) Данные добычи печатаются без учёта ЭССР.

Таблица № 2.

Рудники		Годы					
		1929	1930	1931	1932	1933	1934
1.	Веймарнский (Веймарнское месторождения) . . . . .	7 368	9 288	30 506	40 146	—	—
2.	Алексеевский (Веймарнское месторождение) . . . . .	—	—	9 274	32 851	—	—
3.	Ундоровский (Ульяновское месторождение) . . . . .	—	108	11 495	12 616	—	—
4.	Захарьевский (Ульяновское месторождение) . . . . .	—	532	19 361	39 680	10 728	—
5.	Савельевский . . . . .	—	—	6 769	73 076	47 951	41 529
6.	Кашпирский . . . . .	9 245	17 262	72 578	119 781	107 994	107 727
7.	Гдовский . . . . .	—	—	—	—	7 580	57 172
По СССР		16 613	27 190	149 977	318 150	174 253	206 428

Химическая переработка горючих сланцев некоторое время была сосредоточена на 2-х заводах. При этом Кашпирский завод, перерабатывающий высокосернистые сланцы Кашпирского месторождения, вполне освоил технологию производства медицинских препаратов типа ихтиола и выпускает товарную продукцию.

Выпуск продукции Кашпирским заводом виден из таблицы № 3.

Переработку кашпирских сланцев на жидкое топливо в настоящее время трудно представить, вследствие очень высокой сернистости, особенно лёгких фракций сланцевой смолы.

Таблица № 3.

Продукция в килограммах		Годы					
		1928/29	1930	1931	1932	1933	1934
1.	Ихтиол медицинский и ветеринарный . . . . .	43 800	70 226	37 885	8 420	81 917	122 949
2.	Элементная смолка . . . . .	168 100	592 490	967 227	405 870	—	—
3.	Пёк . . . . .	—	—	—	—	15 486	44 970
4.	Смола флотационная . . . . .	—	—	—	—	53 100	60 518
5.	Неокреолин . . . . .	—	—	—	—	1 014	17 273
6.	Сульфихтон . . . . .	—	—	—	—	—	18 214
7.	Альбихтол . . . . .	—	—	—	—	—	22

Ленинградский опытный завод принадлежит научно-исследовательскому институту и занимается разработкой технологии получения газов из горючих сланцев и выработкой жидких топлив на базе швелевания в тоннельных печах. В настоящее время разработана технология получения моторного топлива из сланцев в опытно-заводском масштабе.

В тоннельной печи переработано более 3500 тонн гдовского сланца и получено около 500 тонн сланцевой смолы, которая в свою очередь превращена в целую гамму бензинов, моторных топлив и других продуктов.

Особо следует отметить развитие сланцевой промышленности в Эстонской ССР.

ЭССР обладает значительными залежами горючих сланцев. Геологические запасы исчисляются здесь в 5 млрд тонн. Сланцы Эстонии и Гдовские сланцы, расположенные в Прибалтийском районе и входящие в состав одного и того же месторождения, залегают с некоторым наклоном к юговостоку. Эти сланцы представляют собой богатый материал для химической переработки.

Правда, горючие сланцы Прибалтийского района следует различать. Здесь имеются диктиномовые сланцы, более древние, относящиеся к верхнекембрийским отложениям, бедные органической массой. Исследование этих сланцев впервые произвёл академик Гельмерсен в 1838 году. Но ещё в 1791 г. И. Георги сообщал об открытии и исследовании Энгельгардом в 1789 г. горючих сланцев второго горизонта, залегающего среди нижнесилурийских известняков кукерского яруса. Эти сланцы богаты органической массой и неоднократно применялись как для сжигания, так и для сухой перегонки. Но серьёзное развитие сланцевой промышленности в Эстонии началось только в 1917—18 годах.

К 1940 году добыча сланцев в Эстонии достигла 1886000 тн в год, а выработка сланцевых продуктов достигла к этому времени — 174100 тн в год. Переработка была сосредоточена на государственном сланцеперегонном заводе в Кохтла и на 3 других заводах. Государственный завод в Кохтла оборудован печами Пинча. Заводы Кивийыли и Силламяги имеют тоннельные печи. Завод Гольдфильде оборудован вращающимися ретортами Давидсона.

До 1941 года при государственном заводе работал крекинговый цех, перерабатывавший 35 тонн средних фракций смолы в сутки.

Сланцевые продукты потреблялись не только внутри страны, но и экспортировались.

Добыча сланца и производство сланцевого масла в ЭССР:

Таблица № 4.

Годы	Добыто сланца в тыс. тн.	Получено масла в тыс. тон.	Годы	Добыто сланца в тыс. тн.	Получено масла в тыс. тон.
1918	0,16	—	1933	496,9	37,6
1919	9,6	—	1934	588,9	46,8
1920	48,7	—	1935	604,2	47,3
1921	95,5	0,1	1936	766,1	63,4
1922	142,1	0,3	1937	1 112,4	111,7
1923	214,5	0,4	1938	1 401,6	140,2
1924	233,6	0,3	1939	1 642,0	180,1
1925	288,0	3,1	1940	1 886,4	174,1
1926	430,5	5,8	1941—	1 034,0	81,7
			I (полов.)		
1927	389,7	4,3	1941—	141,0	5,6
			II (полов.)		
1928	446,1	11,9	1942	724,0	53,1
1929	517,6	10,8	1943	1 305,9	110,0
1930	498,0	10,0	1944 по	1 064,8	78,6
1931	499,5	17,1	15/IX		
			1945	823,8	26,8
1932	492,6	36,6			

## II. Происхождение горючих сланцев.

### 1. Каустобиолиты.

Современное учение о происхождении горючих ископаемых отвергает возможность возникновения последних из неорганической материи (исключая вулканическую серу). Считается доказанным, что все горючие ископаемые органического происхождения, и они объединяются общим названием „каустобиолитов“ (от греческих слов: *kaustos* — горючий, *bios* — жизнь и *lithos* — камень).

В образовании интересующих нас ископаемых горных пород, т. е. углей, торфов, горючих сланцев и нефтей, участвовали разнообразные представители животного и растительного мира, в самые различные геологические эпохи. Отложения каустобиолитов известны с древних периодов палеозойской эры, они имеются и во всех последующих геологических формациях, вплоть до нашего времени. Органическая жизнь развивалась, и соответственно усложнялись организмы. Менялись климатические условия, и в связи с этим перестраивались формы органической жизни.

В каждый данный геологический период, как и в наше время, можно наблюдать необычайное разнообразие конкретных условий, в которых отлагается органический материал, начиная от консервирующего действия районов вечной мерзлоты до бесследно уничтожающих органическую материю проточных вод и атмосферных условий на земной поверхности. Несмотря на бесчисленное многообразие условий отложения органического материала и его форм от альг до высокоорганизованных растений и млекопитающих, — время и физические условия залегания производят жестокую нивелировку органического материала. В результате из бесчисленного количества разнообразных организмов получают считанные классы ископаемых каустобиолитов.

Ископаемые каустобиолиты делятся на два основных класса: 1) сапропелиты и 2) гумусовые отложения. Третий класс, так наз. липтобиолиты, состоящий из прочных соединений, какими являются

воски и смолы, не играет значительной роли в образовании горючих торных пород.

Сапропель, или гнилостный ил, представляет собой отложения любых фито- и зоогенных организмов и ила. Простейшие водные организмы составляют нечто, стоящее в основании разветвления на растительный и животный мир. Наиболее интересующей нас составной частью этих отложений являются жиры, которые в процессе распада превращаются в глицерин и органические кислоты самых разнообразных рядов. Глицерин бесследно исчезает из мест отложения, растворяясь в воде и уносясь ею. Органические кислоты могут декарбонизироваться, уплотняться и полимеризоваться по двойным связям, тем самым превращаясь в сложный углеводородный материал. Известны многочисленные анализы остатков органических веществ, обнаруживаемых на скотских кладбищах, в местах, где несколько десятков лет назад были зарыты трупы животных. Во всех описанных случаях анализ показал более 90—97% карбоновых кислот в оставшемся органическом материале. Это обстоятельство можно привести в подтверждение того, что началом сапропелевых образований могут служить продукты уплотнения углеводородных частей карбоновых кислот.

Гуминовые вещества представляют собой продукты распада некоторых составных частей растений. Углеводы и белки подвержены быстрому разрушению, а лигнин превращается в гуминовые кислоты, постепенно уплотняющиеся и теряющие способность реагировать в качестве кислот. Гуминовые вещества становятся нейтральными соединениями, представляющими основу всех главных видов ископаемых каменных углей.

Тот и другой органический материал, в процессе отложения, смешивается с минеральными веществами, образуя так называемую золу. Зола топлив обычно представлена двумя видами: первичной и вторичной золой. Очень часто (почти всегда) организмы содержат некоторое количество зольных элементов и, отмирая, отлагают золу вместе с органической частью. Такая зола называется первичной. Но, наряду с этим, другая часть золы приносится водой при размывании осадочных пород и оседает в тихих водоёмах вместе с органическим материалом. Эта минеральная часть носит название вторичной золы.

Многие считают, что трудно представить себе накопление такого огромного органического материала (особенно животного) в одном месте без участия массового отмирания организмов, происходящего

в результате геологических катастроф. Нам кажется, что если допустить возможность резкого изменения условий жизни организмов, то безусловно произойдет массовое отмирание их, но очень возможно, что известные нам залегания горючих ископаемых своим происхождением обязаны не катастрофам, а нормальному постепенному отмиранию организмов. Современный режим живых болот показывает кипучую деятельность организмов. Мощные многометровые отложения болотных организмов происходят на наших глазах.

В Сибири и северо-западных районах Европейской части СССР огромные пространства заняты мощными торфяными болотами, на которых один слой растений, отмирая, служит подстилающим слоем для вновь произрастающих растений и т. д., на много метров глубины.

Этот гумусовый материал при последующем превращении приводит к образованию всех известных гумусовых углей вплоть до антрацитов. Г. Потонье<sup>1)</sup> перечисляет многочисленные известные ему сапропелевые болота и озёра. А. Криштафович<sup>1)</sup> указывает, что в озере Белом около ст. Болгое наблюдаются отложения сапропеля до 10 метров мощности. Всё это — происходящие на наших глазах случаи мощных отложений чистого жирового материала в сапропелевых болотах и озёрах, дающих начало новым залеганиям сапропелитов. Известны и такие случаи, когда поочерёдно имели место отложения сапропелевого и торфяного материалов, в результате чего произошли так называемые полосатые угли (Streifenkohle).

Таким образом современные нам болота и спокойные озёрные и морские водоёмы показывают многочисленные примеры отложения огромного количества растительных и животных организмов без участия катастроф и, следовательно, без массовой гибели организмов.

Накопление материнского вещества для образования горючих ископаемых происходит перманентно в результате нормальной жизнедеятельности болот и др. пресных и солёноводных водоёмов.

До сих пор мы вели рассуждения на основе примеров современных болот, но не следует забывать, что современная культура не бережёт болот, и наоборот затрачиваются громадные средства для их ликвидации путем дренажа и высушивания. Когда человечество не столь активно переделывало природу, болот и озёр было несравненно больше, и трудно представить себе, как велико было их распространение.

Всего только две—три тысячи лет тому назад страны Европы представляли собой почти сплошь заболоченные места.

Известно, что многочисленные походы древних римлян в центральную и северную Европу были чрезвычайно затруднены непрохо-

димостью этих стран, и войско было вынуждено передвигаться по рекам или прокладывать многовёрстные гати по трясинам и болотам.

Огромные болота, озёра и закрытые моря палеозоя, мезозоя и первых периодов нашей эры были местами возникновения жизни и отмирания материнского вещества горючих ископаемых.

## 2. Горючие сланцы.

Термин „горючие сланцы“ объединяет большое количество разнообразных горючих ископаемых, отличающихся высоким содержанием золы, представленной главным образом известковыми, кремнёвыми и глинистыми осадочными породами. Органическое вещество горючих сланцев обычно содержит большее количество водорода, чем любой гумусовый уголь. При очень большой разбавленности минеральными породами и при наличии чрезвычайно тонкого переплетения органических и минеральных составляющих, органическая часть сланца не может быть выделена и тщательно изучена. Микроскопическое исследование тонких срезов до сих пор дало очень немного для понимания природы этих образований. До сих пор ещё не проведена большая совместная работа химиков и биологов над разнообразными образцами горючего сланца. Всё это затрудняет понимание происхождения горючих сланцев и их определение.

П. Когерман<sup>2)</sup> даёт большую сводку гипотез об образовании прибалтийских кукерситных сланцев. Он указывает, что первоначальное вещество микроскопических водорослей и других планктонных организмов, повидимому, сильно изменено. В образовании кукерсита принимали участие наиболее стойкие соединения, т. е. воски и смолы, наравне с продуктами разрушения протеинов и целлюлозы, с одной стороны, и продуктами гниения организмов — с другой, причём первая группа веществ, повидимому, преобладает. Американский геолог Р. Д. Джорж допускает возможность участия животных организмов в образовании битуминозных веществ, но основным исходным материалом считает растения, по аналогии с образованием каменных углей. Проф. Давид, изучая под микроскопом сланцы Нового Южного Уэльса, пришёл к выводу, что исследуемые сланцы вероятно образовались в озёрах из мельчайших растительных телец, повидимому, из спорангиев или из водорослей. Даусон, Уайт, Девис и др. полагают, что сланцы образовались в водоёмах, в результате отложения растительного и только частично животного материала. М. Д. Залески м материнское вещество кукерситного сланца определяется как колонии водорослей *gloecapsomorpha prisca*.

Залесский называет кукурсит сапроколом. Линденбейн, Г. Винклер и Г. Беккер, изучавшие кукурсит под микроскопом, помещают сланец в класс сапропелей и относят его происхождение за счёт отложения микроводорослей. А. Розанов<sup>3)</sup> относит более молодые волжские и кавказские сланцы (юрские отложения) к образованиям сапропелевого характера из морских животных и водорослей, главным же образом из солёноводного планктона. Остатки морских животных организмов действительно часто видны, напр. в Кашпирских сланцах, даже невооружённым глазом. Одновременно И. Курбатов<sup>4)</sup> утверждает, что ему удалось, обрабатывая щёлочами кашпирский сланец, извлечь до 32—39% органического вещества.

Вытяжка показала следующий элементарный состав: С = 57,8%; Н = 4,7%; О + N = 37,5%, реакция на серу указывала лишь незначительные следы. Автор относит экстракт к гуминовым кислотам; тем самым предполагается, что материнским веществом керогена волжского сланца являются высшие растения. А. Архангельский<sup>5)</sup>, выдающийся знаток сланцев СССР, относит все русские горючие сланцы к сапропелевым образованиям.

### III. Определение горючих сланцев.

Кероген горючего сланца обладает характерной особенностью с точки зрения химического состава. Эта особенность заключается в относительно большом содержании водорода.

