

X  
A-2467  
I

467 I

8. IV 48

Sundeksemp  
6. IV. 19

АКАДЕМИЯ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР  
ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

---

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ГОРЮЧИМ СЛАНЦАМ ЭСТОНСКОЙ ССР

28 — 30 ОКТЯБРЯ 1946 Г.



ГИЗ „НАУЧНАЯ ЛИТЕРАТУРА“

~~ESTICA~~

A-10194

I 012

АКАДЕМИЯ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР  
ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

---

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СОВЕЩАНИЕ  
ПО ГОРЮЧИМ СЛАНЦАМ  
ЭСТОНСКОЙ ССР

28 — 30 ОКТЯБРЯ 1946 Г.



ГИЗ „НАУЧНАЯ ЛИТЕРАТУРА“

ТАРТУ, 1948



## Цель и задачи совещания.

Послевоенным пятилетним сталинским планом восстановления и развития народного хозяйства Союза ССР предусматривается грандиозное расширение промышленности и, в частности, промышленности сланце-химической, имеющей первостепенное значение для Эстонской ССР. Учёными и инженерами Эстонской ССР уже достигнуты определённые успехи в области генезиса, химии, термической переработки и энергетического использования горючего сланца-кукерсита. Несмотря на это, грандиозные задачи, поставленные перед сланце-химической промышленностью Эстонской ССР и других союзных республик, требуют ещё более значительного углубления и развития научно-исследовательских работ в области химии, физико-химии, физики, технологии и энергетики горючих сланцев.

Учитывая первостепенное значение проблем, связанных с комплексным использованием богатых залежей горючих сланцев Советской Эстонии, Академия наук Эстонской ССР, на основании договорённости с сотрудниками Энергетического института им. Г. М. Кржижановского (ЭНИН) Академии наук СССР, провела в г. Таллинне совещание по исследованию и использованию горючих сланцев Советской Эстонии.

Конкретно на совещании предусматривалось:

З а с л у ш а н и е докладов о современном состоянии теоретических знаний о сланце и о технологическом и энергетическом его применении, о б с у ж д е н и е проблем комплексного использования сланца и к о о р д и н и р о в а н и е даль-

нейших работ по выполнению пятилетнего плана в этой области.

Проведение совещания было возложено на отделение физико-математических и технических наук Академии наук ЭССР. Организационный комитет, в составе академика-секретаря отделения, проф. О. А. Маддисона, действительного члена Академии наук ЭССР, проф. П. К. Когермана и директора Института промышленных проблем, доктора химии О. Г. Киррета, провёл подготовительные планово-организационные работы по созыву совещания. При активном содействии сотрудников ЭНИН-а — члена-корреспондента Академии наук СССР А. Б. Чернышова, доктора технических наук А. А. Агроскина, кандидатов технических наук С. М. Григорьева и И. Л. Фарберова, а также работников Госплана ЭССР и Министерства сланцевой и химической промышленности ЭССР совещание состоялось 28—30 окт. 1946 г. в помещении Академии наук ЭССР с участием представителей Партии и Правительства, Госплана, промышленных министерств, Таллинского политехнического института, научных учреждений, комбината «Эстонсланец» и других промышленных предприятий.

## I.

### **Открытие совещания.**

- 1. Вступительное слово председательствующего на совещании академика-секретаря отделения физико-математических и технических наук Академии наук ЭССР, проф. О. А. Маддисона.**

Товарищи, дорогие гости!

Великая Отечественная война, навязанная миролюбивому советскому народу вероломным вторжением фашистской Германии в пределы Советского Союза, закончилась гигантской победой Советской Армии — победой, имеющей неизмеримо большое историческое значение.

Окончанием войны Советскому Союзу при всей обширности его территории обеспечивается возможность планомерного перехода к мирному созидательному труду и одновременно же ставится перед народами Советского Союза новая задача, которая выражена словами товарища Сталина:

«Перед советским народом стоит теперь задача закрепить завоёванные позиции и двигаться вперёд к новому хозяйственному подъёму».

Лучезарной путеводной звездой в этом победном хозяйственном шествии является сталинский пятилетний план восстановления и развития народного хозяйства Советского Союза.

В связи с пятилетним планом восстановления и развития народного хозяйства, общим для всего Советского Союза в его целом, — каждая союзная республика имеет свой местный

пятилетний план, в котором, как и в общем плане, в числе актуальных вопросов, вопросы энергетики, вопросы, касающиеся источников энергии, занимают видное место. Это и понятно, ибо ни одно техническое предприятие немислимо без применения энергии.

Эстонская ССР обладает громадными природными запасами энергии в виде обширных залежей горючего сланца и торфа.

Имея в виду эти, в общем ещё дремлющие, запасы энергии и сознавая чрезвычайную важность правильного использования таковых для народного хозяйства как самой Советской Эстонии, так и прилегающих к ней других областей Союза ССР, — Академия наук ЭССР, в лице её отделения физико-математических и технических наук, созывает настоящее совещание, чтобы общими силами, при любезном участии и сотрудничестве наших дорогих гостей из Москвы, выдающихся учёных Советского Союза в области энергетики сланцев и торфа, сотрудников Энергетического института Академии наук ССР, обсудить возможные виды использования наших горючих ископаемых — сланцев и торфа — для нужд народного хозяйства,

обменяться мнениями и накопленным опытом в отношении всестороннего исследования технологических свойств сланцев и торфа и, наконец,

наметить пути для наиболее рационального и целесообразного использования наших сланцев и торфяных залежей.

Считаю своим приятным долгом выразить по этому поводу от лица Академии наук ЭССР нашу глубокую благодарность дорогим гостям из Москвы, не утравшившимся приехать к нам в Таллинн и изъявившим своё любезное согласие участвовать в нашем первом Энергетическом совещании рядом важных докладов по вопросам принципиального характера в области энергетики сланцев.

В глубоком сознании и твёрдой уверенности:

что работа предстоящего совещания, успех которого обес-

печен участием наших дорогих гостей из Москвы, послужит ярким примером стойкости происходящего в настоящее время у нас широкого социалистического строительства на благо нашей родины — Советской Эстонии,

что в результате совместной дружеской работы в течение предстоящего совещания научные силы нашей молодой Академии несомненно обогатятся глубокими познаниями и ценным опытом в области энергетики горючих сланцев и торфа и, наконец,

что наши дорогие гости встретят в лице наших научных сил искренне преданных общему делу товарищей, — открываю первое Энергетическое совещание Академии наук Эстонской ССР при участии представителей Энергетического института Академии наук СССР.

**2. Приветствие представителя Академии наук СССР,  
члена-корреспондента Академии наук СССР  
тов. А. Б. Чернышова.**

Товарищи! На данной сессии собрались видные деятели науки и техники союзной Эстонской республики: приветствую вас от имени Академии наук Советского Союза.

Профессор Маддисон в своём вступительном слове сказал, что данное совещание играет очень важную роль, так как должно разработать план научно-исследовательской работы Эстонской Академии наук на ближайший год с тем, чтобы наша Академия наук внесла тот вклад в дело восстановления и развития народного хозяйства, который должна дать советская наука.

Мы приехали сюда с тем, чтобы помочь в разработке такого плана, поделиться тем опытом, который имеется у нас в области энергетики.

Надеюсь, что дружными усилиями мы выполним те задачи, которые поставлены перед нами на совещании.

Разрешите пожелать успехов нашему совещанию в той ответственной работе, которая ему предстоит.

### 3. Приветственное слово академика-секретаря Академии наук ЭССР, проф. Ю. Ю. Нута.

Задачи развития сланцевой промышленности, стоящие перед Советской Эстонией, чрезвычайно важны и требуют безотлагательного разрешения. Поэтому Академия наук Эстонской ССР, в тесном контакте с Энергетическим институтом Академии наук СССР, решила созвать энергетическое совещание по горючим сланцам, не дожидаясь окончательного организационного оформления всех причастных к предстоящей работе институтов. Энергетическое совещание должно на основе обмена опытом и мнениями по вопросу сланцев и других энергетических ископаемых наметить планы дальнейших согласованных и целеустремлённых исследовательских работ по сланцам.

Академия наук Эстонской ССР — самая молодая академия в Советском Союзе. Тем не менее у нас в вопросах горючих сланцев уже имеется некоторый опыт, базирующийся на работах, проведённых ведущими эстонскими учёными, в первую очередь, профессором Когерманом и его школой.

Для того, чтобы поставить дальнейшую работу, имеющую теперь уже общесоюзное значение, на должную высоту и вести её на подлинно советском уровне с учётом крупных заданий сталинской пятилетки, необходимо уделить самое серьёзное внимание полной координации научно-исследовательских работ по сланцам. Для того, чтобы успешно справиться с важными и срочными государственными заданиями в сланцевой промышленности, советские учёные должны дружно и планомерно согласовать свои усилия для оказания эффективной помощи в важном секторе великого социалистического строительства нашей могучей Родины, секторе энергетического хозяйства, базирующегося на полном и рациональном использовании местных горючих ископаемых.

Можно быть уверенным, что собравшийся здесь компетентный коллектив работников по сланцам наметит правильные пути для разрешения стоящих перед Советской Эстонией за-

дач, а также для постановки проблем и разработки организационно чёткого, продуманного плана успешного решения этих проблем в ближайшем будущем.

От имени президиума Академии наук Эстонской ССР приветствую всех собравшихся товарищей и выражаю уверенность, что открываемое совещание приведёт к высококачественным и ценным результатам. Нам надлежит двинуть вперёд дело правильного использования сланцевых ресурсов Эстонской ССР и других братских республик. Надлежит прочно обеспечить все предпосылки для образцового выполнения сланцевой промышленностью задач, возложенных на неё Партией, Правительством и великим Сталиным!

## II.

### Рабочая часть совещания.

Для проведения совещания и связанных с этим работ был избран рабочий президиум в следующем составе:

академик-секретарь отделения физико-математических и технических наук, проф. О. А. Маддисон, заместитель председателя совета министров А. Кресс, член-корр. Академии наук СССР А. Б. Чернышов, министр сланцевой и химической промышленности Эстонской ССР В. В. Матвеев, действительные члены Академии наук ЭССР Х. Х. Круус, Ю. Ю. Нут и П. К. Когерман, доктор технических наук А. А. Агроскин, доктор химии О. Г. Киррет, кандидаты химических наук Х. Т. Раудсепп и А. Т. Кылля и инженеры И. А. Свидерский и Х. К. Труу.

#### План совещания.

Утреннее заседание 28 октября 1946 г. (12.00—15.00).

1. Доклад действ. члена Академии наук ЭССР, проф. П. К. Когермана на тему:  
«Обзор научно-исследовательской работы по горючим сланцам в Эстонской ССР».
2. Доклад канд. хим. наук А. Кылля на тему:  
«Обзор развития и современного состояния сланцевой промышленности Эстонской ССР».

Вечернее заседание (17.00—19.00).

Прения по докладам утреннего заседания.

Утреннее заседание 29 окт. 1946 г. (10.00—13.00).

1. Доклад доктора технич. наук А. А. Агроскина на тему:

«Исследование сланцев как сырья для термической переработки».

2. Прения.

Вечернее заседание (16.00—19.00).

1. Доклад канд. технич. наук С. М. Григорьева на тему:

«Классификация горючих ископаемых и их технологические свойства».

2. Доклад доктора технич. наук А. А. Агроскина на тему:

«Применение электрического тока для термической переработки топлива».

3. Прения.

Утреннее заседание 30 октября 1946 г. (10.00—13.00).

1. Доклад зам. директора ИМП АН ЭССР инженера Х. К. Труу на тему:

«Топка для сжигания горючего сланца».

Вечернее заседание (16.00—19.00).

1. Доклад действ. члена Академии наук ЭССР, проф. П. К. Когермана на тему:

«Координация научно-исследовательской работы по энергетике горючих сланцев».

2. Решение совещания по использованию горючих сланцев Эстонской ССР.

3. Заключительное слово председательствующего, действ. члена Академии наук Эстонской ССР, проф. О. А. Маддисона.

1. Доклад действ. члена Академии наук ЭССР, проф. П. К. Когермана:

## **Обзор научно-исследовательской работы по горючим сланцам в Эстонской ССР.**

Четверть века тому назад гениальный Ленин в одном из своих писем к органам советской власти обратил внимание на громадное значение местных энергетических ресурсов, в том числе и горючих сланцев. Отклик этих мыслей проник и в сознание эстонских учёных и инженеров того времени, и почти три десятка лет тому назад, километрах в двухстах к западу от города Ленина, зародилась сланцевая промышленность, которая к началу Великой Отечественной войны выдвинулась на второе место в мире.

Сланцы, как таковые, как сырьё, как минерал — были известны геологам и до первой империалистической войны.

Мы знаем, что в мировом масштабе сланцевая промышленность имеет бóльшую древность, бóльшую историю, чем нефтяная промышленность, но, из-за своеобразия этого минерала, техническое его использование, несмотря на историческую давность, отстало и не выдержало конкуренции в больших капиталистических странах ни с каменным углем, ни с нефтью.

Область горючих сланцев для учёного мира очень обширна. Для научного исследователя минерал, так называемый сланец, очень многогранен, и, собственно, единого определения этого минерала ещё до сих пор не дано. Мнения геологов и химиков расходятся. Что, собственно, подразумевается под сланцами? Во многих случаях трудно провести границу между ископаемыми разновидностями каменного угля и бурого угля, с одной стороны, и между сланцами — с другой стороны. История исследования сланцев зародилась в такой же седой старине, как и история нефти и других ископаемых, — так в библиотеке царя Ашурбанипала встречается уже слово «нефту» (отсюда и русское слово «нефть»), правда, под этим подразумевался и асфальт, и другие асфальтоподобные вещества.

Что касается горючих сланцев, то наиболее древние исторические сведения имеются о тирольских сланцах, которые относятся к XIV веку, — это так называемые ихтиоловые сланцы. Народная фантазия, в форме различных легенд, повествует о происхождении этих ихтиоловых сланцев. Местные крестьяне называют его «Диршенблют» — кровь Тирса. По древней легенде, в IX веке в долине Тироля жил великан-пахарь Тирсус, на которого напал рыцарь Хейлю. В поединке рыцарь был побит. Он этого не простил и, уловив момент, когда пахарь-великан уснул, пронзил его мечом. Кровь этого великана пропитала почву. Так объясняет народная былина происхождение сланца-ихтиола в Тироле.

Я нарочно упомянул об этих народных фантазиях, так как в них проявляются попытки человеческого ума дать объяснение тем явлениям, которые происходят вокруг него в природе и, конечно, происхождению тех или иных минеральных горных пород, встречающихся нам на каждом шагу.

Надо сказать, что область горючих сланцев так же обширна, как и область каменного угля. Мнения выдающихся специалистов и новейших научных работников в этой области сильно расходятся в отношении происхождения и условий образования или генезиса этих материалов. Выяснение происхождения и условий образования органогенных минералов можно использовать в качестве дополнительного метода для выяснения химической структуры этих горных пород.

Учёные, работающие в области горючих сланцев, должны быть не только узкими специалистами, — они должны обладать обширными познаниями в смежных областях науки, хотя период энциклопедистов в науке давно отошёл в вечность. Поэтому необходима организация дружной кооперации многих учёных специалистов, работающих в смежных областях. Учёные, поставившие себе задачу выяснить химическую структуру органического вещества сланцев, должны знать все методы научного исследования других видов горючих иско-

паемых, в первую очередь — каменного угля. Но коль скоро мы перейдём к исследованию продуктов разложения сланцев, мы должны знать и химию нефти. Это одна из причин, тормозящих развитие химии горючих сланцев.

Методику исследования горючих сланцев можно разделить на три части:

во-первых, экстрагирование при помощи растворителей органического вещества или керогена горючих сланцев. Для химического анализа важно иметь вещества в жидком или растворённом состоянии; уже алхимики знали пословицу, что «*corpora non agunt nisi fluida*» — тела реагируют только в жидком виде, а пока у нас имеется твёрдое вещество, мы не можем применять всех химических методов для выяснения его структуры. Поэтому важнейшим методом для выяснения структуры керогена оказывается действие растворителей. В случае каменных углей некоторые растворители дают довольно высокие выходы экстрактов, порядка 20—25%, а в случае сланцев, при применении обыкновенных растворителей, как-то: бензола, бензина, хлороформа и др. — выход экстракта очень незначителен, и ошибка, в которую очень часто впадают даже видные учёные, состоит в том, что на основании незначительной растворённой части пытаются создать картину первичной структуры всего органического вещества, т. е. на основании 2% экстракта судят о том, что представляет собой нерастворённая 98%-ая часть.

С такими трудностями приходится работать учёным в области химии горючих сланцев.

В нашей лаборатории применялись растворители: бензол, ацетон, амиловый спирт, хлороформ и др. Нашими сотрудниками в течение четверти века систематически исследовалось влияние растворителей на органическое вещество наших сланцев при продолжительном экстрагировании, причём оказалось, что из органического вещества, при помощи растворителей, удалось получить не свыше 6% экстракта.

Второй метод, довольно распространённый в химии каменных и бурых углей, — это влияние реактивов, щёлочей и кислот, галоидов и окислителей на органические вещества горючих ископаемых.

Довольно часто реакция идёт слишком далеко. В результате окисления получают такие простые органические соединения, как щавелевая и уксусная кислота и др., которые как раз и указывают, что реакция пошла слишком далеко. Нет подходящего реактива, который воздействовал бы только на один компонент. В этой области учёным очень трудно подобрать подходящие условия реакции. В нашей практике применялись все методы, известные в химии каменного угля.

Что касается действия щёлочей при обыкновенной температуре, то выход продуктов реакции очень незначителен. В случае применения бурого угля выход продуктов реакции гораздо значительнее, и мы можем поэтому уже прийти к некоторым выводам. Так называемых гуминовых веществ в органических веществах нашего сланца в значительном количестве нет. Это первый вывод. Второй реактив — азотная кислота — действует не только окисляюще, но и нитрующе. Выбирая подходящие условия воздействия и изменяя продолжительность реакции, нам удалось значительную часть керогена превратить в растворимую в ацетоне. При сравнении природы этого продукта со шведским сланцем бросается в глаза разница: шведские сланцы дают значительный процент нитрогуминовых кислот, наш кукерсит не содержит этих веществ. При действии галоидов выяснилось, что оно имеет двойной характер, а именно: мы наблюдаем реакцию присоединения и реакцию замещения, — значит, хлор, бром и др. продукты дают как аддитивные, так и субститутивные реакции. Галоидные производные керогена сланцев растворяются лучше, чем необработанный кероген. Сопоставляя физические константы, сравнивая их элементарный состав с известными соединениями, приходим к выводу, что

галоидные производные лёгких фракций должны относиться к циклическому типу.

При помощи всех известных методов исследования горючих ископаемых мы получим исходные точки для суждения о том, к какому классу органических соединений должны относиться те соединения, которые вошли в состав керогена горючих сланцев.

Последний этап — это действие окислителей. Кислород воздуха, даже при повышенной температуре, очень мало действует на органические вещества сланца, но сильно атакует такой окислитель, как перманганат калия в щёлочном растворе. Этот метод, выработанный в своё время профессором Боном, получил довольно большое значение для выяснения химической структуры каменного угля. Оказалось, что при этом методе окисления каменного угля получается значительное количество ароматических кислот. Результатом этих исследований является предположение учёных, что главная часть органического вещества, образующая каменный уголь, циклического или ароматического характера.

При применении тех же методов для окисления наших сланцев, оказалось, что даже при довольно низкой температуре выделяется много угольной кислоты, получается очень много щавелевой кислоты, нелетучих кислот, по всей вероятности алифатического ряда, но до сих пор не удалось выделить ароматических кислот. Следовательно, из этих опытов ясно выявляется разница в химической структуре горючих сланцев и каменных углей. Этот метод — лучший из тех, которые до сих пор применялись для изучения химической структуры наших сланцев.

С другой стороны, мы знаем, что каменный уголь при швелевании в интервале  $500\text{--}550^\circ$  даёт первичную смолу, которая содержит соединения кислотного и фенольного характера, а при высокой температуре, свыше  $900^\circ$ , получают уже типичные фенолы.

В тех же температурных условиях перегонки наши сланцы дают так называемое сланцевое масло или смолу, которая также содержит значительное количество соединений фенольного характера. Но этих-то соединений мы не обнаружили в продуктах окисления сланцев.

Я думаю, что в этой дилемме и зарыт ключ к загадке химической структуры органического вещества нашего сланца. Работа в этой области продолжается в наших лабораториях.

Если теперь, на основании вышесказанного, подвести итоги научно-исследовательским работам, проведённым в наших лабораториях при университете в Тарту, при Политехническом институте в Таллинне, а также за границей, то мы приходим к заключению, что обыкновенные растворители не дают значительных выходов экстракта, и на основании их воздействия нельзя ещё судить о химической структуре наших сланцев. Однако, в последнее время выяснилось, что некоторые растворители, как-то — тетралин, циклогексанол и др. обладают большей растворяющей способностью, чем обыкновенные растворители, и я уже получил выходы экстракта порядка 6%, что поощряет к продолжению исследований в этом направлении.

Практический интерес имеет изучение растворимости при повышенной температуре для получения искусственного жидкого топлива.

Что касается действия реактивов, то они дают нам ценные указания на природу нашего сланца и выясняют черты сходства и разницы между каменным углем, бурыми углями и сланцем.

Наиболее детально было исследовано действие тепла. Это один из методов изучения природы каменного угля, также и сланца. Систематически проводились опыты термоллиза или воздействия температуры на органические вещества сланцев, начиная с температуры порядка  $100^{\circ}$  до  $1000^{\circ}$ .

В общих чертах можно подвести итоги и сказать, что разложение органических веществ протекает в случае сланца почти в таком же направлении, как и в случае каменного угля. Выделение газов мы замечаем при температуре только свыше  $250^{\circ}$ . При этой температуре уже начинается известная частичная деполимеризация, которая заключается в том, что растворимость керогена в сероуглероде повышается. Мы наблюдаем зону быстрого повышения растворимости при температуре свыше  $320^{\circ}$  и зону пиролиза промежуточных продуктов в пределах  $380\text{—}390^{\circ}$ . Это начало так называемого смолообразования, которое продолжается примерно до  $550^{\circ}$ . Конечная температура смолообразования (первичного) зависит от метода нагревания и других физико-химических условий, затем, при повышении температуры перегонки, выход жидких продуктов начинает уменьшаться, а с другой стороны, выход газов — значительно повышаться. Если судить по анализу газов, то можно сказать, что ароматизация продуктов перегонки наших сланцев начинается в пределах  $650^{\circ}$ .

Исследования, проведённые в лабораторных условиях, показывают, что при  $600^{\circ}$  содержание водорода примерно 10—11%, при  $700^{\circ}$  и выше — 22%. Тут уже несомненно происходит дегидрогенизация. При более высоких температурах, свыше  $900^{\circ}$ , жидкие продукты содержат массу ароматических соединений, как-то: бензол, толуол, нафталин и другие углеводороды с конденсированными ядрами. С этой точки зрения можно заметить некоторую аналогию между горючим сланцем и каменным и бурым углями. Это исследование важно в том отношении, что оно даёт нам возможность выработать технические условия перегонки для процесса швелевания, для получения сланцевого масла, для процесса газификации и для получения светильного газа.

Что касается исследования пиролиза как сланца, так и продуктов швелевания, то в этом направлении в Эстонии проведена большая работа. Можно упомянуть о работе

проф. Вейдерпасса, проведённой 18 лет назад над пиролизом сырой смолы при температурах 700—750°, который пришёл к выводу, что при этих условиях происходит ароматизация соединений, находящихся в сланцевом масле, но его количественные показатели кажутся немного преувеличенными.

Инженер А. В. Кожевников и его сотрудники в Ленинградском ВНИГИ провели опыты ароматизации на различных сланцевых смолах как веймарнского, так и гдовского происхождения, и при количественном анализе процесса пиролиза Кожевников пришёл к заключению, что цифры ароматики, данные Вейдерпассом, немного преувеличены и в них приходится вносить коррективы.

Что касается пиролиза отдельных фракций, то тут значительная работа проведена Ленинградским ВНИГИ, Ленинградским и Таллинским политехническими институтами. Так как эта работа может служить опорным пунктом для органической промышленности для получения ароматиков, то в наших условиях следует продолжать работу по пиролизу как сланцев, так и продуктов их перегонки.

В течение четверти века нашим химикам и технологам удалось отчасти выяснить если не структуру органического вещества наших сланцев, то по крайней мере его общий облик, его общий характер, найти линии сходства и различия, с одной стороны, между различными разновидностями сланца, и, с другой стороны, — между сланцем и каменным и бурым углями. Надо сказать, что такого органического вещества, какое содержится в нашем сланце, почти не найдено в других разновидностях горючих сланцев. Если взять для сравнения наиболее тщательно исследованные сланцы — шотландские (в 1947 году шотландская сланцевая промышленность может праздновать 100-летие своего существования), то в жидких продуктах их швелевания находится много парафина и других предельных соединений, — в наших же первичных смолах мы находим лишь следы этих соединений, что обнаруживает разницу в химическом составе.

Большая разница существует также в химическом отношении между нашими, фушунскими и кашпирскими сланцами. Лет 30 тому назад химических или физико-химических методов, пригодных для непосредственного анализа наших сланцев, почти не существовало.

У нас нехватает ещё точных и эффективных методов научного исследования керогена сланцев. Приходится постепенно, шаг за шагом, контролировать пригодность и точность методов исследования. Методы изучения наших сланцев и продуктов, полученных при этих исследованиях, показали, что часто экстрагируют сланец при повышенной температуре в автоклавах, при температуре около  $350^{\circ}$ . В этих температурных пределах уже начинается разложение органических веществ. Поэтому нужно очень осторожно относиться к таким выводам и, с чисто научной точки зрения, дать им подобающую оценку. Спрашивается, к чему тогда вообще возиться с чистой химией анализа горючих сланцев, когда мы из практики знаем, как его швелевать, газифицировать? По-моему, дело обстоит не так. Если бы мы знали точную природу наших горючих сланцев, то мы могли бы ещё более эффективно использовать их для нужд государственных и бытовых целей, чем мы это до сих пор делали на основе тех скудных химических данных, какие мы имеем о наших горючих сланцах. В наших сланцах содержатся вещества интересного химического характера, которые могут служить не только горючим под котлом, но и являться базой для химической промышленности. В будущем, имея более подробные данные о химической природе наших горючих сланцев, мы не сжигали бы его под котлами как энергетическое топливо, а использовали бы его как сырьё для химической промышленности. То, что мы сегодня рекомендуем заводам сжигать под котлами, содержит и антибиотики, и другие вещества очень важного значения. Поэтому нельзя пренебрегать этими исследованиями; несмотря на все их трудности, необходимо найти новые пути подхода к выясне-

нию химической природы сланцев и, исходя из полученных данных, заложить основу будущей сланце-химической промышленности.

Практический опыт при одном режиме перегонки — так наз. швелевании — достиг довольно высокой степени развития в Советской Эстонии. Начали с первых опытных генераторов в Кохтла-Ярве и транспортных лент в Кивиыли, а сейчас существует несколько типов генераторов и механически отлично оборудованные тоннельные печи. Такое же развитие наблюдается и в части реторт с внешним обогревом. Начали просто с вращающегося барабана, где сланец постепенно передвигался по закону гидравлики — потока воды (мелкий сланец). Но этот барабан быстро закоксовывался, потому что сланец при нагревании должен проходить те температурные стадии, которые упомянуты выше. Одна из них очень опасна — это зона асфальтообразования, когда полужидкий сланец забивает реторту.