В самом деле, рассмотрим соотношение между углеродом и водородом для некоторых горючих ископаемых. Такое соотношение для различных марок Донбасского угля выражается цифрами, помещёнными в таблице № 5.

Таблица № 5.

Марка угля	% С	% Н	$\frac{С}{Н}$
Д	81	5,5	14,7
Г	83	5,0	16,6
ПЖ	87	4,7	18,6
К	90	4,5	20,0
ПС	92	4,3	21,4
Т	93	3,9	23,8
А (все сорта)	96	1,9	50,5

Таблица № 5 показывает, что отношение углерода к водороду для углей не бывает ниже 14,7, как это имеет место для жирных длинно-пламенных углей; но одновременно доходит до 50 у антрацитов.

В таблице № 6 сведены данные соотношения между углеродом и водородом для некоторых торфов.

Таблица № 6.

Наименование	% С	% Н	$\frac{С}{Н}$
Торф из глубины 0,5 метра	56,3	5,3	10,6
” ” 1,5 ”	56,7	5,8	9,8
” ” 3,5 ”	57,2	5,5	10,3
” ” 5,5 ”	58,6	5,7	10,3
” ” 7,5 ”	61,4	5,7	10,8

Цифры таблицы № 6 показывают, что отношение углерода к водороду для торфов находится в пределах 10—11.

То же соотношение для сибирских сапропелей видно из таблицы № 7.

Таблица № 7.

Наименование	% С	% Н	$\frac{С}{Н}$
Плотный . . . . .	76,5	9,80	7,8
Слоистый шурф № 1 . . . . .	78,5	10,73	7,3
Плита Наследова . . . . .	66,64	9,84	6,75
Матаганский . . . . .	78,69	10,81	7,26
Сухо-Куятский . . . . .	76,82	8,85	8,67

Таким образом соотношение  $\frac{С}{Н}$  в сапропелях находится в пределах 6,5—8,7.

Для горючих сланцев данные соотношения между углеродом и водородом приводятся в таблице № 8.

Таблица № 8.\*)

№ № пп	Наименование	% С	% Н	$\frac{С}{Н}$
1.	Гдовский сланец . . . . .	77,0	9,2	8,3
2.	Эстонский „ . . . . .	76,5	9,2	8,3
3.	Кашмирский I пласт . . . . .	29,0	3,5	8,3
4.	„ II „ . . . . .	19,0	2,0	9,5
5.	Общий Сыртовский: I пачка Ильсова . . . . .	19,0	2,5	7,6
6.	„ „ II „ „ . . . . .	37,1	4,5	8,2
7.	„ „ шурф 10, слой 2-й . . . . .	22,0	3,03	7,3
8.	Общий Сыртовский шурф 17, слой I-й . . . . .	34,8	4,2	8,3
9.	Ст. Ватраки проба № 1 . . . . .	10,96	1,47	7,5
10.	Ст. Ватраки „ № 2 . . . . .	29,24	3,25	9,0
11.	Ст. Ватраки „ № 3 . . . . .	41,97	4,32	9,7
12.	Ст. Ватраки „ № 4 . . . . .	32,47	3,78	8,6
13.	Вятский сланец пр. № 497 . . . . .	17,00	2,69	6,3
14.	„ „ „ № 527 . . . . .	17,46	2,47	7,1
15.	„ „ „ № 611 . . . . .	27,22	3,62	7,5
16.	„ „ „ № 700 . . . . .	19,77	3,10	6,4
17.	Вурнарский сланец . . . . .	32,95	4,41	7,5
18.	Вурнарский ракушечник . . . . .	13,85	1,9	7,3

\*) Данные порядковых № № 19—25 заимствованы из книги „Сланцы“ Рольф Х. Мак-Ки ОНТИ, 1934, стр. 60.

№ № пп	Наименование	% С	% Н	$\frac{С}{Н}$
19.	Броксборн (Шотландия) . . . . .	19,51	2,48	7,9
20.	Памферстон (Шотландия) . . . . .	24,88	3,67	6,8
21.	Коммонуэл (Австралия) . . . . .	63,58	7,81	8,1
22.	Солдатская вершина (Юта) . . . . .	13,51	1,70	7,9
23.	Элко (Невада) . . . . .	37,65	5,43	7,2
24.	Грэнд Вэли (Колорадо) . . . . .	23,67	3,50	6,8
25.	Айон (Калифорния) . . . . .	50,95	5,77	8,8

Очевидно, что соотношение  $\frac{С}{Н}$  в керогене горючих сланцев находится в пределах от 6,3 до 9,7.

Суммируя изложенное, получим пределы отношения углерода к водороду:

1. Для углей от . . . . . 14,7 до 50,5
2. Для торфов от . . . . . 9,8 до 10,8
3. Для сибирских сапропелей от . . . . . 6,4 до 8,7
4. Для горючих сланцев от . . . . . 6,3 до 9,7

Известны случаи, когда залегания угля чередуются с залеганиями горючих сланцев. В Мезозойских углях Черемховского бассейна зумпфовый пласт угля<sup>6)</sup>, мощностью 2 метра в нескольких местах по толщине, переслаивается пластами горючих сланцев. Несмотря на переплетение пачек угля и сланца, органическое вещество тех и других сохраняет безусловное постоянство химического состава, свойственное данным каустобиолитам. Приводим цифры по отдельным пачкам пласта в таблице № 9.

Т а б л и ц а № 9,

№№ пачек	% С	% Н	$\frac{С}{Н}$
1	72,05	7,71	9,3
2	77,28	5,66	13,7
3	66,37	8,26	8,05
4	76,97	5,59	13,8
5	76,85	5,83	13,3
6	69,05	9,60	7,2
7	43,23	10,58	4,1
8	75,00	5,51	13,6
9	75,66	5,54	13,6
10	73,09	5,42	13,5

В свете разобранных ранее соотношений легко ориентироваться и в данных таблицы № 9. Очевидно, что пачками горячего сланца являются №№ 1, 3, 6 и 7, так как их органическое вещество очень богато


<i>Разрез через пласт</i>	<i>Мощность пачки</i>	<i>№ пробы</i>	<i>Наименование отдельных пачек</i>
	15	1	<i>Горячий сланец</i>
	10		
	62	2	<i>Блестящ. уголь с раковист. изломом</i>
	10	3	<i>Углистый глинистый сланец</i>
	23	4	<i>Блестящ. уголь</i>
	2	5	<i>Блестящ. уголь с раковист. изломом</i>
	15		
	7	6	<i>Сланец „чортова кожа“</i>
	8		
	14	7	<i>Углистый глинистый сланец</i>
14			
30	8	<i>Блестящ. уголь с раковист. изломом</i>	
2			
20	9	<i>Блестящ. уголь</i>	
20	10	<i>Блестящ. уголь с раковист. изломом</i>	
35			

Рис. 1. Разрез зумффового пласта.

водородом; соотношение  $\frac{C}{H}$  находится в пределах от 4,1 до 9,3, т. е. в пределах, характерных для керогена, пачками же угля являются №№ 2, 4, 5, 8, 9 и 10. Их органическое вещество имеет однообразный состав, и соотношение  $\frac{C}{H}$  колеблется в пределах от 13,3 до 13,8, т. е. приближается к таковому жирных углей, рассматриваемых нами в таблице № 5.

Содержание серы, азота и кислорода в горючих сланцах колеблется в очень широких пределах и не может являться характерным признаком. Например, количество азота для некоторых шотландских горючих сланцев достигает 3%, в то время, как для кукерситов оно равняется ~ 0,2%.

Отсюда можно заключить, что характерным признаком для суждения об органической массе ископаемого должно быть соотношение между углеродом и водородом. Сравнение отношения  $\frac{C}{H}$  для углей, торфов, сапропелей и горючих сланцев показывает, что органическое вещество сапропелей и горючих сланцев, независимо от геологического возраста, имеет одно и то же содержание углерода и водорода, что, повидимому, обусловлено идентичностью материнского вещества и условий последующего преобразования.

Основная разница между сапропелями и горючими сланцами заключается в условиях отложения органического вещества. Специфичность условий отложения органического вещества сланца состоит в том, что его накопление на дне водоёма происходило одновременно с не менее обильным отложением минеральных пород. Минеральная часть гдовского сланца представляет собой не только приносимые осадочные породы, но и минеральные составляющие организмов, т. е. первичную золу. Однако характер минеральной части гдовского сланца определяется вторичной, приносимой извне золой, в силу её количественного превосходства. Минеральная часть горючих сланцев меняется в зависимости от геологического возраста и следовательно характера этих отложений. Так, силурийские кукерситные сланцы имеют главным минеральным компонентом — известковые образования, а позднейшие мезозойские, напр. волжские, сланцы являются глинистыми.

Таким образом горючие сланцы представляют собой рассеянный сапропель различного геологического возраста, отлагавшийся одновременно с минеральными осадочными породами.

Повидимому, при тщательном изучении керогена, в некоторых горючих сланцах можно встретить гумусовые вещества чисто растительного происхождения, но присутствие их в керогене не является характерным признаком и занимает подчинённое место.

Нахождение места горючих сланцев среди каустобиолитов представляет большой интерес и проливает значительный свет на вопросы происхождения горючих сланцев и их взаимосвязь с другими представителями обширной семьи каустобиолитов.

В любом каустобиолите представлены все органогены, содержа-

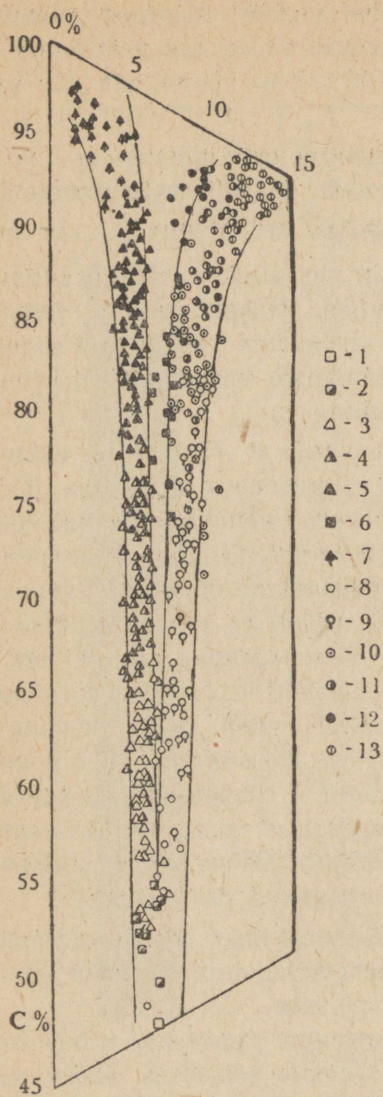


Рис. 2.

1 — клетчатка; 2 — дерево; 3 — торф; 4 — бурый уголь; 5 — каменный уголь; 6 — полосатый уголь; 7 — антрацит; 8 — сапропель; 9 — сланец; 10 — сапропелевый уголь; 11 — асфальт; 12 — асфальтит; 13 — нефть.

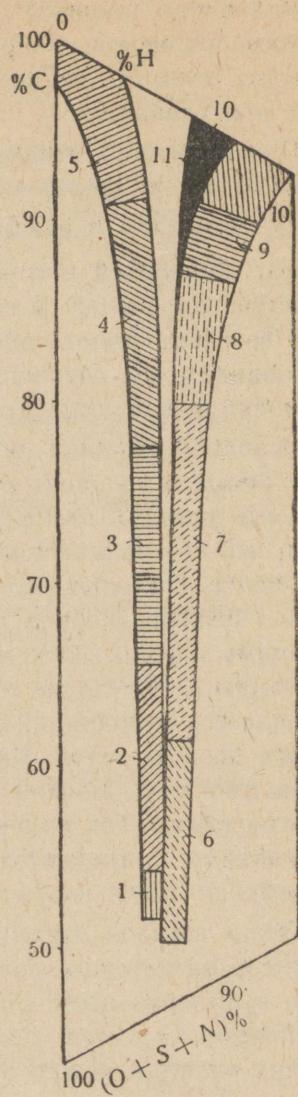


Рис. 3.

1 — дерево; 2 — торф; 3 — бурые угли; 4 — каменные угли; 5 — антрациты; 6 — сапропели; 7 — сланцы; 8 — сапропелиты; 9 — асфальты; 10 — нефти; 11 — асфальтиты.

щиеся обычно в живых организмах как животного, так и растительного происхождения. Таким образом, как в организмах, так и в каустобиолитах находятся С, Н, О, N и S.

Содержание С и Н в живых организмах довольно постоянно и колеблется в пределах от 45 до 55% для С и от 5 до 8% для Н; таким образом остальные органогены составляют от 50—63% органического вещества. Удельное значение С и Н в органической части всех каустобиолитов больше, чем у живых организмов.

Преобразование организмов в каустобиолиты характеризуется изменениями, приводящими к обогащению органической части углеродом и уменьшению удельного значения О, N и S.

Это правило обязательно для любого каустобиолита. Но удельное значение водорода в органической части каустобиолитов при их метаморфозе изменяется в двух различных направлениях. В одном случае удельное значение водорода по отношению к органической части исходных веществ сохраняется или даже увеличивается, в другом случае происходит обратное явление — обеднение органической части каустобиолитов водородом.

Очевидно, что относительное содержание водорода среди других составляющих органической части и является отличительным признаком, определяющим место данного каустобиолита среди других.

Каустобиолиты, рассмотренные в графике по содержанию водорода в зависимости от содержания С и суммы  $O + N + S$  показывают закономерность, на основании которой все они могут быть подразделены на две самостоятельные ветви. На рис. № 2 и 3, разработанных А. Ф. Добрянским более чем для 350 образцов, резко обозначены две ветви превращения каустобиолитов, из которых левая представлена группой гумусовых каустобиолитов, состоящей из торфов, бурых углей, каменных углей и антрацитов. Наиболее яркого выражения это направление достигает в месте расположения антрацитов и пунгитов. Весь ряд превращений гумусовой ветви каустобиолитов характеризуется чистой карбонизацией и утерей удельного значения других органогенов.

Правая ветвь каустобиолитов сапропелевого характера состоит из сапропелей, сапропелитов, горючих сланцев, асфальтов и нефтей.

Наиболее глубокая и ярко выраженная степень превращений, претерпеваемых каустобиолитами сапропелевого характера, достигается в месте расположения нефтей.

Картина генезиса и превращений этих двух основных семейств

каустобиолитов должна быть предметом самостоятельного исследования и изложения.

Очевидно, что каждая ветвь характеризуется своим исходным материнским веществом, и представители одной ветви не превращаются в представителей другой. В пределах же одной и той же ветви степень превращений определяется не возрастом, а суммой геохимических факторов, способствовавших развитию превращений до нефти или тормозящих превращения в какой-либо из других форм, например горючих сланцев, сапропелей и т.п.