Чтобы освободиться от этого асфальтообразования и нагара на стенках реторты, Девидсон пристроил скребки, в результате чего реторты беспрерывно работали в Кохтла в течение 100 дней, а это уже большое достижение для техники швелевания.

Все эти этапы развития тесно связаны с научно-исследовательской работой.

Ввиду того, что органическое вещество само по себе имеет характер, отличный от других сланцев и каменных углей, продукты его перегонки также имеют своеобразный характер.

Мы должны видоизменить и усовершенствовать те методы, которые применялись в других областях исследования горючих ископаемых.

В Эстонии область применения высоких температур для перегонки не привлекала особого внимания до 1940 года, ввиду того, что получение бытового газа не было тогда актуальным вопросом. Даже маленький и старенький газовый завод в Таллинне почти справлялся со своей задачей снабже-

ния города газом. В истории нашего газового завода можно наблюдать интересную картину: начиная с 1920—1921 г., число газометров в жилых помещениях уменьшилось, а число электрических счётчиков постепенно увеличивалось — бытовой газ вытеснялся электричеством. В новых домах жители Таллинна пользуются уже электрическими плитами вместо газовых. В существующих установках проводится перегонка сланца в тех же условиях, что и перегонка каменного угля, и процесс пиролиза не представляет особых затруднений. В буржуазной Эстонии наиболее выгодным считали получение светильного бытового газа из каменного угля, так как в виде побочного продукта получался дефицитный для Эстонии продукт — кокс.

Балластом при перегонке сланцев, на который не было спроса, и который надо было вытаскивать из реторт и выбрасывать в море, был сланцевый кокс, содержащий незначительное количество углерода. Когда городская управа в Таллинне в 1937 г. создала техническую комиссию для обсуждения проекта газового завода, то последняя пришла к заключению о необходимости ориентироваться не на сланец, а на каменный уголь, ввиду чисто экономических условий.

Не безынтересно напомнить и о том, в каких компонентах каменноугольный газ и наш сланцевый газ расходятся. Мы имели возможность проверить эти расхождения при перегонке на тех же установках и при тех же условиях рабочего режима. Оказывается, что перегонка сланца происходит вполне нормально, без всяких перебоев. Освобождённый от угольной кислоты сланцевый газ (светильный газ) легче каменноугольного газа потому, что в нём меньше сероводорода. Оказывается, наш сланец худший проводник тепла, чем каменный уголь. Поэтому приходится подбирать подходящие куски, а дробить сланец на слишком мелкие куски не выгодно, потому что тогда получается спекание. Если не очищать сланцевый газ от углекислоты, то по удельному

весу он в полтора раза тяжелее обыкновенного светильного газа. Балласт  $\text{CO}_2$  очень велик.

Нужно учесть ещё один компонент — это окись углерода, которая получается в газовых ретортах старого типа и содержание которой в газе достигает 17%.

Суммируя, можно сказать, что несмотря на большое количество исследований по сланцам — в частности под моим руководством проведено свыше 20 кандидатских и 3 докторских диссертаций по сланцу, — много работы ещё впереди, много актуальных проблем ждёт решений. Перспективы на их разрешение — самые обнадеживающие, так как советская власть уделяет много внимания и средств творческой научно-исследовательской работе.

2. Доклад канд. хим. наук А. Т. Кылля:

## **Обзор развития и современного состояния сланцевой промышленности в Эстонской ССР.**

Товарищи! Нынешний 1946 год является для сланцевой промышленности Эстонской ССР в известном смысле юбилейным. Тридцать лет тому назад — летом 1916 года — были добыты первые 22 вагона сланца и отправлены в Петроград для испытания годности его как промышленного топлива. Эту дату можно рассматривать как начало промышленного использования сланца в нашей стране, и поэтому уместно вкратце проследить, как развивалась сланцевая промышленность до настоящего времени.

### **1. Начало производственной деятельности в сланцевом районе.**

Мысль о промышленном использовании сланца конкретным образом возникла в январе 1916 года в Главном топливном комитете Петрограда в поисках выхода из тяжёлого

топливного кризиса, возникшего вследствие затянувшейся империалистической войны.

В феврале месяце было решено собрать все имеющиеся в литературе сведения о сланце, и геологу Н. Ф. Погребову было поручено провести опыты сжигания сланца на цементных заводах в Порт-Кунда и Асери.

В мае, под руководством Погребова, проводились геолого-разведочные работы в районе Кохтла-Ярве, где были обнаружены значительные запасы сланца. В июне организовали первую добычу вышеуказанных 22 вагонов сланца у волостного управления Ярве.

Промышленные сжигания сланца в Петрограде, а также опыты Погребова дали положительные результаты. Это побудило приступить к проектированию сланцевых разработок производительностью в 35 миллионов пудов (560 000 т) сланца в год.

Закладку рудников начали летом 1917 года. Немецкая оккупация Эстонии в феврале 1918 года прервала на время работу на сланцевых разработках. Оккупанты объявили все запасы сланцев государственной собственностью Германии и передали право на эксплуатацию рудников фирме «Internationales-Baukonsortium», которая начала эксплуатацию рудников в сентябре 1918 г.

Революция в Германии на этот раз прекратила хозяйничание немцев в сланцевом районе.

## **2. Развитие сланцевой промышленности до второй мировой войны и её состояние во время войны.**

В мае 1919 года эстонское буржуазное правительство снова организовало эксплуатацию рудников, создав для этого государственное «1-е Эстонское сланцевое предприятие». Вслед за правительством добычей сланца заинтересовались

и частные концессионеры. С тех пор добыча и потребление сланца идёт во всё возрастающих количествах. В эксплуатацию были введены новые рудники.

Работу начали:

1. Государственное предприятие в Кохтла-Ярве в 1919 г.
2. Акц. О-во «Кививыли» (преимущественно немецкий капитал) в 1922 г.
3. Акц. О-во «Кютте-Йыуд» (преимущественно немецкий капитал) в 1925 г.
4. Акц. О-во «Порт-Кунда» (датский капитал) в 1926 г.
5. Акц. О-во «Э. Ыликонсортсиум» в Вийвиконна (шведский капитал) в 1936 г.
6. Акц. О-во «Гольдфильдс» в Кохтла (английский капитал) в 1937 г.

В первые годы — до 1924 года — сланец использовался почти исключительно как твёрдое топливо (если не считать 1% добычи, который перегонялся в опытных печах) для цементной промышленности, для паровозов и прочих потребителей. Одновременно развёртываются исследования возможностей использования сланца как сырья для искусственного жидкого топлива.

С этой целью государственным предприятием основывается в 1920 году в Кохтла-Ярве исследовательская лаборатория. Вопросами перегонки сланца занимаются и частные фирмы как внутри страны, так и за границей. Проводятся многочисленные опыты полупромышленного масштаба на всевозможных типах установок с целью найти самый рациональный способ и наиболее подходящую конструкцию установок для сланцеперегонки. Основной трудностью в техническом оформлении установок оказалось свойство сланца спекаться при температурах около 380° С.

На основании всех этих опытов и исследований постепенно развивались, проектировались и вступали в строй действующих предприятий следующие три основные системы сланцеперегонных установок:

1. Генераторы «Пинч» (с внутренним обогревом).
2. Тоннельные печи (с внешним обогревом и циркулирующей теплоносителем).
3. Вращающиеся горизонтальные реторты с внешним обогревом.

Каждая из этих систем имеет свои достоинства, недостатки и возможности дальнейшего усовершенствования.

Сланцеперегонные установки были введены в следующих предприятиях:

1. «Государственное предприятие» в Кохтла-Ярве
  - а) Опытная 7-тонная установка в 1921—1924 г.
  - б) I сланцеперегонный завод (200 т, 6 реторт) в 1924 г.
  - в) II „ „ (300 т, 8 реторт) в 1936 г.
  - г) III „ „ (600 т, 16 реторт) в 1938 г.
  - д) IV „ „ (700 т, 20 реторт) в 1943 г.
2. Акц. О-во «Кивиили»
  - а) Опытная 75-тонная печь 1927—1928 г.
  - б) I и II тоннельные печи (пропускают по 250 тонн в сутки каждая) 1930 г.
  - в) III и IV тоннельные печи (пропускают по 400 тонн в сутки каждая) 1938 г.
3. Акц. О-во «Э. Ыликонсорсиум»
  - а) I 250-тонная печь 1928 г.
  - б) II 500-тонная печь 1938 г.
4. Акц. О-во «Гольдфильдс»
  - I Опытный завод (160 тонн в сутки с 8 ретортами Девидсона) 1931 г.

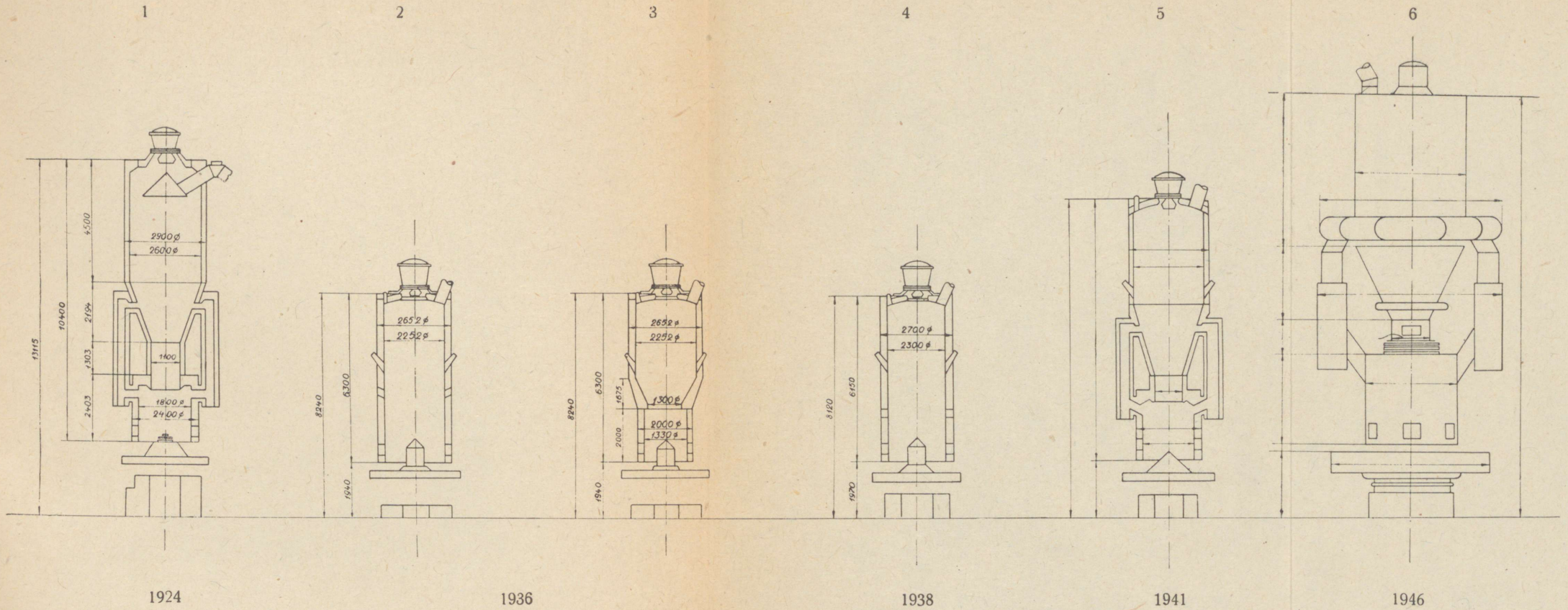


Рис. № 1.

На примере государственного предприятия в Кохтла-Ярве, где развивалась система перегонки с внутренним обогревом (система «Пинч»), можно проследить, как учитывался опыт действующих установок при проектировании новых. Приве-

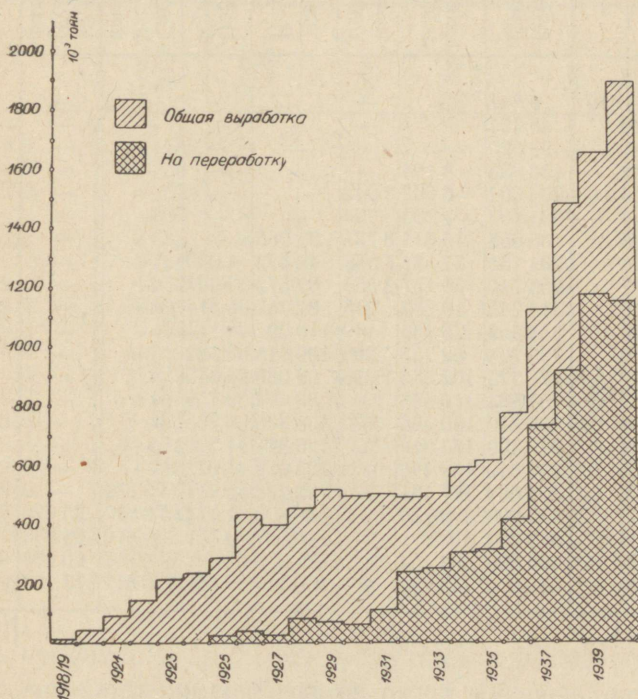


Рис. № 2. Добыча сланца в буржуазной Эстонии по годам.

дённые ниже схематические эскизы установок показывают эволюцию этой системы (рис. № 1).

Наряду с развитием сланцепереработки и усовершенствованием топочных устройств для сжигания сланцев увеличивается и добыча сланца.

Наивысшего уровня в буржуазной Эстонии сланцевая промышленность достигла в предвоенные годы, когда появился

Таблица № 1.

Добыча горючего сланца в буржуазной Эстонии по рудникам.

В тоннах

Год	Кохтла-Ярве	«Киви-ыли»	Вана-мыйза	«Кюйте-Йьуд»	Порт-Кунда	Силламяэ-Вийвиконна	Кохтла (Гольд-фильдс)	Итого
1918—1919	9 647	—	—	—	—	—	—	9 647
1920	48 714	—	—	—	—	—	—	48 714
1921	95 528	—	—	—	—	—	—	95 528
1922	138 935	3 194	—	—	—	—	—	142 129
1923	204 602	6 602	3 342	—	—	—	—	214 546
1924	231 187	1 703	704	—	—	—	—	233 594
1925	238 656	15 611	8 731	25 063	—	—	—	288 061
1926	334 135	37 381	7 552	48 422	4 030	—	—	431 520
1927	255 740	30 157	3 555	87 572	20 607	—	—	397 631
1928	318 345	19 338	215	82 283	25 814	—	—	445 995
1929	355 658	26 430	149	110 292	25 117	—	—	517 646
1930	296 908	52 755	395	109 515	38 382	—	—	497 955
1931	271 223	102 886	1 356	99 086	24 845	—	—	499 396
1932	252 883	116 545	—	83 404	39 759	—	—	492 591
1933	209 310	150 496	—	106 828	30 268	—	—	496 902
1934	237 400	183 919	—	126 341	41 298	—	—	588 958
1935	249 840	189 446	—	123 079	41 922	—	—	604 287
1936	364 680	177 181	—	143 222	58 231	22 789	—	766 103
1937	415 900	390 738	—	146 825	61 172	79 617	25 225	1 119 477
1938	588 200	509 971	—	136 587	70 131	100 870	65 933	1 471 692
1939	666 500	509 754	—	126 238	62 701	216 707	60 265	1 642 165
1940	859 900	535 129	—	130 117	57 836	226 412	77 154	1 886 548
								12 891 085

спрос на сланцевое масло на заграничных рынках в связи с подготовкой к войне со стороны фашистской Германии. Почти половина всей продукции сланцевого масла экспортировалась тогда за границу. Так, например, в 1937 году экспорт составлял 48,2% от общей продукции, а в 1939 г. — 50,1%.

Несмотря на сравнительно быстрый рост общей продукции в сланцеперегонной промышленности, номенклатура ассортимента продуктов мало изменялась.

Основной характер продукции — это искусственное жидкое топливо.

Таблица № 2.

Продукция сырого сланцевого масла в буржуазной Эстонии  
с 1921—1940 г. по предприятиям.

В тоннах

Год	Кохгла- Ярве	Вана- мыйза	Киви- "Ыли"	Силла- мяэ	Кохгла	Итого
1921	115	—	—	—	—	115
1922	259	—	—	—	—	259
1923	361	—	—	—	—	361
1924	337	—	—	—	—	337
1925	2 652	466	—	—	—	3 118
1926	5 784	—	—	—	—	5 784
1927	4 237	54	—	—	—	4 291
1928	6 595	—	—	5 271	—	11 866
1929	5 453	—	1 774	3 549	—	10 776
1930	6 318	1	3 747	—	—	10 066
1931	6 829	18	8 716	—	1 586	17 149
1932	9 001	—	23 406	—	4 188	36 595
1933	10 404	—	22 930	—	4 283	37 617
1934	11 031	—	26 139	—	9 706	46 876
1935	11 758	—	25 523	—	9 991	47 272
1936	22 868	—	22 927	7 954	9 643	63 392
1937	30 008	—	55 562	15 525	10 626	111 721
1938	48 927	—	65 079	15 494	10 637	140 137
1939	60 545	—	70 012	38 166	11 398	180 121
1940	59 701	—	68 195	36 197	10 930	175 023

Так, например, в 1940 году продукция по количеству распределялась следующим образом:

Топочные масла	73,2%
Бензин и моторный керосин	15,3%
Моторная (дизельная) нефть	2,0%
Пропиточные масла и карболинеумы	4,0%
Дорожные и другие битумы	4,9%
Разные другие	0,6%
	100,0%

Таблица № 3.

Продукция бензина из горючего сланца в буржуазной Эстонии по предприятиям.

В тоннах

Год	Кохтла-Ярве	„Киви-Ыли“	Силламяэ	Кохтла	Все предприятия вместе
1937	968	8 774	2 969	1 612	14 323
1938	1 040	10 030	2 403	1 680	15 153
1939	1 443	11 503	7 390	2 076	22 412
1940	950	10 770	6 719	2 061	20 500

В конце 1940 года Советская Эстония национализировала все сланцевые рудники и сланцеперегонные заводы.

Сланцевая промышленность вступила в период реконструкции на социалистических началах.

В соответствии с пятилетним планом расширились действующие рудники и заводы, проектировались новые мощные предприятия, развернулось обширное строительство.

Работа эта была прервана фашистским нашествием.

В августе 1941 года немецкие оккупанты захватили все сланцевые предприятия. Для эксплуатации их было создано акционерное общество «Baltisches Oel», которое и приступило к восстановлению и эксплуатации сланцеперегонных предприятий. Несмотря на большие усилия, немцам за время своего хозяйничанья не удалось достичь довоенных производственных показателей.

Уходя под ударами Советской Армии из Эстонии, немецкие оккупанты нанесли сланцевой промышленности огромный вред.

Были взорваны и повреждены подъёмные механизмы, насосные станции, погрузочно-разгрузочное оборудование,

подземный транспорт. Большая часть рудников была затоплена, один подожжён. Все работающие сланцеперегонные заводы были повреждены взрывами и пожарами.

Наибольшие повреждения обнаружались на заводах комбинатов Кивиыли и Кохтла. В Силламяэ, еще задолго до ухода, немцы демонтировали и увезли оборудование сланцеперегонного завода. Позднее, оставшийся корпус получил повреждения от снарядов. Была уничтожена энергетическая база сланцевого района, электростанции Пюсси и Кохтла-Ярве и т. д. Уничтожены механические мастерские.

### **3. Восстановление сланцевой промышленности и основные направления её развития в текущей пятилетке.**

К настоящему времени восстановлены все рудники, и уровень добычи сланца — выше довоенного. Восстановлено и даёт продукцию большинство сланцеперегонных установок. Остальные восстанавливаются и реконструируются. Начато строительство новых сланцеперегонных заводов, состоящих из выгодной комбинации мощных усовершенствованных генераторов типа „Пинч“ и усовершенствованных тоннельных печей. При такой комбинации используются преимущества обеих систем, что обещает значительный эффект. Далее, на новых заводах вводится улавливание газобензина из газогенераторов „Пинч“ — усовершенствование, которое будет впервые применяться в практике сланцеперегонного дела в Эстонии.

Особые и грандиозные задачи вырастают перед сланцевой промышленностью Эстонии в послевоенной пятилетке в связи с газификацией Ленинграда. Необходимо примерно в 5 раз увеличить добычу сланца по сравнению с довоенной, освоить производство больших количеств газа из сланца, обеспечить своевременный пуск двух мощных сланцевых заводов со всеми подсобными предприятиями, обеспечить соответствующее масштабам производства жилищное и коммунальное строительство и т. д.

Наряду с восстановлением довоенного ассортимента продукции и усвоения производства больших количеств газа, в послевоенной пятилетке необходимо освоить и усовершенствовать использование отходов сланцепереработки, т. е. подсмольной воды, фенолятов, швельгаза и минеральных остатков в виде полукокка и золы.

#### **4. Задачи научной мысли в связи с восстановлением и дальнейшим развитием сланцевой промышленности.**

Задачи, которые поставлены пятилетним планом перед сланцевой промышленностью, требуют для своего разрешения интенсивной помощи научно-исследовательской мысли вне системы самой промышленности.

Эту помощь можно рассматривать:

а) в виде подведения научной базы для проектирования и б) в виде усовершенствования и рационализации технологии и разработки новых видов продукции из сланцевого сырья.

Не входя в детальное рассмотрение научно-исследовательской тематики сланцевой промышленности, хочется подчеркнуть необходимость помощи со стороны Академии наук ЭССР и других научно-исследовательских организаций сланцевой промышленности, особенно в следующих вопросах:

1. Разработка наиболее рациональной системы добычи сланца, изучение вопросов обогащения, брикетирования и сушки сланца.

2. Разработка вопросов наилучшего использования отходов сланцепереработки (подсмольных вод, фенолятов, швельгаза и полукокка).

3. Изучение и определение физико-химических свойств сланца и продуктов его перегонки.

4. Изучение возможностей улучшения технологии сланцеперегонки на действующих установках (определение тепловых и материальных балансов, исследование возможности избежания закоксовывания и др.).

### 3. Прения по докладам действ. члена Академии наук проф. П. К. Когермана и канд. хим. наук А. Т. Кылля.

Выступление канд. хим. наук. Х. Т. Рaudсеппа.

Товарищи, расскажу вкратце о некоторых работах, произведённых в наших научно-исследовательских институтах в последнее время, которые имеют интерес в связи с использованием сланцевых продуктов. Эти работы касаются использования побочных продуктов сланцевой промышленности — газа швелевания и фенолов сланцевой смолы. При разрешении вопросов использования газа велись работы по очистке газа от сероводорода. Газ швелевания сланцев содержит по сравнению с другими индустриальными газами большое количество (до 10%) сероводорода. С одной стороны, это является балластом при использовании газов как сырья для химической промышленности, с другой стороны, тот же сероводород является базой производства серы и серной кислоты.

Очистка газа от сероводорода представляет собой сложную проблему, вследствие содержания большого количества углекислоты в швельгазе. Из многочисленных известных способов очистки здесь можно использовать только некоторые. При разрешении этого вопроса старались использовать фенолы сланцевой смолы, так как оригинальный фенолятный метод газоочистки не вполне применим при газах с богатым содержанием углекислоты. При исследовании выяснилось, что фенолы сланцевой смолы не пригодны для газоочистки вследствие малой растворимости фенолов в воде, но использование сланцевых фенолов оказывается возможным, если к ним прибавлять органические кислоты, в том числе и карбоновые кислоты сланцевой смолы.

Совместное использование фенолов и органических кислот даёт возможность применить фенолятный способ серо-

очистки к газам с богатым содержанием углекислоты и является основой при выработке нового эффективного способа сероочистки газов.

При разрешении проблемы использования сланцевых фенолов исследовали использование фенолов как сырья для производства искусственных смол. Работы ещё не закончены, но уже известно, что суммарные фенолы сланцевой смолы, выкипающие до  $300^{\circ}$  С, годятся для производства искусственных смол. При этом важно, чтобы фенолы были очищены от нейтральных масел и от других примесей, которые не конденсируются и не образуют смолы, а являются как бы смягчителями, вследствие чего получают продукты с низкими техническими качествами.

Другим применением фенолов сланцевых смол является использование их в производстве синтетических дубителей. Производственные работы дают основание полагать, что при производстве дубителей можно использовать суммарные фенолы, выкипающие до  $300^{\circ}$  С.

Кроме того, уделено внимание использованию фенолов фракции сланцевого масла, которые нужно рафинировать при производстве таких продуктов, как бензин, дизельное топливо и т. д.

По разрешении вопроса использования сланцевых фенолов, возникает вопрос извлечения фенолов из более высоких фракций (из топливного масла) — этим можно достичь увеличения качества высших фракций сланцевой смолы и использования их для новых целей (в виде смазочного масла и т. д.).

## **Выступление главного инженера комбината «Эстонсланец» П. П. Михалюка.**

Товарищи! Выступившие здесь докладчики говорили о перспективах развития сланце-химической промышленности Советской Эстонии в послевоенной пятилетке, но при этом недостаточно рельефно подчеркнули роль комбината «Эстон-

сланец» в развитии добычи и использовании эстонских сланцев.

Мы должны колоссально увеличить добычу сланца, создать базу для снабжения газом города-героя — Ленинграда и обеспечить Эстонскую ССР необходимым количеством сланца.

Естественно, что такие грандиозные задачи требуют и того, чтобы для их выполнения были включены все наши силы и возможности.

Это обстоятельство заставляет нас обратиться за помощью к вам, товарищи из Эстонской Академии наук и её научно-исследовательских институтов.

Я хочу поставить перед вами, как пример, несколько вопросов из многих, которые волнуют нас, инженеров-производственников, эксплуатационников — как комбината, так и Министерства сланцевой и химической промышленности ЭССР.

Начну с добычи.

Основной вопрос — это механизация очистных работ, а с ними, естественно, и выбор системы разработки.

К вопросу механизации здесь, в Эстонии, подходят чрезвычайно робко, в связи с тем, что традиции сильнее, в некоторых случаях, нас самих.

У нас есть ещё много работников, которые скептически смотрят на возможность ввода механизации.

На новых шахтах запроектирована полная механизация почти всех процессов сланцедобычи, поэтому мы обязаны использовать имеющийся в нашем распоряжении отрезок времени до ввода их в эксплуатацию для проведения целого ряда экспериментальных работ по освоению и внедрению механизации, используя действующие шахты, как своеобразную лабораторию.

Мы встретимся при проведении наших работ с большими трудностями, хотя и обладаем уже значительным опытом угольной промышленности по внедрению механизации.

Трудности заключаются в сложной структуре пласта, в котором сланец переслаивается известняком.

Это обстоятельство должно быть нами учтено при выборе доставочного механизма по лаве и, возможно, поставит вопрос о применении мощной врубовой машины, а также выбора способа организации работ и оплаты труда в механизированных лавах.

Вторым вопросом является обогащение.

Известно, что эстонские сланцы относятся к ископаемым с большим % золы (в среднем около 50%), но всё же зольность может быть уменьшена за счёт обогащения.

Необходимо поработать над вопросом механического обогащения.