Горючий сланец является основным, наиболее распространённым представителем ветви сапропелевых каустобиолитов, по степени гидрирования стоящих ниже нефтей, но выше сапропелей, а по степени карбонизации равновеликих бурым углям.

## IV. Горючие сланцы заграничных месторождений.

### Европа.

Горючие сланцы имеют широкое распространение в Европе. Геологический возраст этих сланцев чрезвычайно разнообразен. Так, например, в Европе встречаются древние силурийские горючие сланцы, залегающие в кукерском ярусе Эстонской ССР и Ленинградской области, одновременно же встречаются третичные и четвертичные горючие сланцы нашей эры, залегающие в Калининской области и Татарской АССР.

Великобритания: горючие сланцы широко распространены и находятся в самой Англии (Кимериджские сланцы юга Англии, в частности, в Дорсетшайре, Норфолькские сланцы, Сомерсетские и др.); в Шотландии (к северу и к югу от залива Фирс-оф-Форс, Лотиане, Ленарке, Пиблес и Файфе), а также в Ирландии и Уэльсе.

Сланцы Великобритании представлены главным образом в отложениях нижнего карбона, а также юрскими отложениями, — но последние занимают подчинённое положение.

Точных данных о геологических запасах горючих сланцев Великобритании нет, но из имеющихся в литературе указаний следует, что наиболее мощное Сомерсетское <sup>7)</sup> месторождение имеет запас в 9 млрд. тонн; около 1 млрд. тонн залегают в Шотландии <sup>8)</sup> и несколько миллиардов тонн — в Норфолькском месторождении. Можно предполагать, что запасы горючих сланцев Великобритании составляют 15 млрд. тонн.

Мощность сланцевых пластов различна: встречаются пласты от нескольких сантиметров до нескольких метров. Кимериджские сланцы в некоторых пластах достигают мощности 10,6 м., Норфолькские сланцы залегают пластами мощностью от 1 до 3-х метров. Сланцы в Шотландии залегают пластами мощностью до 2—2,4 м. Качество Великобританских сланцев можно видеть из данных таб. № 10, составленных для некоторых сланцев Шотландии <sup>9)</sup>.

Выходы смолы для различных горючих сланцев Великобритании колеблются от 9 до 40 % от веса сланца. Выход серноаммонийной

Таблица № 10.

№№ п/п	Наименование сланца	Влаж- ность	Угле- водор. летуч.	Угле- родн. остат.	Зола	Сера	Удельн. вес
1	Торбанит (Торбанхилл)	0,60	61,42	8,81	29,17	0,277	1,274
2	Сланец Риборн (Копь Тэрбрэкс)	1,61	30,86	8,82	58,71	3,053	1,808
3	„ Монгль (Копь Эддиуэлл)	1,62	32,58	6,93	58,87	2,276	1,768
4	„ Волнистый Фельс (Копь Коббиншоу)	0,96	37,16	8,24	53,64	1,435	1,617
5	„ Броксборн серый (Копь №1, Кроссгрин)	0,97	31,65	3,36	64,02	1,219	2,070
6	„ Доннет (Копь № 5, Пемферстон)	1,70	21,35	5,93	71,02	1,093	1,948
7	„ Юбилейный (Копь Ромэн-Кэмп)	1,92	22,41	1,81	73,86	0,354	2,177

соли колеблется от 13 до 67 фунтов на тонну. Многие английские сланцы содержат до 9% S, что чрезвычайно ухудшает топливные качества получаемых масел.

Франция располагает значительным количеством месторождений горючих сланцев, однако они недостаточно мощны. Важнейших месторождений имеется два: в департаментах Аллье (Allier) и Соны и Луары (Saône-et-Loire).

Месторождение Бюксиер-ля-Мин (Allier) представлено сланцами, залегающими в пермских отложениях двумя полосами, разделёнными валом из кристаллических пород. Мощность сланцевого пласта равняется 1,30 м. Разрабатываются сланцы вместе с пластом угля в 1,5 м. мощностью.

Выход смолы колеблется от 5 до 7%.

Месторождение Отэна (Сона-и-Луара) относится к пермокарбоневым отложениям и представлено несколькими пластами от 0,27 м. до 3,0-метровой мощности. Общая площадь залегания достигает 246 км<sup>2</sup>. Переработка 1 тонны сланца давала 90 литров смолы и 13 кгр. сульфата аммония.

Германия обладает значительными запасами сланцев; разведанные к настоящему времени месторождения выдвигают её на одно из первых мест в мире (117 млрд. тн.) Горючие сланцы Германии залегают в осадках пермских, триасовых и юрских отложений. Пермские сланцы встречаются главным образом в Саксонии. Верхнетриасовые

сланцы находятся в Баварии на границе с Тиролем в долине р. Инн (так назыв. карвендельские сланцы). Сланцы богаты отпечатками рыб. Мощность равна 0,1—0,75 м. Содержание битума 10—24%. Юрские сланцы известны в качестве так называемых посидониевых сланцев и залегают в Вюртемберге, Брауншвейге и Тевтобургском лесу. Мощность пластов от 10 до 35 м. Содержание битумов не выше 6%.

Испания. Запасы горючих сланцев не установлены. Известны промышленные залегания в бассейне Петро-Мартинец, в провинции Гранада, в Рубиэлос-де-Мора и др. Наиболее известны сланцы Пуэртоллано (в 178 км. к югу от Мадрида, в провинции Сиудад-Реале); они залегают совместно с углями, в отложениях каменноугольной системы. Мощность сланца 1,8 м. Выход смолы равен 135 литрам на тонну.

Италия. Горючие сланцы находятся в Комо, Вероне и Виченце.

Югославия. Встречаются горючие сланцы около Белграда в Радоване, Алексинаце и др. Изучены недостаточно. В Алексинаце имеется несколько пластов, наиболее богатый из них мощностью 27 м. Выход сланцевой смолы доходит до 15%.

Болгария. Горючие сланцы недостаточно изучены, но очевидно значительное распространение их на юге и юго-западе страны. Мощность пластов колеблется от 2,7 до 45 м. Выходы смолы бывают от 80 до 240 литров на тонну, в среднем около 13%.

Швеция. Горючие сланцы известны в Кинне-Кулле и Нерке. Отмечают, что смола шведских сланцев богата ароматическими соединениями.

## 2. Америка (Северная и Южная).

Канада. Горючие сланцы Канады имеют широкое распространение, различный геологический возраст и чрезвычайно разнообразны по своему составу. Данных об общих запасах горючих сланцев нет, но, судя по распространению сланца в стране, следует предполагать, что Канада занимает одно из первых мест в мире по запасам горючих сланцев.

Горючие сланцы известны в провинции Новая Шотландия. Эти сланцы частично относятся к отложениям нижней каменноугольной системы, частично же чередуются с углями в напластованиях верхнего карбона. Мощность пластов сланца различна и колеблется в пределах от 1 до 13 метров. Выходы смолы незначительны, в преде-

лах от 14 до 67 литров на тонну. Только в отдельных случаях выходы смолы повышаются, например, для сланцев:

1) Ручей Соумилл № 4 (графство Антигония), выход смолы = 92 л/тонну.

2) По реке Мак-Леллан, склон Патрика (графство Пикту), выход смолы = 171 л/тонну.

Горючие сланцы провинции Новый Брауншвейг являются наиболее богатыми залежами Канады. Относятся эти сланцы к очень древним отложениям. Так, частично их относят к свите Альберта, находящейся в залеганиях докембрийского периода, частично же сланцы этой провинции находятся в отложениях каменноугольной системы. Главные залежи сланцев залегают 16-ью пластами, из них 6 пластов с общей мощностью в 21 м. считаются имеющими промышленное значение. Для характеристики этих сланцев приводим некоторые данные С. Ч. Эллса<sup>10)</sup> в таблице № 11.

Таблица № 11.

№ № ПП	Проба и месторождение	Удельный вес	Выход сы- рой смолы л/тн	Выход сернокислого аммония в кгр на тонну
1	Сланец рудников Альберта № 1	0,898	194	33,52
2	„ „ „ № 5	0,855	113	19,97
3	„ Альбертит . . . . .	0,857	450	26,27
4	Серый сланец с реки Тэрти Крик (западный приток) Тейлорвилльский сланец:	0,891	227	12,23
5	ферма Адамса № 1	0,897	170	38,96
6	ферма Тейлора № 1	0,902	189	34,43
7	Сланец Доунинг-Крик	—	109	11,78

Горючие сланцы провинции Квебек находятся на полуострове Гаспé.

Горючие сланцы провинции Онтарио, в её юго-западной части, являются продолжением залежей Огайо. Эти сланцы принадлежат к девонским отложениям. Выходы смолы невысоки: в пределах от 14 до 125 литров на тонну. Известны отложения горючего сланца в северной части Онтарио, на юг и юго-запад от берегов залива Джемса. Сланцы принадлежат к Огайской свите. Наибольшая мощность пласта равна 17 метрам. Выходы смолы составляют 16—72 литров на тонну.

В провинциях Манитоба, Саскачеван и Британская Колумбия также встречаются горючие сланцы, в большинстве не привлекающие

однако интереса из-за бедности органическим веществом. Некоторые же сланцы округов Мэкензи и Франклина недостаточно изучены.

Нью-Фаундленд имеет несколько месторождений горючих сланцев. Известно, что самое большое месторождение расположено между озёрами Дири Большое и Белым Заливом. Площадь залегающих определяется в 1100 кв. км. Мощность пластов равна 15—30 м. Выходы смолы 155—225 л/ тонну.

США. Горючие сланцы расположены в США мощными залежами, достигающими в некоторых местах 45 метров. Эти сланцы в отношении геологического возраста различны и относятся к девонской, каменноугольной и пермской системам палеозоя и к третичным отложениям нашей эры. Запасы исчисляются в 400 млрд. тонн.

Залежи распределены неравномерно и сосредоточены на западе и на востоке страны.

Горючие сланцы восточных штатов характеризуются следующими данными Геологического бюро США<sup>11)</sup>, помещёнными в таблице № 12.

Результаты анализа сланцевых проб:

Таблица № 12.

№№ шп	Штат	№ пробы	Средн. выход смолы в литр. на тонну
1	Индиана . . . . .	8	33
2	Иллинойс . . . . .	2	63
3	Кентукки . . . . .	3	38
4	Огайо . . . . .	4	31
5	Пенсильвания . . . . .	7	123
6	Тенесси . . . . .	13	23
7	Западная Виргиния . . . . .	5	12

М. Н. Савчук<sup>12)</sup> публикует несколько иные цифры.

Приведённые нами данные показывают, что горючие сланцы восточных штатов Северной Америки не представляют большого техно-химического интереса.

Горючие сланцы западных штатов более богаты керогеном и представляют безусловный интерес с химико-технологической точки зрения. Особенно интересны сланцы Колорадо, Юта и Уайоминга. Мощность залегающих — до 25 м. и выше. Выходы смолы доходят до 360 литров на тонну. В менее мощных пластах (до 3 метров) выходы смолы иногда достигают 400 литров на тонну. Эти сланцы следует признать очень богатыми.

Бразилия. Горючие сланцы имеют здесь широкое распространение, разнообразны по геологическому возрасту (от пермских до третичных отложений), но запасы их неизвестны. Некоторые анализы показывали в среднем 23—25% летучих, а для другой группы анализов эта средняя цифра летучих считается равной 33,26%.

Известны залегания горючих сланцев в Перу, Чили, Аргентине и Уругвае. Эти сланцы совершенно недостаточно изучены.

### 3. Австралия.

Горючие сланцы Австралии встречаются в Новом Южном Уэльсе, Тасмании, Новой Зеландии. Эти сланцы самого разнообразного характера, приурочены к пермо-карбовым отложениям и обычно очень богаты органической частью. Не выветренный сланец содержит от 40 до 70% летучих. Выходы смолы часто равняются 490—675 литрам на тонну. Мощность пластов доходит до 1,5 м.

Площади залеганий не очень большие, прерывающиеся. Горючие сланцы, залегающие в Квинслэнде, стоят особняком от прочих австралийских сланцев. Они принадлежат к третичным отложениям и значительно беднее органическим веществом.

### 4. Азия.

Азия плохо разведана с точки зрения залеганий горючих сланцев. Они имеются в Манчжурии, Монголии, Сирии, Палестине, Сиаме, Бирме и Аравии.

Известно, что на границе Бирмы и Сиамы имеется богатое и обширное месторождение горючих сланцев, относящихся к третичным образованиям. Выходы смолы колеблются от 135 до 200 литров на тонну.

Сирийские сланцы недалеко от станции Эль-Макорин эксплуатировались немцами во время первой империалистической войны.

Наиболее разведанным и эксплуатируемым японцами месторождением является Фушунское месторождение горючих сланцев (в Манчжурии), расположенное в долине реки Хуан-Хэ, несколько южнее Мукдена. Залежи горючих сланцев принадлежат к третичному возрасту, бедны органической массой (выход смолы 5—6%), но выгодно покрывают угольные пласты, разработка которых ведётся открытыми карьерами. Последнее обстоятельство чрезвычайно снижает стоимость добычи сланца и позволяет использовать скромный смоляной потенциал залежей. В 1942 г. было разведано новое месторожде-

ние горючих сланцев в Кирине, запасы которых исчисляются в 50 миллионов тонн. Выход смолы 20%. Запасы фушунских сланцев исчисляются в 6 млрд. тонн.

Азиатский материк, имеющий огромное простираие и очень богатый осадочными породами, повидимому содержит в себе большие, ещё не разведанные месторождения горючих сланцев.

## 5. Африка.

Горючие сланцы распространены в странах южной части африканского материка (Южно-Африканский союз, Мозамбик, остров Мадагаскар). Имеющиеся сведения не позволяют составить точного представления о характере и запасах горючих сланцев. Известно, что сланец Эрмело (Южная Африка) даёт выходы смолы от 135 до 153 литров на тонну.

Сланец Ваккерстрома даёт выход смолы до 400 литров на тонну, но мощность пластов совершенно незначительна, — меньше 0,3 метра.

## В. Горючие сланцы месторождений СССР.

### 1. Геология месторождений.

СССР обладает богатейшими залежами горючих сланцев. При незначительной разведанности территории, к настоящему времени известно более 100 различных месторождений<sup>13</sup>). Геологический возраст горючих сланцев довольно разнообразен. Азиатская и Европейская части СССР представляют громадную территорию, покрытую мощными отложениями осадочных пород различных геологических периодов.

Необычайное разнообразие осадочных пород, отлагавшихся, повидимому, в пределах огромного, но внутреннего моря, создало условия для образования отложений рассеянного сапропеля, с течением времени превратившегося в горючие сланцы.

Во многих местах выходов (или близкого к поверхности отложения) осадочных пород мы наблюдаем залегания горючих сланцев, относящиеся к различным системам палеозойской, мезозойской и неозойской групп.

Сланцы СССР известны в отложениях силурийской, девонской, каменноугольной, пермской, юрской, третичной и четвертичной системы, что подробно видно из таблицы № 13.