Третий вопрос — это разделение добытого сланца на классы (сорта) и нижние пределы таковых.

У нас сейчас запроектировано для новых шахт разделение на 3 сорта: от 0—25 мм, от 25 до 125 мм и свыше 125 мм.

Я полагаю, что выполнение закона четвёртой сталинской пятилетки, где чётко записаны наши задачи, — наш общий долг, и только при взаимной помощи мы в состоянии его выполнить.

### **Выступелние доктора технич. наук, проф. А. А. Агроскина.**

Отметив большие достижения в области технологии перегонки горючих сланцев в Эстонии, тов. Агроскин напомнил о том, что не следует останавливаться на достигнутом, а необходимо двигаться вперёд по пути усовершенствования имеющейся и создания новой техники. При этом следует обратить большее внимание на более углублённую разработку связанных с этим теоретических проблем и, в первую очередь, на изучение химических и физических свойств сланцев, так как только на этой основе возможна разработка новых, более рациональных методов их переработки.

Это должно найти себе соответствующее отражение в плане работ Академии наук Эстонской ССР.

В заключение тов. Агроскин подчеркнул особую, ведущую роль Эстонской Академии наук в деле разрешения сланцевой проблемы в СССР: в системе научных учреждений СССР только при Эстонской Академии наук имеется специальный Сланцевый институт и т. п.

Это делает Эстонскую Академию наук особо ответственной за судьбу вышеупомянутой проблемы.

### **Выступление члена-корреспондента Академии наук СССР А. Б. Чернышова.**

В начале своего выступления тов. Чернышов указал, в первую очередь, на необходимость повышения качественного уровня исследовательских работ при Академии, в связи с чем часть работ должна быть направлена для разработки в отраслевые институты. Остановившись на выступлении академика Когермана, тов. Чернышов одобрительно отнёсся к постановке вопроса об изучении ароматики сланцевых продуктов, подчеркнув необходимость дальнейшей работы в этом направлении. Особенное внимание необходимо уделить вопросам, связанным с технологией пиролиза: борьбе с коксообразованием и пиролизу сланцевой смолы в подвижной осадке.

Необходимо также продолжить и исследования, направленные к получению фенолов и их практическому использованию. Наряду с этим, следует заняться вопросом о подсмольных водах, с целью получения из них ценных продуктов и очистки их от отравляющих водоёмы веществ.

В связи с проблемой газификации топлив и газоснабжения городов, вопрос об изучении газов швелевания и крекинга приобретает первостепенное значение и должен найти отражение в плане работ Академии наук Эстонской ССР.

### **Выступление инженера В. В. Шелюмова.**

Опыты по брикетированию производились в тридцатых годах. Сланец был послан в Германию, но брикетирование

на вальцевых прессах не дало положительных результатов — образцы были очень слабыми и под лёгким давлением пальцев рассыпались.

После неудачных опытов за границей решено было производить опыты на месте, в Кивиыли.

В первую очередь занялись гидравлическим способом прессования. Предполагалось, что чем больше давление, тем лучше — крепче будут брикеты, но получилось обратное. Стоит сланцу придать слегка форму во влажном состоянии и далее высушить, чтобы получить брикет более прочный, чем при сильном сжатии.

Решено было произвести опыты по нодулизации, по типу Вайварской установки. Способ нодулизации — образование катышков в барабане — даёт положительные результаты, но получается довольно большое количество мелких нодулей.

Для того, чтобы повысить производительность и довести величину кусков до желаемого размера, мною предложено было произвести опыты с червячным прессом. Начали с простой мясорубки, переделав червяк и приспособив мундштук. Получались колбаски с палец толщиной и довольно прочные.

Далее, мною был спроектирован специальный червячный пресс с диаметром мундштука в 65 мм.

Чрезвычайно важное значение при прессовании имеет влажность. Наивыгоднейшая влажность оказалось около 24%. При меньшей влажности возрастает сопротивление, расход энергии, и значительно падает производительность, а прочность не увеличивается.

Очень большое влияние на прочность брикетов оказывает способ сушки. При медленной сушке получаются более прочные брикеты.

Прочность брикетов, изготовленных различными способами из сланца различной крупности и при различных спо-

собах сушки, испытывались практическим способом — скатыванием брикетов с 2-метрового жолоба на бетонный пол с высоты 1—1,5 м.

Брикеты, изготовленные на червячном прессе, после медленной сушки обладали достаточной крепостью для перегонки при осторожной транспортировке и загрузке.

Сухая перегонка брикетов давала хорошие результаты. Брикеты богаче органической массой, чем рядовой кусковой сланец, а благодаря меньшей плотности, легче и лучше перегоняются, чем естественный кусок.

К сожалению, опыты были прерваны и не доведены до конца.

Немцы, в период оккупации, спроектировали для Кивийи и Ахтме производство брикетов по шнековому способу, но назвали его «вакуумным». У меня лично возникает сомнение — даёт ли вакуум лучшие результаты. Большое давление не дало хороших результатов, требуется проверить влияние вакуума.

Для повышения прочности прибавляли при смачивании сланца подсмольную воду. Подсмольная вода из отстойных ям увеличивала прочность брикетов.

Трудно рассчитывать на изобретение брикетов, прочностью подобной торфобрикетам. Поэтому, сланцевые брикеты вряд ли могут найти распространение. Что же касается применения сланцевых брикетов в сланцеперегонном деле, то это вполне возможно.

В части калькуляции следует отметить, что стоимость изготовления брикетов, по предварительным калькуляциям, составляла до 10 рублей за тонну. Поэтому, в зависимости от стоимости кускового сланца и мелочи, определится экономическая сторона брикетировки. Для окончательного разрешения всех вопросов следует произвести опыты и вывести окончательные калькуляции.

## **Председатель совещания академик О. А. Маддисон:**

Вопросы, поднятые в данный момент — очень важны. В нашем совещании принимают участие горные инженеры — геологи, которых мы просим выступить по этим вопросам. Обращаюсь лично к доценту Политехнического института тов. Вухту и прошу его высказать своё мнение по вопросам, поднятым товарищем Михалюком.

## **Выступление доцента Таллинского политехнического института О. Вухта.**

Врубовая машина не может быть применена без механизации откатки из очистного забоя. Но применение врубовой машины и конвейера затруднено тем, что сланец разбит на прослойки различной структуры и различной чистоты.

Применяемый в настоящее время кустарный способ выемки гарантирует получение более или менее чистого кускового сланца в пределах 80—85% всего вынутого сланца, но это идёт за счёт производительности труда, потому что один и тот же рабочий должен совершать все работы: бурение шпуров, устройство путей, крепление забоя и штреков, закладывание вынутого пространства, сортировку сланца, доставку и откатку вагонеток и нагрузку сланца в вагонетки.

Так как забои при этом очень недлинные (10—15 м), то в них могут работать только 2—3 человека, и поэтому дифференцировать работу почти невозможно.

В более длинном очистном забое (100—300 метров) можно было бы механизировать откатку и дифференцировать работу так, чтобы один рабочий совершал только одну производственную операцию; этим способом можно было бы увеличить производительность от 75% до 150% и более.

При работе врубовой машиной вруб делается в слой А, который весь превращается при этом в сланцевую мелочь или порошок; после этого бурят шпуры в слои С, Е или F, но реже, чем при прежнем способе, и выпаливают их осторожно, так чтобы вся масса не осела сразу; для этого шпуры в слое

С делаются наклонные в вертикальной плоскости, перпендикулярной к линии забоя, и выпаливаются раньше, а другие шпурь (в слое Е и F) могут быть и горизонтальные или со слабым наклоном кверху, и выпаливаются позже всех.

Преимущество последнего способа заключается в том, что получается некоторое сбережение (около 25%) в шпурах в слое С, тогда как количество прочих шпуров в слоях Е и F остаётся почти прежним; но так как слой С не достаточно разбит для того, чтобы сделать тщательную сортировку сланца, то производительность рабочих может значительно увеличиваться (около 50—75%), так как им уже не надо больше тщательно отделять сланец от породы; их работа в забое заключается только в наваливании отбитого сланца в вагонетки и в конвейер,двигающиеся и работающие параллельно с забоем. Но работа с врубовой машиной имеет и некоторые недостатки, а именно:

- 1) Сланец получается в больших, содержащих много породы, кусках, которые нельзя отбирать под землей, а приходится поднимать на поверхность, где они могут быть дополнительно раздроблены и обогащены ручным или другим способом.
- 2) Куски сланца получаются слишком большие, так что одному человеку трудно их поднимать и грузить в вагон или в конвейер, поэтому требуется ещё дополнительное раздробление балдой, кайлом и клиньями.
- 3) Так как малые куски породы в слоях С и F не отбираются, то получается меньше закладочного материала, необходимого для поддержания кровли перед забоем.
- 4) Работа с врубовой машиной, вероятно, очень дорога и потребует, кроме того, постоянного присутствия, по крайней мере, трёх рабочих.
- 5) Врубовая машина превращает целый слой А сланца в мелочь (III сорт), которая обыкновенно ценится меньше кускового.

Итак, работа с врубовой машиной имеет в сланцевых разработках и свои слабые стороны, однако при правильной постановке дела и перемене условий переработки сланца, согласно которым будут перегонять сланец не только чистый, но и содержащий небольшое количество кусков пустой породы и мелочь (III сорт), эта работа может дать хорошие результаты и оказаться наиболее выгодной.

Что касается вопроса об откатке материала из-под забоя очистных работ, то она может быть произведена и в виде непрерывной механической откатки обыкновенной рудничной вагонеткой, если последняя может войти в забой свободно, или в виде скребковых конвейеров, особенно там, где вагон не может быть подан в очистной забой. В случае применения вагонетки для механической откатки в очистном забое, она должна быть с опрокидывающимся кузовом, для того, чтобы в такой вагонетке можно было доставлять породу для закладки выработанного пространства и выгружать её в любом месте очистного забоя; затем та же вагонетка нагружалась бы сланцем, причём в начале погрузки, кузов её должен стоять наклонно, чем уменьшается работа забойщика.

Из всего сказанного следует, что глубокая механизация выемки сланца возможна, если отказаться от обычая получать сланцевое масло из совершенно чистого кускового сланца, почти не содержащего мелочи. Если принять в расчёт, что перегонка даже одной сланцевой мелочи весьма возможна также в будущем, когда будут выработаны новые методы перегонки сланца, и получать масло можно будет как из крупного сланца, так и из мелочи, даже если бы она была не очень богата; такой сланец в среднем содержал бы около 30% органических веществ, тогда как исключительно чистый сланец содержал бы органических веществ приблизительно 40%. Но если сравнивать количество масла, получаемого с 1 м<sup>2</sup> площади сланцевой залежи в первом случае, то оно по крайней мере на 12% больше того

количества масла, которое получается во втором случае. Но вся выгода заключается не в этих 12%, а в том, что себестоимость выемки сланца при первом способе становится значительно более дешёвой, так как допускает полную механизацию добывания сланца и упрощение способа перегонки в будущем, что также не может не отражаться на себестоимости перегоночного продукта из сланца.

О сортности говорить не буду, потому что сортность можно получить любую, применяя соответствующее грохочение и дробление.

Что касается брикетирования, то оно отпадает, если разработать метод получения масла из сланцевой мелочи, к каковой работе до сего дня ещё не приступлено по хозяйственным соображениям, так как дешёвых способов пока нет, вследствие чего себестоимость брикета выше, чем себестоимость сланца первого сорта.

Самовозгораний сланца не наблюдалось, и, очевидно, этой опасности вообще не существует.

4. Доклад доктора технич. наук. проф. А. А. Агроскина (зав. пирогенной лабораторией Энергетического института Академии наук СССР):

### **Исследование сланцев как сырья для термической переработки.**

Перед сланце-химической промышленностью Эстонской ССР поставлены громадные задачи. Производство сланца в Эстонии к концу IV пятилетия должно быть доведено до 8,4 млн. тонн; 35% всех капиталовложений по Республике в 1946—1950 гг. приходится на долю сланце-химической промышленности. Научные исследования в области химии и технологии сланцев должны обеспечить этот быстрый рост ведущей отрасли народного хозяйства Эстонской ССР.

Так как химия и технология переработки сланцев значительно отстала, скажем, от химии и технологии нефти, сделавшей за последнее десятилетие огромные успехи с круп-

нейшим разворотом научно-исследовательских работ, то перед Академией наук ЭССР, которой, очевидно, предстоит в ближайшем будущем сделаться ведущим в Советском Союзе научным центром по исследованию и переработке сланцев, стоят весьма ответственные задачи. Автор видит свою задачу в том, чтобы рекомендовать проведение некоторых исследований, результаты которых должны лечь в основу работ как по интенсификации существующих устройств для термической переработки сланцев, так и по разработке принципиально новых технологических конструкций. В целях удобства изложения все выдвигаемые нами на обсуждение методы объединены в три группы: 1) физические методы исследования, 2) физико-химические методы исследования и 3) технологические методы.

### 1) Физические методы исследования сланцев.

#### а) Определение термической характеристики сланцев.

Вызывает досадное недоумение тот факт, что до сих пор в литературе отсутствуют сколько-нибудь достоверные величины коэффициента теплопроводности, коэффициента температуропроводности и теплоёмкости сланцев. В книге К. Лутса имеется ссылка на то, что теплопроводность сланца составляет в системе CGS 0,005, однако сам автор, подчёркивая зависимость теплопроводности от ряда факторов, не указывает, для каких конкретных условий получена эта величина. Тот же автор, за отсутствием экспериментальных данных по удельной теплоёмкости сланцев, пользуется весьма условным расчётом, основанном на среднем составе золы и органической массы сланцев. В то же время теоретические и практические расчёты процессов термической переработки сланцев невозможны без знания точных величин его термической характеристики.

Г. И. Кондратьевым был предложен простой и надёжный способ определения температуропроводности и теплопроводности термоизоляторов по методу регулярного режима. (1). Решение задачи об охлаждении при регулярном режиме даётся формулой:

$$\vartheta = AUe^{-m\tau},$$

где  $\vartheta$  — температура;

$A$  — постоянная, зависящая от начальных условий;

$U$  — функция от координат;

$\tau$  — время;

$m$  — коэффициент, равный отношению изменению разности температур между телом и средой, происходящему в единицу времени.

Определение тепловых констант по методу регулярного режима с успехом применено нами для определения  $\alpha$  и  $\lambda$  угля при низких температурах.

На основе теоретических соображений и экспериментальных данных В. С. Загребельная показала, что теплопроводность и температуропроводность дроблёного угля резко изменяется в зависимости от его влажности, степени уплотнения, грануло состава и смачивания углеводородными жидкостями (2).

Теплопроводность и температуропроводность угля повышаются с увеличением содержания в нём влаги, причём в интервале влажности от 0 до 10% эта зависимость прямолинейна.

Повышение насыпного веса угля от 600 до 1000 г/дм<sup>3</sup> приводит к увеличению его теплопроводности от  $\lambda = 0,118$  до  $\lambda = 0,152$  ккал/м. ч. град; одновременно с этим величина  $\alpha$  несколько уменьшается.

Коэффициент теплопроводности почти одинаков у различных по крупности фракций угля. Коэффициент температуропроводности угольной пыли (фракция 0—0,5 мм) имеет пониженное значение.

Следует рекомендовать систематическое исследование термических констант сланца в зависимости от его природы, грануло состава, влажности и термической обработки.

### б) Определение электросопротивления углей и сланцев.

В нашей лаборатории разработана и освоена установка для определения удельного сопротивления угля и сланцев при нагревании (см. рис. № 1).

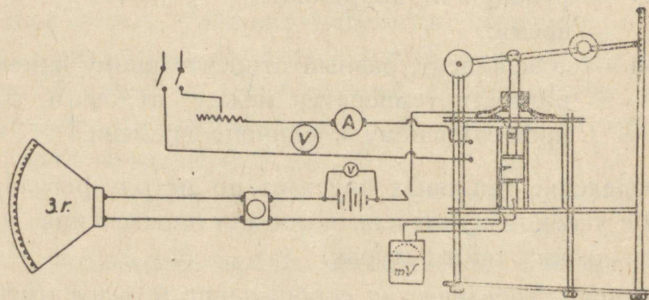


Рис. № 1. Схема установки для определения удельного сопротивления углей и сланцев при нагревании.

На этой установке кандидатом хим. наук И. Г. Петренко проведены определения электропроводности при разных температурах трёх углей Кузбасса, подмосковного бурого угля и эстонского сланца. Литературные данные, а также наши детальные исследования показывают, что электропроводность углей и сланца в чрезвычайно большой степени зависит от температуры их нагрева. Общим для всех проб углей и сланца является то, что электросопротивление их при комнатной температуре равняется приблизительно  $1 \cdot 10^9$  —  $1 \cdot 10^8$  ом. см, а при повышении температуры нагревания до  $900^\circ \text{C}$ , это сопротивление снижается до  $1 \cdot 10^1$ — $1 \cdot 10^2$  ом. см. Обычно наблюдается особенно резкий скачок изменения электросопротивления углей в интервале температур их плавления. При дальнейшем повышении температуры электро-

сопротивление углей снижается более плавно, и при температуре около  $700^{\circ}\text{C}$  и выше эти изменения невелики.

Электросопротивление эстонского сланца (проба пласта Е. Кивиыли) при комнатной температуре несколько меньше, чем сопротивление каменных углей, и равняется приблизительно  $1.10^8$  ом. см. В процессе нагревания при температуре  $150\text{—}250^{\circ}\text{C}$  электросопротивление сланца повышается до  $1.10^9$  ом. см, а при дальнейшем нагревании резко снижается и приблизительно соответствует кривой изменения  $\rho$  каменных углей. Наблюдаемая аномалия изменения  $\rho$  эстонского сланца при низких температурах имеет место также и при испытании бурого угля подмосковного месторождения. Это явление объясняется наличием большого количества свободной влаги в пробах эстонского сланца и в буром угле.

Проведены испытания углей при различных скоростях нагревания. Оказалось, что при увеличении скорости нагревания угля изменение их электросопротивления несколько отстаёт от температуры. Это положение является прямым доказательством наличия определённых химических процессов в углях при данных температурах, доказывая вместе с тем, что для установления динамического равновесия требуется время, соизмеримое в обычных лабораторных условиях. Весьма характерно, что эти химические процессы идут в сторону повышения электрической проводимости всей системы. Очевидно, увеличение проводимости системы обусловлено хорошо известным явлением — обогащением её углеродом.

Во многих работах, относящихся к изучению изменения проводимости углеродистых материалов при повышении температуры, приводятся эмпирические уравнения зависимости сопротивления от температуры нагревания. При этом обычно отмечают наличие обратной зависимости между данными двумя характеристиками состояния углеродистого материала. Однако, эти уравнения, как это видно из кривых изменения проводимости углей, не могут быть применены для данных

материалов. Изменение проводимости каменных углей, бурого угля и сланца от температуры даёт довольно сложную кривую. Только в пределах температур от  $300^{\circ}$  до  $800^{\circ}$  С можно с некоторым приближением утверждать, что  $\lg \rho$  находится в обратной пропорции от температуры опыта, т. е. для данного участка кривой можно применить следующее уравнение:

$$\lg \rho = \frac{A}{T},$$

где  $A$  — константа,

$T$  — абс. т-ра,

$\rho$  — электросопротивление в ом. см.

Изучение влияния гранулометрического состава угля, а также его плотности при изменении давления на слой угля от 0,1 до 1,0 кг/см<sup>2</sup> не дали ощутимых изменений проводимости. Это положение объясняется тем, что данные характеристики могут оказывать влияние на проводимость угля при температурах ниже  $300$ — $400^{\circ}$  С, а при данных температурах угли и сланец имеют сопротивление от  $1.10^9$  до  $1.10^8$  ом. см. и, естественно, влияние давления и гранулометрического состава на проводимость угля лежит в пределах ошибки опыта.

При уточнении методики определения проводимости углей и сланца было найдено, что как угли, так и сланец обнаруживают явления поляризации. Это явление начинает сказываться при проводимости материала около  $1.10^{-8}$  обратных ома и достигает наибольшего значения при температурах плавления углей и сланца. Очевидно, в данном случае имеет место химическая поляризация испытуемого вещества; увеличение молекулярной подвижности вещества, при плавлении углеродистого материала, способствует увеличению его поляризации и сложных явлений его взаимодействия с металлическими электродами.

Наибольшее значение электродвижущей силы поляризации при температурах плавления угля и сланца достигает

одного вольта. ЭДС поляризации, достигающая наибольшего значения в момент отключения системы от внешнего напряжения, в дальнейшем снижается до нуля в течение времени от 15 до 40 минут.

Детальное изучение электропроводности различных проб эстонских сланцев представляется весьма существенным с точки зрения выяснения технических возможностей применения электрического тока для подземного полукоксования. Кроме того, исследование электропроводности и явления поляризации сланцев дают новый метод познания их природы.

#### в) Исследование грануло состава насыпного веса сланцев.

Автором, совместно с И. Г. Петренко, проведены детальные анализы дроблёного угля для коксования (3). Содержание крупных классов определялось ситовым рассевом, а мелких — ниже 0,1 мм в диаметре — седиментометрическим методом. Для проведения седиментационного анализа угольной шихты нами был использован вакуумседиментометр П. А. Ребиндера (4).

Подробное исследование гранулометрического состава сланцевой мелочи по аналогичной методике позволит критически подойти к вопросу об уносе пыли в печах для полукоксования, облегчит возможность теоретически рассчитать процесс полукоксования во взвешенном состоянии и т. д. Исследование грануло состава ляжет также в основу работ по обогатимости сланцевой мелочи.

Грануло состав мелкозернистого топлива определяет его насыпной вес. Для определения насыпного веса мелкозернистого топлива можно успешно пользоваться методикой, разработанной в нашей лаборатории Р. Н. Питиным (5). Применение этой методики к исследованию влияния грануло состава позволило установить, что грануло состав дроблёного угля, соответствующий его максимальному насыпному весу,

изменяется в зависимости от влажности угля (6). Относительное снижение насыпного веса угля в зависимости от влажности увеличивается для угля более тонкого помола. В пределах значений влажности и ситового состава угля, обычных для коксохимической промышленности, насыпной вес угля растёт с увеличением крупности помола. Насыпной вес угля тем больше, чем больше полидисперсность, т. е. чем шире диапазон размеров зёрен угля в смеси. Максимальный насыпной вес может быть достигнут при исключении из смеси некоторых промежуточных по крупности классов.

Исследование насыпного веса кускового сланца, а особенно сланцевой мелочи, даст весьма существенные параметры для технологических расчётов различных сланцеперегонных устройств и интенсификации их работы.

#### г) Изучение газопроницаемости сланцев.

Изучение газопроницаемости углей и сланцев представляет непосредственный интерес как для условий подземной газификации углей, так и для таких производств, как коксование и полукоксование мелкозернистых топлив.

Исследование этого вопроса для углей проведено канд. технич. наук Р. Н. Питиным. На первом этапе работы была подвергнута экспериментальному изучению газопроницаемость мелкозернистых топлив. Сюда относятся, прежде всего, влияние диаметра сосуда, в котором производится испытание газопроницаемости, на измеряемые величины. Было установлено, что при отношении диаметра сосуда к эффективному диаметру частиц угля  $> 40-50$  влияние околостеночного эффекта становится малозаметным. Экспериментально был установлен рациональный способ отбора давлений. Далее было изучено влияние на измеряемые величины высоты слоя угля, влажности воздуха и т. д.

Проведено несколько серий опытов по изучению влияния влажности дроблёного угля на его газопроницаемость, для чего была изготовлена специальная установка с учётом всех

методических требований, выявленных предшествующими опытами.

В результате удалось выявить большое значение влажности дроблёного угля для его газопроницаемости при свободной засыпке. Оказалось, что влажный уголь (начиная с влажности 5—6%) вызывает потерю давления при прохождении потока воздуха в несколько десятков раз меньшую, чем сухой уголь при тех же условиях.

Проведённая работа подтвердила высказываемые ранее предположения, что влага угля оказывает влияние, прежде всего, на величину и расположение пор, т. е. на те факторы, которые оказывают непосредственное влияние на величину газопроницаемости. Отсюда следует, что влага в дроблёном угле присутствует не в виде механической примеси, а принимает активно участие в образовании структуры влажного угля.

Установлено, что значения коэффициентов газопроницаемости дроблёного угля являются соизмеримыми со значениями коэффициентов газопроницаемости огнеупоров и огнеупорной кладки. Это указывает на особое значение правильного гидравлического режима в печах, перерабатывающих мелкозернистое топливо.

Представляется весьма желательным перенесение разработанной методики и полученных экспериментальных результатов на изучение газопроницаемости сланцевой мелочи в зависимости от её влажности и грануло состава. В равной степени важно экспериментальное определение газопроницаемости сланцевых целиков с различной степенью термической подготовки.

## **2) Физико-химические методы исследования сланцев.**

### **д) Изучение избирательного смачивания сланцев различными жидкостями.**

Смачиваемость поверхности сланцев водой и различными органическими жидкостями в значительной степени определяет процессы брикетирования сланцевой мелочи и её но-

дулирования, а также даёт исходные данные для выяснения возможности обогащения сланцев методом флотации. Последнее обстоятельство заслуживает особого внимания в связи с тем, что смола полукоксования сланцев может быть успешно использована при флотации не только как пенообразователь, но и как коллектор: сульфогруппы, находящиеся в большом количестве в сланцевой смоле, обладают высокой эмульгирующей способностью. Вместе с тем, до сих пор остаётся совершенно невыясненным механизм взаимодействия поверхности сланцевых частиц с водой, и тем более неясен механизм взаимодействия многокомпонентной системы при добавке к влажному сланцу различных органических жидкостей.

А. А. Агроскин и И. Г. Петренко провели изучение избирательного смачивания углей путём определения краевого угла смачивания (7). В основу работы была положена методика, предложенная П. А. Ребиндером. На отшлифованную поверхность угля наносится капля воды или же, в жидкой среде, любая другая жидкость, и при помощи проекционного фонаря капля проектируется на экран. Угол, образуемый поверхностью шлифа и каплей жидкости, измеряется на экране при помощи специального транспорта. Опыты проводились в объёмных условиях, т. е. при погружении шлифа в жидкость, и в «плёночных» условиях, т. е. при образовании плёнок той или другой жидкости. Результаты объёмных испытаний показали наличие большого гистерезиса смачивания. Уголь, вследствие наличия микропористости, включений минеральных примесей и различных петрографических составляющих, характеризуется неоднородной поверхностью, которая в зависимости от очерёдности внесения жидкости приобретает гидрофобные или гидрофильные свойства.

Применённая к углям методика определения избирательного смачивания различными жидкостями может быть целиком перенесена на сланцы.

е) Исследование кинетики пропитки сланцевого порошка различными жидкостями.

Исследование кинетики пропитки сланцевого порошка водой и различными органическими жидкостями значительно облегчит познание природы процесса битуминирования сланца при нагревании, поможет представить механизм поглощения и отдачи влаги сланцевой мелочью.

Работа эта может проводиться по методике, разработанной и освоенной для угольных порошков (8). Смачиваемость угля различными жидкостями подвергалась детальному исследованию путём определения скорости пропитки жидкостью столбика дроблёного угля. Кривые скорости пропитки представляют собою параболы, которые могут быть выражены уравнением:

$$h = at^n,$$

где  $h$  — высота поднятия жидкости в см;

$t$  — время опыта в минутах;

$n$  и  $a$  — константы.