Известные месторождения горючих сланцев третичной и четвертичной систем нашей эры встречаются только в Татарской АССР и в Калининской области. При этом четвертичные сланцы Калининской области бедны органической частью и не имеют практического значения для техно-химической переработки.

Все основные месторождения горючих сланцев представлены палеозойскими и мезозойскими отложениями.

К палеозою относятся древние и наиболее богатые органической частью горючие сланцы Гдовского, Веймарнского, Алексеевского и Чудовского месторождений Ленинградской области, а также сланцы Эстонской ССР, залегающие среди известковых и кремнистых отложений с незначительным содержанием серы. К этой же группе отно-

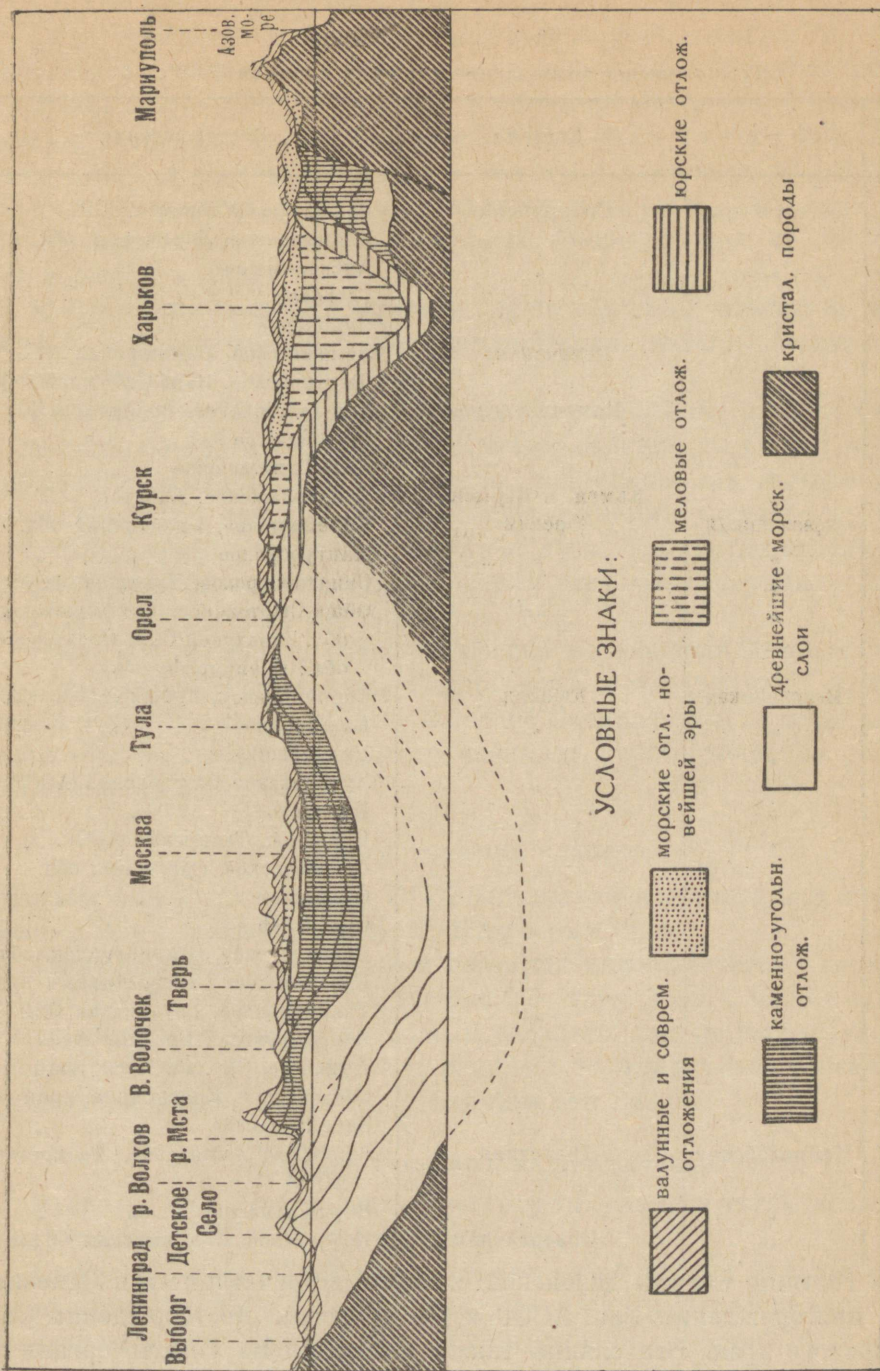


Рис. 4. Геологический разрез через Европейскую часть СССР.

Таблица № 13.

## Геологическое размещение горючих сланцев СССР.

№№ пп	Э р а	Система	Месторождение	
1	Палеозойская	Силурийская	Кукерское, Эстонская ССР	
2			Веймарнское, Ленинград, обл.	
3			Алексеевское " "	
4		" "	Гдовское " "	
5		" "	Чудовское " "	
6		Девонская	Лемезинское, Башкирская АССР	
7			Дмитровское, Зап. Сиб. край	
8		Каменноугольная	Кантемировское, Воронежск. обл.	
9			Бугучарское " "	
10			Бело-Глициновское " "	
11	Мезозойская	Камен. и Пермская	Кендерлыкское, Казахск. ССР	
12			Юрская	Кинешемское, Ивановская обл.
13		" "	Мантуровское " "	
14		" "	Свияго-Сурское, Чувашск. АССР	
15		" "	Обще-Сыртовское, Куйбышевской обл. Казахской ССР, Саратовской обл., Оренбургск. обл.	
16	Мезозойская	Юрская	Торпановское, Куйбышевск. обл.	
17			" "	Кашпирское " "
18			" "	Ульяновское " "
19			" "	Хухаревское, Мордовская АССР
20			" "	Инсарское " "
21			" "	Буинское, Татарская АССР
22			" "	Савельевское, Саратовск. обл.
23			" "	Озинское " "
24			" "	Орловское " "
25			" "	Дергачевское, Сталинградск. обл.
26			" "	Кородахское, Северо-Кавказ. край
27			" "	Тквибульское, Грузинская ССР
28			" "	Кентроватское, Средняя Азия
29			" "	Ачинское, Зап. Сибирск. край
30			" "	Соболевское, Красноярск. край
31			" "	Забайкальское " "
32			Кайнозойская	Третичная
33	" "	Чершелинское " "		
34	" "	Четвертичная		Корчевское, Калининская обл.

ются горючие сланцы девонской системы, встречающиеся в Лемезинском месторождении Баш АССР и Дмитровском месторождении Зап. Сибирского края. Эти сланцы также относительно богаты органической частью.

Сюда же следует отнести сланцы каменноугольной системы, встречающиеся в Воронежской области, и наконец сланцы, относящиеся к отложениям верхнего карбона и нижних отложений пермской системы, встречающиеся в Казахской ССР, в 35 км. от гор. Зайсан, на Кендерлыкском месторождении. Эти сланцы содержат серу в незначительных количествах и богаты органической частью. Последние данные обуславливают полную возможность промышленной переработки этих горючих сланцев.

К группе мезозойских горючих сланцев в СССР относятся чрезвычайно многочисленные и мощные отложения, подчинённые пластам Юрской системы.

Насколько широко распространены юрские горючие сланцы, видно из таблицы № 13, в которой из 34 месторождений 20 падает на юрские горючие сланцы. Все эти сланцы подчинены так называемому нижневожскому ярусу и являются образованиями древнего юрского внутреннего моря. Эти сланцы залегают среди глинистых отложений, и характерной их особенностью является высокое содержание серы, достигающее в некоторых случаях до 5—7%.

Насколько мощными являются юрские образования горючих сланцев, показывает пример Обще-Сыртовского месторождения, геологический запас горючих сланцев которого исчисляют в 10 млрд. тонн. Таким образом это месторождение занимает первое место не только в СССР, но и в Европе.

## 2. Запасы горючих сланцев.

Запасы горючих сланцев в СССР исчисляются геологами в цифрах таблицы № 14, приводимой Н. М. Поповым<sup>14</sup>).

Таким образом разведанными промышленными запасами горючих сланцев СССР обладает в количестве 2,5 млрд. тонн. Общие геологические запасы не только по данным разведок, но и по данным ориентировочного подсчёта исчисляются равными 60 млрд. тонн. Очевидно, дальнейшие разведки позволят увеличить эти цифры.

## 3. Описание основных месторождений.

Наиболее древними отложениями горючих сланцев являются кукуерские сланцы ЭССР и Ленинградской области.

Горючие сланцы ЭССР представляют собой весьма древние отложения каустобиолитов, так как относятся к силурийским отложениям палеозойской эры. Они залегают двумя ярусами. Нижний ярус представлен так называемыми диктионемовыми сланцами. Эти сланцы листо-

Таблица № 14.

**Запасы горючих сланцев на 1 января 1934 года**  
(в млн тонн с округлением до десятых долей).

№.№ пп	Край, район и месторождение	Категории запасов				
		A <sub>2</sub>	B	C <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> + B + + C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
1	2	3	4	5	6	7
	<b>I. Северный край</b>					
	Автономная область Коми, Сы- сольский район					
	Сысольское месторождение	—	16	150	166	5 000
1	Всего	—	16	150	166	5 000
	<b>II. Ленинградская область</b>					
	Кингиссепский район					
2	Веймарское месторождение	8,4	—	—	8,4	16,4
	Рудневский, Гдовский, Осьмин- ский и Волосовский районы					
3	Гдовское месторождение	234,0	434	2 351,7	3 019,7	—
	Всего	242,4	434	2 351,7	3 028,1	16,4
	<b>III. Калининская область</b>					
	Конаковский район					
4	Корчевское месторождение	—	0,004	—	0,004	—
	Всего	—	0,004	—	0,004	—
	<b>IV. Ивановская пром. область</b>					
	Нейский район					
5	Голиковское месторождение	—	—	—	—	3,2
	Всего	—	—	—	—	3,2
	<b>V. Украинская ССР</b>					
	Винницкая обл. Каменецк. р-н					
6	Подольское месторождение	—	—	114,2	114,2	—
	Всего	—	—	114,2	114,2	—
	<b>VI. Кировский и Горьковский край</b>					
	Нагорский район					
7	Синегорское месторождение	—	—	995,8	995,8	—
8	Воронье Волосовское место- рождение	—	1 372	—	1 372,0	—
	Антуровский район					
9	Мантуровское месторождение	—	—	—	—	848
	Всего	—	1 372	995,8	2 367,8	848

1	2	3	4	5	6	7
	<b>Чувашская АССР</b>					
10	Вурнарский район Вурнарское месторождение	—	15,6	—	15,6	—
11	Ибресинский район Ибресинское месторождение	36	9	133	178	—
12	Бутыревский район Шталинское месторождение	—	—	86,6	86,6	—
	Итого по Чувашской АССР	36	24,6	219,6	280,2	—
	<b>Удмуртская АССР</b>					
13	Алнашский район Гулюшерминское месторождение	—	—	4	4	—
	Всего по Кировской и Горьковской областям	36	1 396,6	1 219,4	2 652	848
	<b>VII. Башкирская АССР</b>					
14	Архангельский район Лемезинское месторождение	0,2	21,4	21,1	42,7	—
	Всего	0,2	21,4	21,1	42,7	—
	<b>VIII. Куйбышевская и Оренбургская области</b>					
15	Ульяновский район Ульяновское месторождение	—	52,4	347,5	399,9	—
16	Сызранский район Кашпирское месторождение	92,2	32,4	56,2	180,8	166
17	Андреевский и Больше-Глушицкий районы Обще-Сыртовское месторождение	766,0	869,1	—	1 635,1	2 165
18	Горский район Торпановское месторождение	—	258,1	—	258,2	—
	<b>Мордовская АССР</b>					
19	Ромадановский район Иясарское месторождение	—	—	0,4	0,4	—
20	Игнатовский район Хухоревское месторождение	—	—	—	—	35
	Всего	858,2	1 212,1	404,1	2 474,4	2 366
	<b>IX. Татарская АССР</b>					
21	Тетюшский район Сендюковское месторождение	—	—	2,4	2,4	—
22	Бессоновское месторождение	10,4	11,3	3,1	24,8	—
23	Буинский район Буинское месторождение	—	—	34,8	34,8	—
	Мензелинский район					

1	2	3	4	5	6	7
24	Юрски-Текерменское месторождение	—	0,9	—	0,9	—
25	Черимлинское месторождение	—	1,7	—	1,7	—
	Всего	10,4	13,9	403	64,6	—
	<b>X. Саратовский край</b>					
	Пугачёвский район					
26	Савельевское месторождение	56,2	122,3	—	178,5	—
	Духовницкий район					
27	Орловское месторождение	—	—	—	—	160
	Озинский район					
28	Озинское месторождение	—	66,1	282,6	348,7	—
	Перелюбский район					
29	Обще-Сыртовское месторождение	252,5	637,8	—	890,3	2 000
	Всего	308,7	826,7	282,6	1 417,5	2 160
	<b>XI. Северо-Кавказский край</b>					
	Дагестанская АССР, Гунибский р.					
30	Карадахское месторождение	—	0,014	0,041	0,055	—
	Всего	—	0,014	0,041	0,005	—
	<b>XII. Казахская ССР</b>					
	Уральский район					
31	Обще-Сыртовское месторождение	—	880	—	880	2 320
	Таловский район					
32	Озинское месторождение	—	8,7	20,3	29	—
	Зайсанский район					
33	Кендерлыкское месторождение	—	—	290	290	1 160
	Всего	—	888,7	310,3	1 199	3 480,0
	<b>XIII. Западно-Сибирский край</b>					
	Кемеровский район					
34	Дмитриевское (Барзасское) месторождение	—	—	30	30	—
	Ачинский район					
35	Соболевское месторождение	—	—	—	—	83
	Всего	—	—	30	30	83
	<b>XIV. Восточно-Сибирский и Красноярский край</b>					
	Тейшетский район					
36	Калбысовское месторождение	—	—	26,7	26,7	—
	Нижне-Ингашский район					
37	Крутологовское месторождение	—	—	2,6	2,6	—
	Тулунский район					
38	Хазарейское месторождение	—	12,6	—	12,6	—
	Всего	—	12,6	29,3	41,9	—

1	2	3	4	5	6	7
39	<b>ХV. Грузинская ССР</b>					
	Тквибульский район					
	Тквибульское месторождение	3,2	1,3	1,4	5,9	—
	Всего	3,2	1,3	1,4	5,9	—
	<b>ХVI. Эстонская ССР*</b>					
Вирумаский уезд						
Кукерское месторождение	1 000,0	1 700,0	1 000,0	—	—	
Всего	1 000,0	1 700,0	1 000,0	—	—	
<b>Всего по С С С Р</b>		<b>2 459,1</b>	<b>6 522,8</b>	<b>5 954,4</b>	<b>11 236,3</b>	<b>13 956,6</b>

ваты, тёмнобурого цвета, бедны органической массой и не представляют промышленного интереса. Образец из района Балтийского порта (Палдиски) показал: влаги 1,91%, золы 78,89%, летучих веществ 11,12%, С—12,63%, Н—1,50%, Q = 1 278 кал.