ж) Растворение сланцев в тяжёлых маслах.

П. К. Когерман показал (9), что кероген почти полностью нерастворим в индивидуальных органических жидкостях. Для изучения химической природы сланцев важно подыскать также смеси органических жидкостей, в которых сланец растворялся бы в больших количествах. Работы, проведённые в Ин-те горючих ископаемых Академии наук СССР, свидетельствуют и о значительном практическом интересе, который представляет растворение твёрдых топлив, и в частности сланцев, в органических жидкостях. Следует полагать, что существенные результаты могут быть получены при попытках растворения керогена в каменноугольных маслах, которые представляют собой сложные смеси органических соединений. В частности, перспективным является применение антраценового масла и других тяжёлых масел коксохимического производства.

### 3) Технологические методы исследования сланцев.

з) Исследование кинетики выделения летучих из сланца и определение выхода продуктов при различной конечной температуре разложения.

Ещё в 1920—21 гг. П. К. Когерман (10) провёл изучение кинетики выделения летучих из сланцев при различной температуре. К сожалению, дальнейшего развития эта работа не получила, и в настоящее время настоятельно требуется детальное и широкое исследование кинетики выделения летучих продуктов при термическом разложении как кукурсита, так и диктионемового сланца. Исследование выходов газа и смолы следует вести до конечной температуры процесса в  $1000^{\circ}$ ; интервал между конечными температурами опытов должен быть достаточно узким, составляя  $50^{\circ}$ . Следует учитывать, что кинетика выделения летучих из углей и сланцев является функцией скорости нагрева и, следовательно, желательно поставить ряд циклов исследования при различной скорости нагрева. Исследование выходов и состава продуктов высокотемпературной переработки представляет интерес с точки зрения газификации сланцев, а также использования продуктов пиролиза, — в первую очередь, ароматических углеводородов.

Кинетика выделения летучих из сланца, как функция от температуры нагрева, может успешно изучаться по методике, предложенной Питерсом для углей (11). Согласно этой методике, навеска измельчённого топлива засыпается в кварцевую пробирку, подвешиваемую при помощи платиновой нити к коромыслу весов Вестфalia. Пробирка помещается в трубчатую печь с электрическим обогревом. Количество летучих, выделившихся при той или иной температуре, непосредственно отмечается весами Вестфalia.

Количество и состав газа и химических продуктов, получаемых при термическом разложении сланцев, могут быть определяемы в лабораторной установке для изучения выхо-

дов химических продуктов коксования, получившей широкое распространение для целей контроля и исследования в коксохимической промышленности. (12).

и) Исследование термического разложения сланцев под вакуумом.

Изучение продуктов термического разложения сланцев при перегонке под вакуумом должно дать ценные сведения для суждения о химической природе сланцев; продукты, получаемые при перегонке под вакуумом, характеризуются пониженной степенью пиролиза и по своему составу ближе подходят к составу исходного вещества сланца, чем химические продукты, полученные при перегонке под атмосферным давлением. При нагревании сланца под сильным вакуумом будет происходить быстрое удаление образующихся паров. Жидкая фаза, обладающая значительной упругостью пара уже при температуре своего образования, энергично испаряется. В сланцевой массе может не остаться достаточного количества жидкости для смачивания частиц сланца, и явление битуминизации в значительной степени ослабевает. Для углей это было подтверждено интересными опытами Джюетнера и Гоурда (13). В будущем нельзя также исключить возможности промышленного использования принципа полукоксования сланцев под вакуумом в целях повышения выходов смолы и борьбы с явлениями битуминизации и коксообразования.

к) Изучение влияния катализаторов на выходы продуктов полукоксования сланцев.

Имеется довольно обширная литература по вопросу о влиянии различных каталитических добавок на выходы и качество продуктов термической переработки углей. В частности, в лабораторном масштабе довольно широко изучалось каталитическое влияние добавок извести. Согласно Керру, Марсону и Паркеру (14), прибавление к углю 2% углекислого

кальция вызывает понижение выхода смолы, хотя выход газа и калорийность его возрастают. Наряду с этим, по Иствуду и Коббу (15), известь способствует увеличению выхода аммиака. Следует изучить влияние каталитических добавок, и прежде всего — извести, на выходы и качество продуктов полукоксования сланцев. В основу исследования может быть положена лабораторная методика (12), о которой уже говорилось в разделе «и».

л) Определение тепла реакции термического разложения сланцев и тепла коксования сланцев.

Расход тепла на термическую переработку сланца, равно как и итог теплового баланса, в первую очередь, зависит от теплоты коксования (полукоксования) сланца. Под теплотой коксования будем понимать количество тепла в ккал, которое необходимо затратить для того, чтобы 1 кг влажного сланца при 15° превратить в кокс (полукокс), смолу и газ при данной температуре. Расход тепла на полукоксование равен частному от деления теплоты полукоксования на теплотехнический к. п. д. данной печной установки.

В 1932 году П. К. Когерман и Я. Копвиллем провели качественное исследование теплового эффекта реакции термического разложения сланца, используя для этой цели дифференциальную термопару (16). Это исследование показало значительные колебания теплового эффекта в зависимости от конечной температуры разложения сланца. Насколько нам известно, количественные определения этой величины, весьма существенной для теории и практики термической переработки сланцев, вообще не производились.

Равным образом, в литературе почти не приводятся данные о величине тепла полукоксования и коксования сланцев. Согласно определениям Мак-Ки и Лайдера, тепло коксования трёх различных сланцев составляло 421—484 кал на г производимой смолы и газа.

Аналогичные определения для углей были проведены рядом исследователей, в частности — Терресом и Вольтером (17). Эти авторы проводили свои многочисленные определения в двух калориметрах: большом — для самого коксования и малом, непосредственно связанным с большим, — для измерения теплосодержания продуктов перегонки. Собственно коксование проводилось в небольшом кварцевом сосуде, обмотанном нихромовой проволокой. В этих опытах тепло реакции разложения определялись по разности между теплосодержанием продуктов коксования и теплом, затраченным на коксование. Как оказывается, тепло реакции коксования неодинаково для различных углей. Весьма значительны колебания тепла реакции разложения в зависимости от конечной температуры коксования (18). Например, для угля Unser Fritz тепло реакции разложения составляет для  $873^{\circ}$  — 46,8, а для  $960^{\circ}$  — 37,2 ккал/кг.

На основе исследований, проведённых на углях, можно прийти к следующим выводам (19): тепло реакции коксования зависит от свойств угля и конечной температуры коксования. С повышением температуры конца коксования усиливаются реакции эндотермические. Повидимому, для большинства коксующих углей реакция протекает эндотермично с некоторой затратой тепла.

Одновременно с этим необходимо сказать, что тепло коксования углей и сланцев зависит на практике от большого числа различных факторов, и поэтому не всегда является правильным перенесение в промышленность значения тепла коксования, определённого в лабораторном масштабе. Тепло коксования также должно быть определено путём тщательных измерений в заводском масштабе.

Наконец, совершенно самостоятельно нужно выделить задачи, относящиеся к моделированию в лабораторных условиях процессов и аппаратов термической переработки сланцев.

Широкое практическое обобщение данных опытов воз-

можно лишь при наличии определённых оснований к их общению. Такие основания даёт общая теория подобия, устанавливающая необходимые и достаточные условия для существования подобия. Этот метод особенно ценен для технологии переработки твёрдого топлива, имеющей дело с громоздкими установками, так как он позволяет не только производить обобщение, но и воспроизводить подобные явления и изучать их на моделях.

Первые опыты по моделированию тепловых устройств были начаты М. В. Кирпичёвым и его сотрудниками ещё в 1923 г. (20). Широкое развитие этих работ привело к тому, что техника получила весьма удобный метод изучения отдельных сторон работы установок на уменьшённых моделях. Современное состояние теории и практики моделирования тепловых процессов и тепловых устройств позволяет считать этот метод вполне освоенным.

Практика работы по моделированию показала, что при опытах трудно обойтись одной рабочей жидкостью (водой или воздухом). Изучение картины движения потоков и их фиксирование легче всего вести при работе с водой, в то время как опыты по теплоотдаче удобнее производить на воздухе. Вследствие этого, при оборудовании соответствующей лаборатории для обслуживания промышленности термической переработки сланцев, желательно предусмотреть в ней устройство как гидравлических, так и воздушных моделей.

Приведём несколько примеров из большого количества важных задач технологии сланцев, которые могут и должны быть решены методом моделирования.

До сих пор теплообмен в шахте генератора „Пинч“ не исследовался, и поэтому нет оснований считать, что высотные размеры генератора оптимальны или близки к ним. Метод моделирования представляет удобную и широкую возможность проверки высотных размеров шахтных печей с целью

экономии горючего и выявления резервов производительности.

Общая отсталость теории тепловой работы шахтных печей заключается в том, что в ней не дано решения следующих элементарных задач (21): 1) нагрев и охлаждение неподвижного слоя реальных кусков; 2) нагрев и охлаждение реальных кусков в параллельном токе и противотоке при постоянном и переменном коэффициенте теплопередачи; 3) диссоциация кусков в функции температуры газов и коэффициента теплопередачи. Все эти элементарные задачи могут быть успешно решены методом моделирования.

До сих пор остаётся совершенно неясным основной вопрос тепловой работы тоннельных печей для переработки сланцев: должна ли рециркуляция продуктов горения осуществляться в противотоке или параллельном токе по отношению к движению сланца в печи. Метод моделирования даёт необходимые данные для аналитического расчёта теплообмена реальных кусков как для противотока, так и для параллельного тока.

Выбор оптимальной конфигурации и размеров топочных устройств для сжигания сланцев может быть с достаточной надёжностью в короткий срок осуществлён на воздушных и гидравлических моделях.

### Выводы.

Сделана попытка выбрать те методы исследования твёрдого топлива, использование которых должно в короткие сроки дать осязательные результаты для теории и практики термической переработки сланцев. Перечень вышеописанных задач отнюдь не претендует на полноту; мы стремились прежде всего рекомендовать методы, уже освоенные в химии и технологии угля, в частности методы, разработанные и освоенные в руководимой автором лаборатории.

Следует полагать, что проведение вышеуказанных исследовательских работ подведёт теоретическую базу под те

основные технологические задачи, стоящие перед сланцехимической промышленностью, какими являются подземная газификация и полукоксование сланцев; перегонка сланцев в тонком слое, полукоксование сланцевой пыли во взвешенном состоянии, брикетирование и нодулирование сланцевой мелочи, полные расчёты установок для переработки сланцев и т. д.

### Литература.

1. Г. М. Кондратьев — Испытания на теплопроводность по методам регулярного режима. Стандартгиз, 1933.
2. В. С. Загребельная — Термическая характеристика углей. В сборн. «Увеличение насыпного веса угля микродобавками углеводородных жидкостей». Изд-во Академии наук СССР, 1947 г.
3. А. А. Агроскин, И. Г. Петренко — Исследование гранулометрического состава угольной шихты. В том же сборнике.
4. Исследования по физико-химии технических суспензий. — Сборник работ под редакцией П. А. Ребиндера, 1933 г.
5. Р. Н. Питин — Определение насыпного веса угольной шихты для коксования. «Заводская лаборатория», 1943, № 9, стр. 826.
6. А. А. Агроскин, В. С. Загребельная, Р. Н. Питин — Влияние грануло состава угольной шихты на её насыпной вес и эффективность смачивания углеводородными жидкостями. «Известия ОТП Академии наук СССР», 1942 г. № 6, стр. 849.
7. А. А. Агроскин, И. Г. Петренко — Изучение избирательного смачивания угля. «Журн. прикл. химии», 1946, № 7.
8. А. А. Агроскин, И. Г. Петренко — Исследование кинетики пропитки угольной шихты органическими жидкостями. «Журн. прикл. химии», 1946 г. № 5—6.
9. P. N. Kogerman — A hundred years of the chemical investigation of an oil shale — „Oil shale“ 1958, сmp. 115.
10. P. N. Kogerman — Acta et Comment. Univ. Dorpat. 1922. A. III.
11. H. Pieters — „Fuel in S. a. Pr.“ 1951, 10, сmp. 484.
12. Л. Глузман, И. Эдельман — Контроль коксохимического производства. Metallurgizdat, 1946.
13. Juettner, Howard — „Carnegie Inst. of Techn. Coal Research. Lab. centr.“ 1954, 8.
14. Kerr, Marson, Parker — „Gas Journ.“, 1927, сmp. 178 и 864.
15. Eastwood, Cobb — „Fuel in S. a. Pr.“ 1927, 6, 10.

16. P. N. Kogerman, J. Korvillem — „J. I. P. T.“ 1932, 18, сmp. 835.
17. E. Terres, H. Wolter — Über die Verkokungswärme von Gas und Koks-kohlen — „Gas und Wasserfach“ 1927, сmp. 1, 30, 53, 81, 96, 278.
18. E. Terres, M. Meier — Die Verkokungswärme von Gas u. Koks-kohlen — „Gas u. Wasserfach“ 1928. Nr. 20—24.
19. А. А. Агроскин, Г. С. Халабузарь — Коксовые печи. Из-во «Кокс и химия», 1937, стр. 365.
20. М. В. Кирпичёв, М. А. Михеев — Моделирование тепловых устройств. Изд-во Академии наук СССР, 1936 г.
21. Б. И. Китаев — Теплообмен в шахтных печах. Metallurg-издат, 1945.