Залегания этих сланцев распространяются далеко на восток, уже в пределах Ленинградской области.

Верхний ярус представлен так называемыми кукерскими сланцами, залегающими в северо-восточной части страны. Залегания горючих сланцев углубляются по направлению на юго-восток. Геологические запасы исчисляются в 3,7 млрд. тонн. Общая мощность формации достигает в среднем 2,2 м. Типичным залеганием является состоящее из 7 пластов, обозначаемых снизу вверх буквами А, В, С, D, Е, F и G. Пласты сланца перестилаются известняком.

Разрез сланцевых пластов в Кохтла (Эстония) можно видеть на рис. № 5.

П. Когерман<sup>15)</sup> даёт следующие цифры для среднего состава Эстонского кукерского сланца:

	Вода %	Зола %	CO <sub>2</sub> %	Зола + + CO <sub>2</sub> %	Орган. вещ. %	Теплотв. способн. кал./кг <sup>**</sup> .
Свежедобытый	12,2	30,2	7,9	37,9	49,9	3 200-3 500
Воздушносухой	1,5	36,1	9,5	45,6	52,9	4 200-4 500

Удельный вес сланцев лежит в пределах от 1,3 до 1,8.

Выход смолы из сланца колеблется в пределах от 15 до 24%.

\*) Данные по ЭССР взяты из работы проф. А. Луха, сборник № 1 „Материалы по геологии Прибалтийского Бассейна горючих сланцев“. Комбинат „Эстонсланец“, стр. 80, 1946 г. Утверждённых запасов до настоящего времени по ЭССР не имеется.

\*\*\*) Товарного сланца I сорта.

Главным месторождением в Ленинградской области является Гдовское месторождение, расположенное в Гдовском и смежном районах, в бассейнах рек Плюсы и Луги.

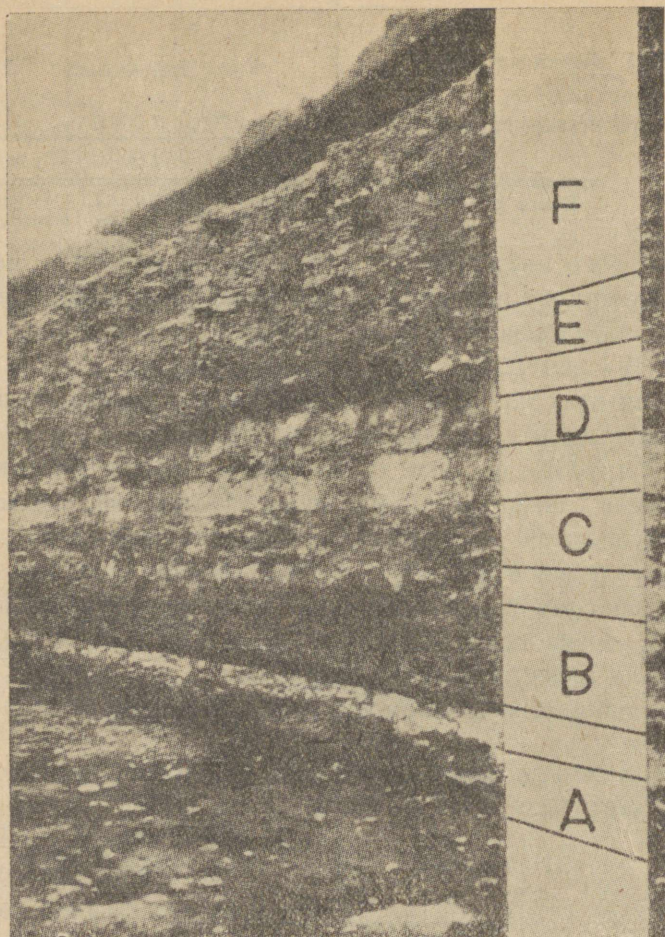


Рис. 5. Разрез сланцевого поля в Кохтла.

Эти сланцы, являясь продолжением эстонских кукерситов, залегают в несколько пластов на большой площади. Промышленная пачка мощностью 1,72—2,60 м. состоит из четырёх пластов общей мощностью от 0,90 до 1,3 м. Глубина залегания от 30 метров до 184 м. Разработки шахтные. Промышленные запасы (на 1 янв. 1934 г.) равны 134 млн. тонн. Добыча сланца налажена.

Все остальные главнейшие промышленные месторождения горючих сланцев представлены юрскими отложениями. Главнейшим из них и первым в СССР по запасам является Обще-Сыртовское месторождение, расположенное на стыке Куйбышевской, Оренбургской и Саратовской областей. В северной части бассейна сланцы представлены 7-ью пластами, собранными в 3 пачки.

Наиболее богатой является верхняя пачка и её 3-й (сверху) пласт. Его мощность в среднем колеблется от 0,7 до 2,1 м. при теплотворной способности от 3200 до 3600 кал/кг (на сухое вещество). В южной части бассейна имеется 10 пластов, заключённых в верхнюю пачку, состоящую из 4 пластов, и нижнюю — из 6 пластов. Пластами, имеющими промышленное значение, являются: 3-й пласт верхней пачки (0,7—0,9 м.) и 2, 3, 4 и 6 пласты нижней пачки с общей мощностью от 3 до 3,6 м. Общий промышленный запас сланцев Обще-Сыртовского месторождения составлял (на 1 янв. 1934 г.) 503 млн. тонн.

Следующее важное месторождение юрских горючих сланцев находится на правом берегу Волги в 15 км. южнее г. Сызрани, рядом с селением Кашпир. Горючий сланец залегает здесь 7 пластами, из которых верхний (0,2 м.), относящийся к ниже-меловым осадкам, отдалён от основной ниже-волжской сланцевой свиты и не имеет практического значения, нижние же три пласта (4-й, 5-й и 6-й) частью мало-мощны, частью бедны органическим материалом и пока не имеют практического значения. Разрабатываются 1-й, 2-й и 3-й пласты юрских сланцев с общей мощностью от 0,72 до 1,5 метров. Залегание находится на глубине от 16 до 256 метров, несколько углубляясь в южном направлении. Разработка ведётся штольнями со стороны Волги и вертикальной шахтой. Промышленные запасы на 1 янв. 1934 г. исчислены в 56 млн. тонн.

Савельевское месторождение горючих сланцев находится в Пугачёвском районе Саратовской области, около станции Рукополь (Рязано-Уральская ж. д.).

Горючие сланцы залегают здесь 7—9 пластами с общей мощностью от 2,30 до 5,75 метра. Имеют промышленное значение и разрабатываются: 1-й (0,25—0,32 м.), 4-й (0,45—0,62 м.) и 5-й (0,54—0,72 м.) пласты. Залегание наклонное, иногда под углом, доходящим до 12°. Глубина залегания от нескольких метров до 160 м. Разработка месторождения ведётся наклонными шахтами. Запас промышленных сланцев исчислялся на 1 янв. 1934 г. в 35,4 млн. тонн.

Кендерлыкское месторождение горючих сланцев расположено у восточной границы Казахской ССР, недалеко от озера Зайсан-Нор.

Это давно известное месторождение сланцев каменноугольного возраста, выгодно залегающее совместно с углями, до сих пор ещё не достаточно изучено. Горючие сланцы залегают здесь 3-мя пачками. 1-ая пачка налегает на угольные пласты и имеет мощность от 0,5 м. до 4,25 м. Вторая (средняя) пачка горючих сланцев залегаёт на 80 м. выше первой и имеет мощность от 9 до 10 м. Третья пачка залегаёт в верху первой угленосной свиты, и многочисленные сланцевые слои имеют здесь суммарную мощность до 45 метров. Залегание неспокойное, угол наклона пластов меняется в различных местах от 12 до 36°. Запас горючих сланцев по категории  $C_1$  исчисляются в 250 млн. тонн (на глубину до 200 метров), по категории  $C_2$ —1160 млн. (на глубину до 1000 м.). Качество горючих сланцев различное и изучено недостаточно. Однако установлено, что Кендерлыкское месторождение содержит в некоторых пластах чрезвычайно ценные бессернистые сланцы, представляющие собой прекрасное сырьё для производства моторных топлив.

## VI. Основные типы сланцев и их анализы.

### 1. Керогеновые горючие сланцы.

В термин „горючие сланцы“ часто вкладывают слишком широкое содержание. Так, причисляют к горючим сланцам сланцеватые породы, содержащие битумы, извлекаемые растворителями, — эти сланцы также часто выделяют под названием „битуминозных сланцев“. Иногда горючими сланцами называют ископаемые каустобиолиты типа богеходов, кеннельских углей или просто многозольных углей.

Следует уточнить термин „горючие сланцы“ и применять его только к каустобиолитам, имеющим следующие признаки:

1) Сланцеватость породы, т.е. способность в большей или меньшей степени раскалываться на пластинки и листочки, тем самым приближаясь к типичному сланцу.

2) Наличие органической части, не содержащей готовых битумов, извлекаемых органическими растворителями, или содержащей последние в количествах не более 1—2%.

3) Органическая часть горючего сланца представляет собой рассеянный сапропель в мергелистой или глинистой среде, с предельным отношением углерода к водороду не более 10 единиц.

4) Органическая часть горючих сланцев при сухой перегонке способна давать смолу, состоящую главным образом из жидких углеводородов и содержащую в большей или меньшей степени жидкие сернистые, кислородные и азотистые соединения.

Вследствие способности при нагревании превращаться в растворимые битумы и в отличие от содержащих готовые битумы, органическую часть горючих сланцев часто называют пиробитумом, а сланцы — пиробитуминозными.

Проф. Крум Броун<sup>16)</sup> предложил органическую часть горючих сланцев называть керогеном (*keros* — воск, *genos* — происхождение). Наше описание впредь будет касаться только собственно горючих сланцев, или точнее — керогеновых горючих сланцев.

## 2. Сравнительная характеристика сланцев СССР.

### А. Состав и содержание органической части.

Как уже неоднократно отмечалось, горючие сланцы СССР можно разделить на две резко отличных группы по характеру наиболее интересующего нас компонента — органической части.

К первой группе относятся палеозойские горючие сланцы, в большинстве своем богатые органической частью. Органическая часть этих сланцев содержит относительно малые количества серы, и поэтому палеозойские сланцы представляют благодарное сырьё для получения моторных топлив. Наиболее богатыми представителями сланцев этой группы являются кукерситные, гдовские, веймарнские, алексеевские, чудовские и кендерлькские.

Следующую характерную группу сланцев составляют широко распространённые в СССР мезозойские сланцы (юрские залегаия).

Основной особенностью, отличающей эту группу сланцев, является высокое содержание азота и серы: последняя переходит при сухой перегонке главным образом в газ и смолу, тем самым затрудняя последующую переработку смол на моторные топлива. Наиболее богатыми представителями сланцев этой группы являются обще-сыртовские, савельевские, кашпирские и ундоро-захарьевские.

С точки зрения промышленной переработки сланцев на моторное топливо, следовало бы ввести некоторую градацию сланцев по количеству получаемой смолы.

Нам кажется удобным разбить горючие сланцы на категории:

богатых сланцев, дающих выход смолы более 15 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> ,
средних           "           "           "           от 8 до 14 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> ,
бедных           "           "           "           менее 8 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> .

Последняя категория представляет интерес только в исключительных условиях, т. е. при совместном залегании с богатыми каустобиолитами, или при радикальном улучшении техники переработки. Все горючие сланцы, выше перечисленные нами в качестве основных представителей палеозойских и мезозойских сланцев, принадлежат к богатым или средним сланцам, т. е. являются представителями сланцев промышленного характера.

Гдовские горючие сланцы, имеющие 4 промышленных пласта, характеризуются следующими аналитическими данными, помещёнными в таблице № 15.

Таблица № 15.

Назва- ние пластов	Технич. анализ %				Тепло- творн. спо- собн. в кал.	Перегонка по Фишеру в % %				Источ- ник
	Вла- га	Зола	Минер. Со <sub>2</sub>	Сера об- щая		Смо- ла	Вода	Полу- кокс	Газ и поте- ри	
I пласт (верх- ний)	3,90	37,39	12,73	1,60	—	27,94	4,62	61,79	5,65	Жунко и др.
II "	3,42	32,39	8,33	1,30	5681	36,87	6,64	47,42	9,02	
III "	3,15	39,60	11,95	1,90	4542	29,58	5,38	58,31	6,77	Анализы Лен. ВНИГИ
I "	0,00	47,38	19,27	2,02	2973	21,61	1,67	72,45	4,27	
II "	"	47,52	11,81	1,73	3598	27,27	1,50	66,01	5,22	
III "	"	41,49	12,89	1,04	4320	31,65	2,77	59,76	5,82	
IV "	"	52,75	13,57	1,81	3356	22,08	1,95	71,00	4,97	
Смесь 4-х пластов	"	47,40	18,06	1,91	3254	24,14	1,26	69,50	5,10	Раков- ский
Гдовский сланец	0,5	30,2	6,3	—	4793	36,6	8,6	46,0	8,5	

Данные различных источников, помещённые в таблице № 15, значительно расходятся между собой. Очевидно, что Раковский<sup>17)</sup> пользовался случайным и очень богатым образцом, не характерным для всего месторождения. Данные Жунко и др.<sup>18)</sup> также имеют несоответствия — теплотворная способность и выход смолы для II пласта очень высоки. Наиболее приближающимися к истине являются данные Лен. ВНИГИ, в свою очередь имеющие однако погрешности. Так, очевидно, что сланец IV пласта, имеющий зольность большую, нежели таковая смеси 4-х пластов, не может иметь большую теплотворную способность, как это отмечено в таблице № 15.

Данные о составе веймарнских, чудовских и кендерлыкских сланцев приводятся в таблице № 16.

Следует напомнить, что Кендерлыкские сланцы залегают 3-мя пачками на значительном расстоянии друг от друга. Пока наиболее изученными являются сланцы нижней пачки, несомненно богатые. Сланцы средней верхней пачки, по имеющимся данным, не обладают постоянным качеством, а колеблются от бедных до богатых, обеспечивая выходы смолы от 1,8 до 20,9% на сланец. Очевидно, наибольшее практическое значение будут иметь сланцы нижней пачки. Горючие сланцы Веймарнского и Чудовского месторождений аналогичны Гдовскому с несколько пониженным содержанием органической части.

Таблица № 16.

Наименование	Технич. анализ %				Теплотворн. способность в кал.	Перегонка по Фишеру в %			
	Вла-га	Зола	Ми-нер. CO <sub>2</sub>	Об-щая сера		Смола	Вода	Полу-кокк	Газ и по-тери
Кукерситные сланцы:									
Веймарские сланцы	7,0	43,8	12,3	0,5— 2,0	3525	19,3	8,9	62,2	10,1
Чудовские сланцы	2,33	46,8	13,65	1,09	3700	24,01	2,1	68,6	5,2
Кендерлыкские сланцы:									
Смесь 4-х пластов нижней пачки	0,00	50,33	0,02	0,55	—	19,36	12,03	59,90	8,71
Хохловская копь:									
Средняя пачка	1,76	76,25	—	—	—	11,7	2,8	82,9	2,6
Верхняя пачка	—	от 55 до 87	—	—	—	от 1,8 до 20,9			

Элементарный состав органической массы палеозойских сланцев представлен в таблице № 17.

Таблица № 17.

№№ пп	Наименование	% C	% H <sub>2</sub>	$\frac{C}{H}$	% N <sub>2</sub>	% S
1	Кукерситный (Кохтла-Ярве пласт А)	77,49	9,13	8,4	0,3	от 1,0 до
2	Гдовский	77,21	9,34	8,3	0,2	2,0
	"	75,49	9,22	8,2	"	"
	"	75,15	9,19	8,2	"	"
3	Алексеевский	71,11	8,79	8,1	0,3	"
	"	73,63	9,02	8,2	"	"
	"	73,55	8,97	8,2	"	"
4	Веймарский	71,30	8,80	8,1	0,3	"
5	Кендерлыкский	66,44	7,11	9,30	1,65	0,46

Для сланцев Ленинградского района очевидно постоянство состава органической массы, и отношение углерода к водороду колеблется в совершенно незначительных пределах от 8,1 до 8,4.

Органическая масса кендерлыкских сланцев, по имеющимся цифрам, несколько богаче углеродом.

Интересно проследить качество сланцев с точки зрения выхода смолы. Если смолообразующую органическую часть сланца принять за сто единиц, то процент получаемой, по Фишеру, смолы, пересчитанный на органическую часть, будет представлять собой коэффициент смолоотдачи данного сланца, показывающий практическую степень использования органической части для образования смолы.

Так, исходя из данных табл. № 16 и № 17, получим следующие коэффициенты смолоотдачи:

Таблица № 18.

Наименование	% смолы на сланец	% органической части на сланец	Коэффициент смолоотдачи = $K^c$
Гдовский сланец . . . . .	24,14	34,54	69,9
Веймарский сланец . . . . .	19,30	43,90	44,0
Чудовский сланец . . . . .	24,01	39,55	60,70
Кендерлыкский сланец . . . . .	19,36	49,65	38,2

Очевидно, что для Кендерлыкского сланца, имеющего отношение  $\frac{C}{H}$  не 8,3, как у Ленинградских сланцев, а 9,3, можно допустить несколько большую потерю органического материала за счёт обогащения полукокса углеродом. В случае же однородного состава органической части, каковой наблюдается у гдовских и веймарских сланцев, объяснить столь большую разницу в коэффициентах смолоотдачи трудно. Задача же заключается в нахождении условий для повышения смолоотдачи любого сланца до теоретического предела. Последний определяется наличием водорода в керогене сланца и приближённо вычисляется следующим образом: если принять отношение  $\frac{C}{H}$  для смолы = 8,0 =  $k$ , а количество содержащихся O + N + S в смоле =  $\gamma$ , то теоретический коэффициент смолоотдачи =  $K_T^C$  будет:

$$K_T^C = (H \cdot k + H + \gamma) - X,$$

где H = % водорода в органической массе, а X = % газа, пересчитанному на органическую массу.

Так, для Гдовского сланца, с содержанием C = 75,95 и H<sub>2</sub> = 9,25, теоретический коэффициент смолоотдачи будет:

$$K_T^C = (9,25 \cdot 8,0 + 9,25 + 7) = 90,25 \% - X$$

То же для кендерлыкского сланца, с содержанием  $C = 66,44$  и  $H_2 = 7,11$ , будет:

$$K_T^C = (7,11 \cdot 8,0 + 7,11 + 7) = 70,91\% - X$$

Получаемое значение относится к газовыделению, а потому для получения числа смолоотдачи следует вычесть % получаемого в данном аппарате газа, пересчитанный на органическую массу сланца.

Отсюда видно, что при швелевании гдовских сланцев смолоотдача происходит практически полная, в случае же кендерлыкских сланцев потенциальные возможности получения смолы, дополнительно к практически получаемому, будет возможно повысить приблизительно на 40—45 %.

Аналитические данные о составе мезозойских сланцев видны из таблицы № 19.

Т а б л и ц а № 19.

Наименование	Технический анализ %				Теплотворн. способность в кал.	Перегонка по Фишеру %				Источник
	Влага	Зола	Минер. CO <sub>2</sub>	Общая сера		Смола	Вода	Полукоксы	Газ и потери	
Обще-Сыртовский	6,9	40,2	5,12	—	3 900	15,5	12,8	56,7	14,1	Е. В. Раков-ский
Кашпирский	11,5	58,8	9,4	—	2 699	10,52	10,0	69,7	10,1	
Ундоровский	15,0	61,9	—	—	2 240	6,8	13,3	76,0	4,0	
Захарьевский	10,8	69,3	6,9	—	1 900	4,7	13,2	77,5	4,6	
Савельевский	22,5	64,23	—	3,3	2 130	7,3	—	—	7,12	

Более подробная характеристика Обще-Сыртовских и Кашпирских сланцев дана в таблицах № 20 и № 21.

Т а б л и ц а № 20.

Средняя характеристика кашпирских сланцев.

Пласт	Вода доставл. образца	Вода возд. сух. слан.	Химический состав							Смола	Полукоксы	Пир. вода	Газ	Q кал.
			Зола	CO <sub>2</sub>	S	C	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	S орг.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	11,2	4,3	51,0	6,6	8,6	29,0	3,5	0,7	4,3	18,0	65,0	9,5	6,5	3 470
2	11,0	3,6	65,0	6,6	3,3	19,0	2,0	0,4	2,0	8,5	78,0	8,0	6,0	2 350
3	12,0	1,5	68,0	8,1	1,3	18,4	2,4	0,4	2,1	10,0	77,0	6,0	6,4	2 200

Таблица № 21.

## Некоторые данные о составе обще-сыртовских сланцев.

Наименование	Зола	CO <sub>2</sub>	C	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	S орг.	S общ.	Q кал.	$\frac{C}{H}$
1 пачка Ильясова	61,7	10,3	19,0	2,5	—	—	2,2	1 984	7,6
2 " "	40,2	5,12	37,1	4,5	0,68	4,51	5,90	4 030	8,2
Шурф 10 слой 2-й	61,5	7,2	22,0	3,0	0,41	2,47	3,64	2 380	7,3
" 17 " 1-й	44,7	6,8	34,8	4,2	0,61	4,2	5,6	3 670	8,3

Органическая масса волжских сланцев не показывает той однородности, какая наблюдается у Ленинградских сланцев. Здесь имеется значительное колебание содержания углерода, водорода и других органогенов. Вопреки утверждению Г. Л. Стадникова и применяя частично его же аналитические данные<sup>19)</sup>, следует заключить, что волжские сланцы СССР обладают керогеном неоднородного строения (табл. № 22).

Таблица № 22.

## Органогены волжских сланцев.

Сланец	N <sub>2</sub>	S орг.	%C	%H	$\frac{C}{H}$
Обще-Сыртовский II пачка	0,68	4,51	67,7	8,2	8,2
" " 10 шурф	0,41	2,47	70,1	9,6	7,3
" " 17 шурф	0,61	4,20	71,7	8,65	8,3
Кашпирский I пласт . . .	0,70	4,30	68,3	8,26	8,3
" II пласт . . .	0,40	2,00	64,6	6,80	9,5
" III пласт . . .	0,40	2,10	77,0	10,0	7,7
Кашпирский <sup>19)</sup> . . . . .	—	—	58,4	8,0	7,3
" . . . . .	—	—	58,7	6,5	9,0
Кашпирский . . . . .	—	—	62,4	7,4	8,4
Кашпирский <sup>20)</sup> . . . . .	—	—	64,7	7,3	8,9
Вурнарский <sup>21)</sup> . . . . .	—	—	61,6	7,4	8,3
Бунинский <sup>21)</sup> . . . . .	—	—	61,3	7,3	8,4

Таким образом пределы колебания органогенов будут:

$\frac{C}{H}$ . . . . .	от 7,3 до 9,5%
N <sub>2</sub> . . . . .	от 0,4 до 0,7%
S орг. . . . .	от 2,0 до 4,5%

Неоднородность керогена волжских сланцев соответственно отражается и на характере термического разложения сланца. Характерные фазы швелевания (битуминизация, смолообразование и т. п.), обычно идущие последовательно, здесь в значительной мере смазываются, накладываясь одна на другую. Таким образом и температурный интервал, требующийся для превращения волжского сланца в определённое состояние, значительно расширяется. Больше того, даже расширяя температурный интервал, нельзя, например, получить однородную битуминизацию волжского сланца, тогда как у ленинградских сланцев этот прогресс происходит мгновенно при некоторой определённой температуре (явление козлообразования в перегонных печах).

Коэффициент смолоотдачи для волжских сланцев следующий (табл. № 23).

Таблица № 23.

Наименование	% Н <sub>2</sub>	% смолы на сланец	% орган. части на сланец	К <sub>т</sub> <sup>с</sup>
Обще-Сыртовский . . .	8,2	15,5	54,68	28,2
Кашпирский . . . . .	10,3	10,52	31,80	33,0
Ундоровский . . . . .	8,65	6,80	31,20	21,8
Захарьевский . . . . .	10,0	4,70	23,80	19,7

Из таблицы № 23 очевидно, что коэффициент смолоотдачи волжских сланцев очень низок и значительно ниже, нежели у сланцев Ленинградского района.

Довольно высокое содержание азота в волжских сланцах предполагает использование получающегося аммиака в виде сульфата аммония, по примеру шотландской промышленности. Но распределение азота (при температурах швелевания) невыгодно и исключает возможность производства серноаммонийной соли.

Таблица № 24.

Наименование сланца	N в сланце	N в газе	N в п/воде	N в полукоксе	N в смоле
Обще-Сыртовский . . .	100	—	7,3	83,0	9,3
Кашпирский . . . . .	100	9,64	6,7	65,98	17,68
Кашпирский . . . . .	100	9,0	3,0	70,0	17,0
Шотландский (при t = 750°) . . . . .	100	65,0	10,0	20,0	5,0

Изучение содержания галоидов в горючих сланцах недостаточно проведено. Известно, что в сланцах ленинградских и эстонских отсутствуют иод и бром. В. К. Вальгис и Н. В. Попов<sup>22</sup>) исследовали кукерские сланцы и нашли, что хлор, определяемый известковым методом и методом Варуниса, содержится в следующих количествах (табл. № 25).

Таблица № 25.

Название метода	% хлора в образцах				
	Ямбург	Порт Кувда	152	263	Веймарнский
Известковый метод . .	0,73	0,85	1,02	1,21	0,81
Метод Варуниса . . . .	0,75	0,88	1,05	1,21	0,81

Определение хлора в продуктах сухой перегонки образца Веймарнского сланца, при трёх температурах, дало следующие результаты (табл. № 26).

Таблица № 26.

Наименование	Температура	300°	600°	750°
Количество хлора в сланце . . .		0,815	0,815	0,815
” ” в коксе . . . .		0,710	0,310	0,230
” ” в подсм. воде		0,090	0,500	0,570
” ” в смоле . . . .		нет	нет	нет
” ” в газе . . . .		нет	нет	нет

По мере повышения температуры перегонки хлор становится всё более летучим и соответственно перемещается из полукокса в п/воду.

Повидимому в условиях температур швелования (550°) хлор будет распределён пополам между полукоксом и подсмольной водой.

#### Б. Роль выветривания. Окисление.

На состав керогена сланца, а также на его химикотехнические качества, значительно влияют процессы выветривания. Эти явления могут иметь практическое значение с двух сторон: сланец выветренный, т. е. подвергавшийся в известной степени воздействию кислорода и воды в течение геологических периодов, обладает худшими качествами и даёт меньшие выходы смолы; кроме того, свежедобы-

тый сланец в процессе хранения окисляется, и это ухудшает его промышленные свойства. Фокин, Винклер и ряд других исследователей наблюдали быстрое потемнение керогена кукурерита, освобождённого от золы, в результате его окисления на воздухе. Этот факт послужил поводом для опасений, что при хранении сланец быстро ухудшается в результате выветривания.

К. Лутс<sup>23</sup>) экспериментально доказал преувеличенность этих опасений. Окисление чистого, обеззоленного керогена в порошкообразном состоянии, т. е. с богато-развитой поверхностью, действительно происходит довольно быстро в первый момент процесса, но окисление кускового сланца происходит с поверхности совершенно незначительно по объёму и не может вызывать серьёзного ухудшения качества сланца.

К. Лутс принимает наибольшую теплотворную способность невыветренного керогена = 8900 кал./гр. и предлагает определять степень окисленности сланца по потере теплотворной способности:

$$\% \text{ выветривания} = \frac{8900 - Q_v}{8900} \cdot 100, \text{ где } Q_v —$$

теплотворная способность выветренного сланца.

Так, для керогена, хранившегося в течение 4-х лет (с 1928 по 1931 год) в стеклянной банке с корковой пробкой, найдено:

	До хранения	После хранения
Теплотворная способность	8918 кал.	8659 кал.

Разница = 8918 — 8659 = 259 кал. В среднем на год падает: 259 : 4 = 65 кал. Отсюда потеря теплотворной способности керогена (не сланца!) составляет — 0,73%, т. е. величину, практически незначительную.

В другой пробе, хранившейся в банке, закрытой ватой и обеззоленной в большей степени (остаточная зола = 4,9%), потеря теплотворной способности составила:

$$\frac{8682 - 8595}{8682} \cdot 100 = 1,02\% \text{ за год.}$$

Кусковой же сланец будет окисляться медленнее.

Окисление идёт с нарастанием количества кислорода и уменьшением количества С и Н<sub>2</sub>. Этот процесс протекает несколько быстрее за счёт водорода, и тем самым кероген обогащается углеродом. Последнее не всегда ярко выражено в начале процесса окисления, но эта закономерность свойственна и другим топливам, как видно из нижеприведённых данных в таблице № 27.

Таблица № 27.

## Окисление сланцев в воздухе.

№ № п п	Наименование сланца	% C	% H <sub>2</sub>	$\frac{C}{H}$	O + S + Cl + % N
1.	Кероген из пласта С . . . . .	76,6	9,2	8,33	14,1
2.	Кероген после хранения в теч. 4 лет . . . . .	75,6	9,15	8,26	15,2
3.	Сланец после окисления при 150°С в течение 2—3 часов . . . . .	76,5	9,2	8,3	14,3
4.	Сланец после окисления при 150°С в теч. 340 часов . . . . .	65,5	5,8	11,3	28,7
5.	Сланец после окисления при 150°С в течение 408 часов . . . . .	62,3	4,7	13,3	33,0

Е. В. Раковский и В. Д. Крылов<sup>24)</sup> получили следующие числа при окислении торфа в аппарате Эрдманна в течение 50 часов и при температуре до 150° С (см. табл. № 28).

Таблица № 28.

Торф	% C	% H	$\frac{C}{H}$
Неокислённый торф	76,15	5,97	9,45
Окислённый при 120°С	56,03	5,81	9,65
Окислённый при 140°С	56,80	5,25	10,80
Окислённый при 150°С	58,61	4,94	11,90

Окислённый сланец имеет меньший К<sup>с</sup>, нежели невыветренный. К. Лутс приводит замечательный пример, когда с глубины 8 метров на руднике Ярве был взят образец выветренного сланца, показавший следующие результаты:

Органическая масса	Элементарный состав %/о			Q кал/кг	К <sup>с</sup>
	C	H	O + N + + Cl + S		
Обыкновенный сланец	77,0	9,2	13,8	8 900	65—66
Окислённая проба	74,9	9,0	16,1	8 450	54,1

Несмотря на то, что сроки хранения сланца, встречающиеся на практике, не влияют на качество сланца, — следует иметь в виду,

что при хранении под открытым небом, когда сланец подвергается воздействию осадков, солнца и смерзанию, то особенно последнее воздействие быстро приводит к растрескиванию, измельчению сланца, что нежелательно. Поэтому склады для сланца следует снабжать навесом.

С явлением окисляемости кислородом воздуха связано так называемое самовозгорание. Применительно к каменным углям вопрос освещается так, что воздухом окисляется наиболее легко подверженная окислению часть угля — фузит. Это явление приводит к некоторому разогреванию, являющемуся достаточным условием ( $50^{\circ}\text{C}$ ) для окисления остальных компонентов угля, т. е. дурита и витрита. Разогревание, вызываемое окислением фузита, приводит, кроме того, к окислению пиритной серы угля. Последнему явлению придают большое значение в предварительном разогревании угля. Но считают, что сама по себе пиритная сера без фузита не оказывает влияния на окисление и не является иницирующим веществом.

Самовозгорания сланцев, подобного таковому углей, не происходит. Автору не известны доказанные случаи такого самовозгорания. В 1933 г. недалеко от вертикальной шахты Кашпирского рудника загорелся штабель старого сланца; утверждали, что горение является результатом самовозгорания, но никаких солидных доказательств представлено не было. Известно хранение сланца на рудниках и на складах заводов открытыми штабелями до 8—10 метров высотой, но самовозгорания или даже повышения температуры внутри штабеля не наблюдалось. По свидетельству инженера Болотского А. П., при проведении им опытов сжигания сланца на Северной Судоверфи было организовано хранение сланца сплошным навалом вместе с мелочью имелись также штабели с выложенными „окнами“, т. е. вставленными трубами, обеспечивающими циркуляцию свежего воздуха. Однако меры предосторожности оказались излишними, так как температура сланца в обоих случаях не повышалась.

#### В. Зола и её состав.

Зола горючих сланцев характеризуется значительным содержанием кремнекислоты, окиси кальция и окиси алюминия. При этом для сланцев Ленинградского района свойственно большое содержание окиси кальция.

Таблица № 29 показывает примерный состав минеральной части горючих сланцев.

Таблица № 29.

Наименование	SiO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O и K <sub>2</sub> O
Веймарнский сланец	32,6	19,2	35,2	2,7	6,3	8,2
Гдовский „	27,62	16,01	46,86	2,31	6,61	—
Обще-Сыртковский „	42,3	21,36	19,52	0,62	11,7	4,03
Кашпирский „	38,5	17,10	27,10	1,5	9,8	3,6
Ундоровский „	48,8	19,5	21,0	1,8	7,0	5,9

Зола ленинградских сланцев более тугоплавка, нежели таковая волжских. Так, температура плавления золы ленинградских сланцев = 1160° С, тогда как волжских = 1100° С.

На основе большого содержания в золе сланцев окиси кальция, возможно применение золы в качестве строительного вяжущего вещества. Ниже приводятся показатели механических испытаний различных вяжущих материалов.

Таблица № 30.

Наименование	Сжатие кг/см <sup>2</sup>	Разрыв кг/см <sup>2</sup>
Известь . . . . .	6,0	1,5
Гидравлическая известь .	10,0	2,0
Роман-цемент . . . . .	40,0	8,0
Портланд-цемент . . . . .	210—350,0	18—28,0
Гдовская сланцевая зола .	110—230	16—18

Особым образом препарированная кашпирская глина является агентом для стабилизационной очистки растительных масел. Из ниже приводимых данных видно, что по составу минеральная часть кашпирского сланца идентична составу залегающей между сланцами глины. Практическое применение этих пород могло бы значительно удешевить добычу кашпирских сланцев.

Таблица № 31.

Компоненты	II пласт	Глина	III пласт
SiO <sub>2</sub>	47,82	48,66	51,86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,22	14,30	16,00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,41	4,30	6,45
CaO	20,60	26,05	19,80
MgO	3,05	2,21	2,93
SO <sub>3</sub>	7,40	5,09	2,95

### 3. Характеристика товарных сланцев промышленных месторождений.

Для перерабатываемых сланцев кашпирского месторождения приводятся данные, помещённые ниже.<sup>25)</sup>

Влажность рудничная — 18%  
 “ воздушно-сухого — 10%.

Теплотворная способность = 2 000—2 300 кал.

#### Химический анализ сланца.

C . . . . .	24,90%
H . . . . .	2,85%
S . . . . .	4,54%
O + N . . . . .	6,14%
CO <sub>2</sub> . . . . .	9,62%
Зола . . . . .	52,88%

#### Продукты перегонки при = 450—550° С.

Воды . . . . .	10,1%
Смолы . . . . .	10,1%
Газа . . . . .	10,1%
Полукокса . . . . .	69,7%

#### Анализ газа.

H <sub>2</sub> S . . . . .	27,88%
C <sub>2</sub> O . . . . .	14,81%
C <sub>n</sub> H <sub>2n</sub> . . . . .	5,58%
CO . . . . .	3,54%
H <sub>2</sub> . . . . .	21,97%
CH <sub>4</sub> . . . . .	13,69%
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> . . . . .	8,57%
O <sub>2</sub> + N <sub>2</sub> . . . . .	5,40%

Теплотворная способность газа  
5 000—6 000 кал/м<sup>3</sup>

#### Анализ золы.

SiO <sub>2</sub> . . . . .	38,5%
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	17,1%
CaO . . . . .	27,1%
MgO . . . . .	1,6%
SO <sub>3</sub> . . . . .	9,8%
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O . . . . .	3,7%
Остаток . . . . .	2,2%

#### Свойства смолы.

Уд. вес . . . . .	0,976—1,09
Вязкость 15° Е . . . . .	1,84
Температура вспышки . . . . .	+ 45° С
Теплотворная способность . . . . .	9800 кал.

#### Анализ полукокса.

SiO <sub>2</sub> . . . . .	31,96%
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	14,19%
CaO . . . . .	22,49%
MgO . . . . .	1,33%
SO <sub>3</sub> . . . . .	8,13%
CO <sub>2</sub> . . . . .	9,62%
C . . . . .	7,38%
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O . . . . .	3,07%
Остаток . . . . .	1,83%

Теплотворная способность  
полукокса . . . . . 700—1 000 кал.

### 4. Свойства товарных сланцевых топлив ЭССР.

В качестве товарного сланца в ЭССР выпускаются 3 сорта, различающиеся по грануляционному составу. Но крупность куска определяет также и другие технические свойства сланца. Так, более крупный сланец содержит меньше минеральных примесей, которые трудно убрать из мелкого сланца вручную, а механических способов обогащения сланца ещё не разработано; крупный сланец легко

сжигается в топках, тогда как для сжигания мелочи необходимо особое устройство топок. Теплотворная способность у крупного сланца выше, нежели у мелочи. Мелкий сланец при швелевании способен легко битуминизироваться, образовывать „козлы“ в печах полукоксования. В таблице № 32 приводятся данные основных свойств товарного горючего сланца по сортам.

Таблица № 32.

Сорта	1-й	2-й	3-й
Ситовая фракция мм	38	10—38	10
Насыпной вес	1,0	0,9	0,8—0,85
Теплотворная способность в кал./кг.	3200—3500	2600—3200	2300—2700
Влажность %	11—15	11—15	15—20
Золы % на сух. вещ.	47—52	54—60	58—64

Хранение горючего сланца в течение продолжительного времени можно допустить на открытых площадках, но для сохранения качества сланца в течение полугода и года практикуют складирование его под деревянными навесами. В случае, если сухой кусковой сланец подвергается воздействию дождя, то, кроме увеличения влажности, происходит расслаивание сланца, и затем кусок постепенно разрушается, превращаясь в мелочь.

По имеющимся данным, сырая сланцевая смола с завода в Кохтла, т. е. из печей Пинча, характеризуется след. образом:

Удельный вес $d^{20}$ . . . . .	0,98—1,01
Температура вспышки по Мартенс-Пенскому . .	$> 25^{\circ} \text{C}$
Вязкость по Энглеру при $50^{\circ} \text{C}$ . . . . .	3,5—5
Нерастворимость в сероуглероде . . . . .	$< 0,5\%$
Содержание серы . . . . .	$< 1,0\%$
Содержание воды . . . . .	$< 1,5\%$
Реакция . . . . .	нейтральная
Разгонка по Энглеру до $200^{\circ} \text{C}$ . . . . .	2,8%
„ „ „ „ $250^{\circ} \text{C}$ . . . . .	16%
„ „ „ „ $300^{\circ} \text{C}$ . . . . .	30%
„ „ „ „ $360^{\circ} \text{C}$ . . . . .	65%

Образцы сланцевых топлив, полученные с завода Силламяэ, характеризовались следующими данными:

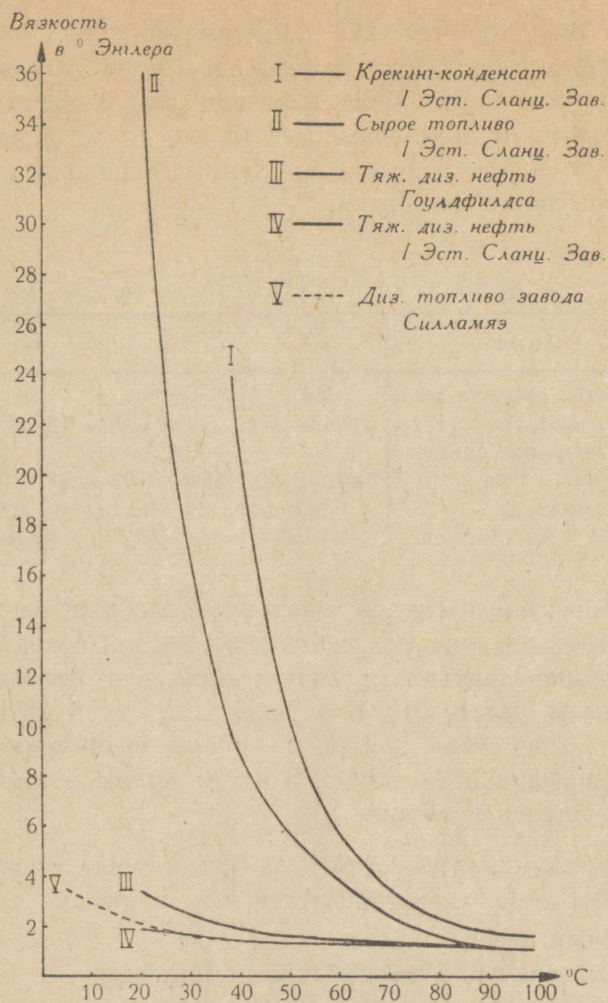


Рис. 6.

1. Сланцевый авиационный бензин.

Удельный вес при 15° С . . . . .	0,735—0,745
Октановое число по мотору CFR не ниже . . . . .	73
Начало кипения не ниже . . . . .	35° С
Выкипание в % до 100° С не более . . . . .	50
"    "    "    "    130° С "    "    . . . . .	80
"    "    "    "    150° С "    "    . . . . .	91
"    "    "    "    160° С "    "    . . . . .	95

Реакция водной вытяжки — нейтральная.

Механических примесей и воды — отсутствие.

Серы . . . . . 0,5 %

2. Сланцевый автомобильный бензин:

Удельный вес при 20° не выше . . . . . 0,750

Начало кипения не выше . . . . . 50°

Выкипает до 100° С не более . . . . . 30 %

” ” 160° С ” ” . . . . . 78 %

” ” 195° С ” ” . . . . . 95 %

Кислотность — отсутствует.

Содержание серы не более . . . . . 0,6 %

Докторскую пробу — выдерживает.

Пробу на медную пластинку — выдерживает.

3. Сланцевое дизельное топливо.

Удельный вес при 20° С . . . . . 0,93

Температура вспышки по Мартенс-Пенскому не  
ниже . . . . . 70°

Вязкость по Энглеру при 50° С не более . . . . . 1,4

Температура застывания не выше . . . . . —20°

Фракционный состав: начало кипения . . . . . 215

Выкипание в % до 300° С . . . . . 65 %

” ” до 350° С . . . . . 90 %

Механические примеси . . . . . отсутствуют

Золы не более . . . . . 0,005 %

Воды . . . . . следы

Серы не более . . . . . 1,1 %

Кокса по Конрадсону не более . . . . . 2 %

Цвет . . . . . тёмный

4. Сланцевый мазут 7,5.

Удельный вес при 20° С . . . . . 1,02

Вязкость по Энглеру при 50° . . . . . 7,5

Температура вспышки по Бренкену не ниже . . . . . 80°

Температура застывания не выше . . . . . —15°

Золы в процентах не более . . . . . 0,05

Воды не более . . . . . 1,5 %

Серы не более . . . . . 1,0 %

5. Сланцевый мазут 15.

Удельный вес при 20° С . . . . . 1,04

Вязкость по Энглеру при 75° С не более . . . . . 4,0

Температура вспышки по Бренкену не ниже . . . . . 120° С

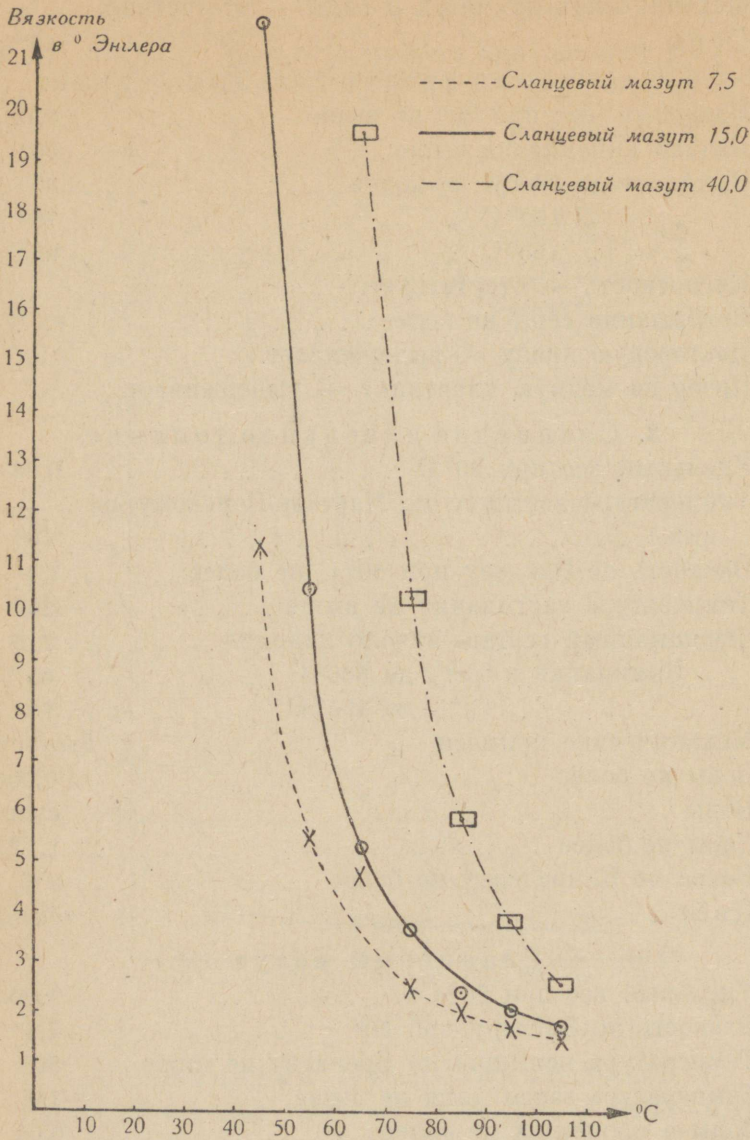


Рис. 7.

Температура застывания не выше . . . . .	+5°
Зола не более . . . . .	0,1%
Воды не более . . . . .	1,5%
Серы не более . . . . .	1,0%

## 6. Сланцевый мазут 40.

Удельный вес при 20° не более . . . . .	1,06
Вязкость по Энглеру при 75° . . . . .	12,5
Температура вспышки по Бренкену не ниже . .	165
„ застывания не выше . . . . .	+10°
Зола не более . . . . .	0,1 %
Воды не более . . . . .	1,0 %
Серы не более . . . . .	0,7 %

Завод в Кохтла выпускал продукты следующих качеств:

### 1. Автомобильный бензин.

Удельный вес при 20° С . . . . .	0,75—0,76
Фракции: до 100° . . . . .	20—25 %
„ до 140° . . . . .	60—75 %
„ до 190° . . . . .	95 %

### 2. Моторный керосин.

Удельный вес при 20° С . . . . .	0,83—0,86
Фракции: до 200° . . . . .	10—20 %
„ до 220° . . . . .	60—80 %
„ до 260° . . . . .	95 %

### 3. Моторная нефть (горючее для нефт. моторов).

Удельный вес при 20° С . . . . .	0,85—0,88
Точка вспышки . . . . .	60°
Начало кипения . . . . .	около 200°
Конец кипения . . . . .	350°
Фракции до 260° . . . . .	50 %

Не содержит воды, минеральных кислот, асфальта и фенолов.

### 4. Дизельная нефть (горючее для дизелев. моторов).

Удельный вес при 20° С . . . . .	0,89—0,91
Точка вспышки . . . . .	80°
Начало кипения . . . . .	выше 220°
Конец кипения . . . . .	350°

Не содержит воды, минеральных кислот, асфальта и фенолов.

Большинство лёгких топлив являлись продуктами крекинга сланцевой смолы на установке жидкофазного крекинга, мощностью около 30 тонн/сутки.

В части дизельных топлив следует отметить работу, выполняемую научными сотрудниками Сланцевой Секции Института Нефтяных

Ископаемых ЭССР. Испытанию подверглись все дизельные топлива заводов ЭССР. Данные этих опытов приведены в табл. № 33.

Таблица № 33.

Завод производ. и марки топлива	Завод Кохтла-Ярве			Кивиили		Кохтла (Гольд-фильдс) Тяжёлая дизельная нафта	З-д Силла-мяги Дизель. нефть.	Фирма Шелля 1939 г. Газоиль (нефт.)
	Дизельная нефть	Сырое топливо	Крекинг конденс.	Лёгкое топливо	Тяжёлое топливо			
Константы								
Начало дистилляции °С	237	175	275	226	235	250	208	194
10%	262	236	323	254	282	274	238	237
20%	268	272	342	262	310	281	250	249
30%	272	306	350	267	332	287	260	263
40%	277	335	—	274	350	292	271	275
50%	282	350	—	280	360	300	284	286
60%	287	—	—	289	—	307	297	296
70%	293	—	—	300	—	317	318	307
80%	309	—	—	318	—	331	345	321
90%	325	—	—	343	—	350	350	343
95%	350	—	—	346	—	355	(84%)	350
								(93%)
Вязкости по Е при 20° С	1,92	35,9	—	2,32	50,8	3,39	2,05	1,39
„ 38 „	1,45	9,5	23,9	1,56	12,27	1,92	1,5	1,23
„ 50 „	1,29	5,6	10,0	1,36	5,95	1,56	1,33	1,15
„ 75 „	1,13	2,0	2,8	1,15	2,32	1,23	1,13	1,35
„ 99 „	1,05	1,0	1,6	1,04	1,55	1,10	1,05	1,00

Серы в %: от полупроцента до двух процентов.

Эти топлива подверглись испытаниям на моторах:

1. Рустон и Хорнсбай — 500 об/мин; 8 л/с; испытаниям подверглись все топлива.
2. Рустон и Хорнсбай — 1000 об/мин; 7,5 л/с; испытаниям подверглись все топлива.
3. Деуц — 1000 об/мин; 10 л/с; испытаниям подверглись все топлива.

При испытаниях, для высоковязких топлив пришлось создать подогрев, а также регулировались насосы.

Расход топлива в среднем на лошадиную силу в час составил:

1. Нефтяной газоиль Шелля . . . . . 213,0 грамм
2. Дизельнафта завода Кохтла . . . . . 220,0 „
3. Сырое топливо „ . . . . . 228,5 „

4. Крекинг конденсат завода Кохтла . . . . .	229,0	”
5. Тяжел. дизельнафта Гольдфильдс . . . . .	235,5	”
6. Дизельн. нафта завода Силламяги . . . . .	227,0	”
7. Лёгкое топливо Кивиыли . . . . .	225,0	”
8. Тяжёлое топливо Кивиыли . . . . .	220,0	”

Кривые изменения вязкости в зависимости от температуры приводятся на прилагаемой фигуре № 6.

В 1939—40 годах сланцевое дизельное топливо применялось всем omnibusным парком г. Таллина, оборудованными дизелями со следующей характеристикой:

1. Büssing N A G тип L D-6.

число цилиндров . . . . .	6 шт.
диаметр цилиндров . . . . .	110 м/м
ход поршня . . . . .	130 м/м
объём цилиндров . . . . .	7,41 литра
степень сжатия . . . . .	1:17,5
давление вспышки . . . . .	45 атм.
число оборотов максим. . . . .	2000
эффективная мощность . . . . .	95 л/с

2. Büssing N A G тип L D-5.

число цилиндров . . . . .	5 шт.
диаметр цилиндров . . . . .	110 м/м
ход поршня . . . . .	130 м/м
объём цилиндров . . . . .	6,17 литра
степень сжатия . . . . .	1:17,5
давление вспышки . . . . .	45 атм.
число оборотов . . . . .	2000
эффективная мощность . . . . .	80 л/с

Оба мотора имеют предварительный подогрев топлива.

По сообщению Транспортного Отдела Таллинского Городского Совета практика показала, что старт на сланцевом дизельном топливе, несмотря на подогрев, затруднителен. Засорение фильтров и риски на поверхности деталей насосов имели место чаще, нежели на нефтяном дизельном топливе, нагарообразование в цилиндре большее, коррозии деталей мотора от присутствия сернистых соединений практикой не подмечены. Износ мотора несколько больший, — так, указывают, что на нефтяном топливе до ремонта машина делала пробег приблизительно 12 000 км,

на сланцевом — после 8 000 — 9 000 км необходимо было отремонтировать насосы. Сланцевое топливо подавалось не одинаковых качеств. Начиная с 1940 г. омнибусы сжигают нефтяное топливо СССР.

Мазуты из сланцевой смолы применяются в ЭССР для сжигания в паровозах, а также для ряда котельных на предприятиях.

Данные изменения вязкости трёх марок мазута, в зависимости от температуры, приводятся ниже:

### 1. Сланцевый мазут 7,5.

Вязкости при + 45°С . . . . .	11,22 (в конце капли)
” ” 55 ” . . . . .	5,45
” ” 65 ” . . . . .	4,69
” ” 75 ” . . . . .	2,42
” ” 85 ” . . . . .	1,99
” ” 95 ” . . . . .	1,66
” ” 105 ” . . . . .	1,48

### 2. Сланцевый мазут 15,0.

Вязкости при + 45°С . . . . .	21,76 (в конце капли)
” ” 55 ” . . . . .	10,46
” ” 65 ” . . . . .	5,26
” ” 75 ” . . . . .	3,70
” ” 85 ” . . . . .	2,42
” ” 95 ” . . . . .	2,03
” ” 105 ” . . . . .	1,71

### 3. Сланцевый мазут 40,0.

Вязкости при + 65°С . . . . .	19,52 (в конце капли)
” ” 75 ” . . . . .	10,27
” ” 85 ” . . . . .	5,84
” ” 95 ” . . . . .	3,82
” ” 105 ” . . . . .	2,55

Кривые вязкости сланцевых мазутов помещены на рис. 7 в конце текста.

## Литература :

1. Петрилья Г. „Прохождение каменного угля и других каустобиолитов“. 1934 г. стр. 21 и след.
2. Когерман П. „Химия эстонских сланцев“. 1934 г. стр. 15—22.
3. Розанов А. „Горючие сланцы и их техническое использование“. Сборник, стр. 33.
4. Курбатов И. „Предварительное сообщение об исследовании продуктов сухой перегонки волжских сланцев и заключающихся в них органических веществ“. „Нефтяное и сланцевое хозяйство“. № 1—4 за 1921 год, стр. 157—160.
5. Архангельский А. „Очерк месторождений горючих сланцев в Европейской России“. „Нефтяное и сланцевое хозяйство“. № 9—12, 1920 г., стр. 60—92.
6. Стадников Г. „Brennstoff-Chemie“. 10.478 /1930.
7. Савчук М. Н. „Горючие сланцы и сланцевая промышленность за границей“. „Горючие сланцы“. № 4, 1934 г. стр. 15.
8. Джорж Р. Д. — в книге Ральф Х. Мак-Ки „Сланцы“. 1934 г., стр. 29.
9. Стюарт Д. Р. „Химия горючих сланцев“. 1920 г., стр. 20.
10. Эллс С. Ч. „Сланцы Канады“ из книги Ральф Х. Мак-Ки „Сланцы“, 1934 г. стр. 41.
11. Бюллетень Геологического Бюро США 641, 311, 1916 г.
12. Савчук М. Н. „Горючие сланцы“. № 4, 1934 г., стр. 11 и 12.
13. Степанов П. и Миронов С. „Геология месторождений каустобиолитов“. 1937 г. ОНТИ, стр. 424.
14. Попов Н. М. „Горючие сланцы“. „Минерально-сырьевая база СССР“ вып. 24, 1936 г. стр. 8—14.
15. Когерман П. „Химия эстонских сланцев“. 1934 г. стр. 13.
16. Стюарт Д. Р. „Химия горючих сланцев“. 1920 г. стр. 12.
17. Раковский Е. В. Сборник „Горючие сланцы и их техническое использование“. 1932 г., стр. 121.
18. Жунко В. И. и др. „Краткий очерк химической технологии сланцев“. 1934 г., стр. 9.
19. Стадников Г. Л. „Х. тв. топл.“ т. V. В. I стр. 13, 1934 г.
20. Зелинский Н. Д. Сборник „Горючие сланцы“, статья инж. Мягкова.
21. Орлов Н. А. и др. „Х. тв. топл.“ III, 443, 1932 г.
22. Вальгис В. К. и Попов Н. В. „Нефтяное и сланцевое хозяйство“. № 9—12, 1920 г. стр. 117.
23. Луте К. „Химия эстонских сланцев“ 1934 г. стр. 135.
24. Раковский Е. В. и Крылов В. Д. „Х. тв. Т“ т. V. В. 5, 1934 г. 437.
25. Жунко В. и др. „Первый в СССР опытный сланцеперегонный завод на Кашпире“. 1933 г. стр. 47.

## ОГЛАВЛЕНИЕ:

	Стр
I. Очерк истории сланцевой промышленности . . . . .	3
II. Происхождение горючих сланцев . . . . .	12
1. Каустобиолиты . . . . .	12
2. Горючие сланцы . . . . .	15
III. Определение горючих сланцев . . . . .	17
IV. Горючие сланцы заграничных месторождений . . . . .	25
1. Европа . . . . .	25
2. Америка . . . . .	27
3. Австралия . . . . .	30
4. Азия . . . . .	30
5. Африка . . . . .	31
V. Горючие сланцы месторождений СССР . . . . .	32
1. Геология месторождений . . . . .	32
2. Запасы горючих сланцев . . . . .	35
3. Описание основных месторождений . . . . .	35
VI. Основные типы сланцев и их анализы . . . . .	43
1. Керогеновые горючие сланцы . . . . .	43
2. Сравнительная характеристика сланцев СССР . . . . .	44
А. Состав и содержание органической части . . . . .	44
Б. Роль выветривания. Окисление . . . . .	51
В. Зола и её состав . . . . .	54
3. Характеристика товарных сланцев промышленных месторождений . . . . .	56
4. Свойства товарных сланцевых топлив ЭССР . . . . .	56
Литература . . . . .	65

1. trükk.

*Vastutav toimetaja P. Kogerman.*

*Tehniline toimetaja A. Pill.*

Ladumisele antud 30. XI 46. Trükkimisele antud 4. III 47. Paberi kaust 67×95. 1/16.  
Trükipoognaid 4 1/8. Autoripoognaid 3,5. Arvestuspoognaid 3,89. MB 01678. Lao-  
tihedus trpg. 43500. Tiraaž 3200. Trükikoja tellimus nr. 1798.

Trükikoda „Hans Heidemann“, Tartu, Vallikraavi 4.

А. В. Кожевников. Горючие сланцы I.

На русском языке. Эгосиздат „Научная Литература“, Тарту.

✓  
Est.  
A-9925

Цена 8 руб.