5. Доклад. канд. технич. наук С. М. Григорьева:

### **Классификация горючих ископаемых и их технологические свойства.**

До сих пор при изучении и классификации каустобиолитов обычно пользовались данными элементарных анализов горючих, при которых анализы выражаются в весовых процентах. Нами сделана попытка рассмотрения, обработки и систематизации многочисленных экспериментальных данных о каустобиолитах по их атомному составу. Следует упомянуть, что ещё Энгельс (1), говоря о том, как старые, удобные, приспособленные к прежней обычной практике методы переносятся в другие отрасли знания, где они оказываются тормозом, отметил, что «в химии — процентное вычисление состава тел явилось самым подходящим методом для того, чтобы замаскировать (и, действительно, достаточно долго маскировало) закон постоянства состава и кратных отношений».

Нами было использовано свыше 2500 анализов горючих, главным образом, каменных углей как Советского Союза, так и иностранных.

С этой целью были проведены соответствующие пересчёты анализов топлив, заключающиеся в том, что процентные содержания элементов, делением на их атомные веса,

переводятся в атомные содержания. Затем, полученные результаты пересчитываются на соотношения атомных содержаний. Например, состав древесины, содержащий: С = 50,5%, Н = 6,1%, О = 42,4% и N = 1,0, может быть выражен в количестве атомов на сто грамм органического вещества в следующих цифрах:

$$C = \frac{50,5}{12} = 4,21; \quad H_2 = \frac{6,1}{1,008} = 6,05;$$

$$O = \frac{42,4}{16,0} = 2,65; \quad N = \frac{1,0}{14,0} = 0,07.$$

В безразмерном виде этот состав в молекулах может выразиться отношением двух из них к любому третьему; например, по отношению к количеству атомов углерода состав будет следующим:

$$\frac{C}{C} = \frac{4,21}{4,21} = 1,0; \quad \frac{H}{C} = \frac{6,05}{4,21} = 1,435;$$

$$\frac{O}{C} = \frac{2,65}{4,21} = 0,63;$$

И, наконец, состав в атомах может быть выражен в атомных процентах, — для этого сумма атомов принимается за 100. Состав древесины при этом выражается следующими атомными %:

$$C = 32,4; \quad H = 46,6; \quad O = 20,4; \quad N = 0,5.$$

В таблице № 1 приведены атомные соотношения составов древесины, торфа, бурых и каменных углей.

В таблице № 2 даны те же данные для горючих, богатых водородом, а также для нефтей. В обеих таблицах даны сведения только о некоторых типичных представителях перечисленных видов горючих.

Пересчёт около 2500 анализов топлив и нанесение полученных данных на графики был проведён нами, исходя из того, что сопоставление большого количества данных должно в общих чертах отобразить «технологический» процесс превращения исходных материалов в различные каустобиолиты,

Таблица № 1.

Состав органической массы «гумусовых» углей в атомных процентах.

№ п.п.	Наименование	Состав в атомных %			Отношения атомных содержаний к содержанию:					
					углерода		водорода		кислорода	
		С	Н	О	Н	О	С	О	С	Н
1.	Древесина листв.	32,6	46,7	20,7	1,435	0,636	0,687	0,443	1,57	2,25
2.	Древесина хвойная	32,8	46,8	20,4	1,425	0,620	0,701	0,445	1,61	2,3
3.	Торф	7,0	45,7	17,3	1,220	0,46	0,81	0,575	2,14	2,15
4.	Бурый уголь, молодой	43,0	42,8	14,8	1,000	0,331	1,00	0,332	3,04	3,03
5.	Бурый уголь, зрелый	47,8	41,5	10,7	0,866	0,224	1,150	0,2580	4,46	3,87
6.	Длиннопла- менный ка- менный уголь	50,4	43,4	6,2	0,861	0,123	1,160	0,1440	8,10	6,98
7.	Газовый уголь	3,5	42,4	4,1	0,792	0,077	1,260	0,0970	13,0	10,3
8.	Паровичный жирный уголь	56,2	41,0	2,8	0,732	0,0506	1,365	0,0692	19,75	14,5
9.	Коксовый уголь	59,3	38,9	1,8	0,656	0,031	1,524	0,073	32,4	31,15
10.	Паровичный спекающийся	61,6	37,0	1,4	0,602	0,023	1,660	0,0379	43,9	26,4
11.	Тощий уголь	63,5	35,3	1,2	0,556	0,0192	1,80	0,0346	52,1	28,9
12.	Антрацит	80,45	18,4	1,15	0,239	0,0145	4,20	0,063	69,0	15,4

а также дать представление о путях, которыми одни виды топлив превращаются в другие. Мы принимали во внимание также то обстоятельство, что одинаковые виды топлив находятся в самых различных географических и геологических условиях, что, повидимому, имеет объяснение в устойчивости химических структур угольного вещества, через которые обязательно проходит исходное вещество в процессе генезиса топлив.

На диаграммах (рис. № 1—4) показаны области, в которых группируются анализы одинаковых видов горючих. При их рассмотрении явно обнаруживается два пути превращения рас-

Таблица № 2.

Состав органической массы «сапропелевых» производных и нефтей и атомные соотношения углерода, водорода и кислорода в них.

№ п.п.	Наименование	Состав в атомных %			Отношения атомных содержаний к содержанию:					
					углерода		водорода		кислорода	
		С	Н	О	Н	О	С	О	С	Н
1.	Кенель донецкий	47,5	48,7	3,8	1,025	0,08	0,984	0,0782	12,46	12,8
2.	Кенель рурск.	46,8	50,3	2,9	1,075	8,0615	0,940	0,057	16,2	17,45
3.	Сапропелит черемховск.	43,3	52,9	3,8	1,22	0,089	0,816	0,0725	11,3	13,8
4.	Доломит с. Батраки	42,1	53,0	4,9	1,26	0,116	0,794	0,092	8,64	10,88
5.	Липтобиолит	38,8	57,6	3,6	1,4:0	0,0930	0,673	0,063	10,7	15,9
6.	Асфальт тринидадский	38,4	59,2	2,4	1,540	0,064	0,647	0,0413	15,65	24,2
7.	Богхед	37,8	59,0	3,2	1,560	0,0842	0,640	0,054	11,88	18,5
8.	Сапропелит хахарейский	27,8	57,5	4,7	1,521	0,125	0,656	0,082	7,97	12,15
9.	Нефть бакинская, тяжёлая	36,0	63,9	0,1	1,77	0,03	0,554	0,0017	329,0	582,0
10.	Нефть грозн.	35,8	64,0	0,2	1,786	3,5	0,558	0,0029	195,0	347,0
11.	Нефть бирмен.	35,3	63,6	1,1	1,804	31,3	0,554	0,0175	31,7	57,2
12.	Балхашит	34,3	60,4	5,3	1,76	0,153	0,568	0,082	6,53	10,4
13.	Марунит	34,1	60,0	5,9	1,76	0,174	0,570	0,09	5,74	10,1
14.	Нефть ганов.	34,0	63,9	2,1	1,880	64,4	0,532	0,0341	15,6	34,2
15.	Куронгит	33,6	64,0	2,4	1,905	0,0708	0,544	0,037	7,07	26,9

тительного вещества: один — от растительности к антрациту через торфы, бурые и каменные угли и второй — от растительности к нефтям через сланцы и другие каустобиолиты, при объяснении состава которых обычно прибегают к привлечению в число исходных веществ жиров, восков и смол.

Кроме того, явно обнаруживается то, что процессы превращения протекают не постепенно, а скачками, образуя определённые, отстоящие друг от друга зоны, по которым группируются составы каустобиолитов с близкими свойствами.

При этом такие горючие, как торф, лигниты, бурые и каменные угли, занимают соседние площади диаграммы, антрациты обособляются от них на некотором расстоянии; каустобиолиты, происхождение которых обычно связывают с участием жиров, восков и смол, располагаются менее компактными группами, образуя хорошо оконтуренный конус, в основании которого размещаются составы нефтей и вершина которого направлена к составу растительности и молодых торфов.

На основании рассмотрения характера размещения составов различных топлив на приведённых графиках и выявляющихся в них закономерностей превращений одного вида топлива в другой, можно сделать допущение, что исходным сырьём для всех распространённых видов каустобиолитов являются растительные остатки.

В чём же состоит, с химической точки зрения, процесс превращения растительного вещества в каустобиолиты, и каковы различия этого процесса, приводящие к получению различных видов горючих ископаемых.

Общеизвестно, что превращение растительных остатков в торф происходит с потерей части вещества их, — главным образом, кислорода. Считается, что на этой первой стадии существенное значение имеет окисление остатков растительного вещества кислородом воздуха.

Известно также, что такие соединения, как метан и углекислый газ, выделяются в весьма больших количествах в месторождениях торфа, бурых углей и различных других каустобиолитов. Нахождение этих простейших газообразных веществ всегда ставится в связь с происходящими в данном месторождении превращениями ископаемых горючих. Однако, до настоящего времени нет установившегося взгляда на то, в какой последовательности и какие именно простейшие группы соединений теряются исходными веществами на всем пути превращения их в конечные про-

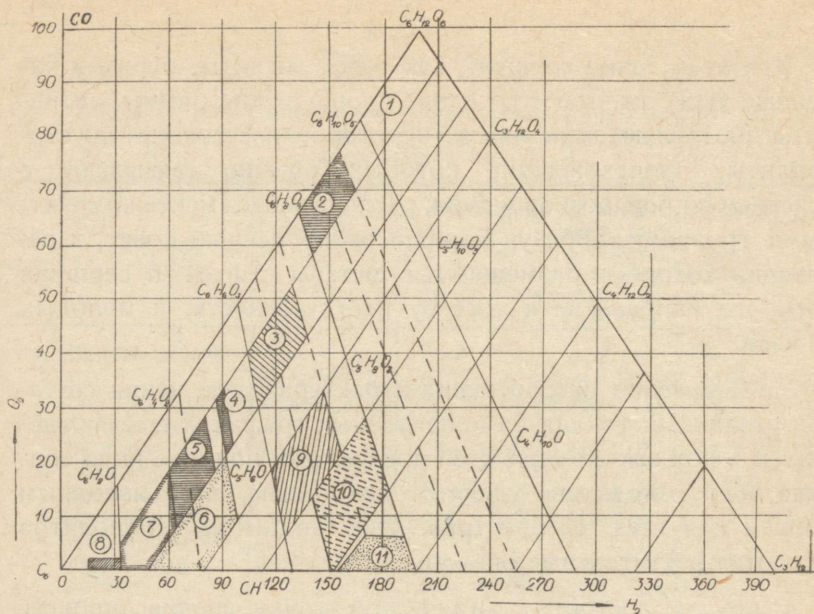


Рис. № 1. Составы топлив по количеству атомов водорода и кислорода на 100 атомов углерода.

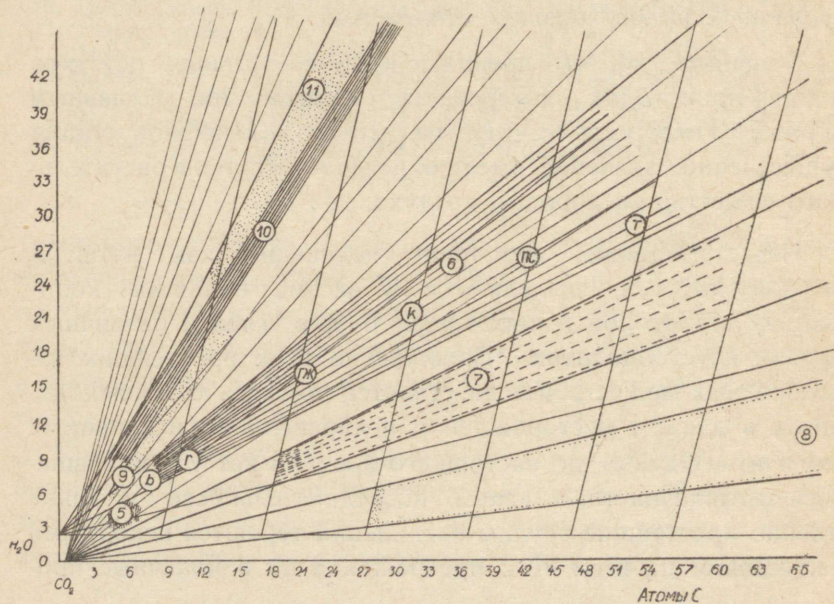


Рис. № 2. Составы топлив по количеству атомов углерода и кислорода на каждые 100 атомов водорода.

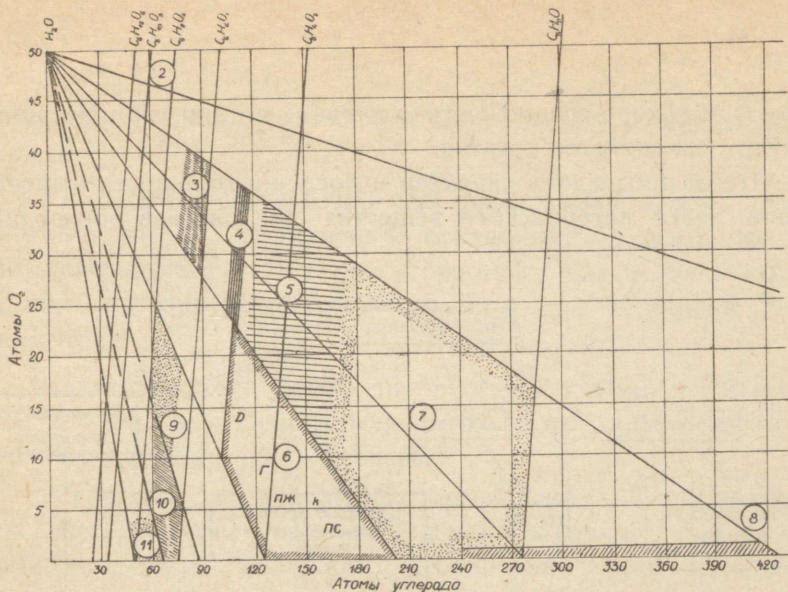


Рис. № 3. Составы каустобиолитов по количеству атомов углерода и водорода на каждый атом кислорода.

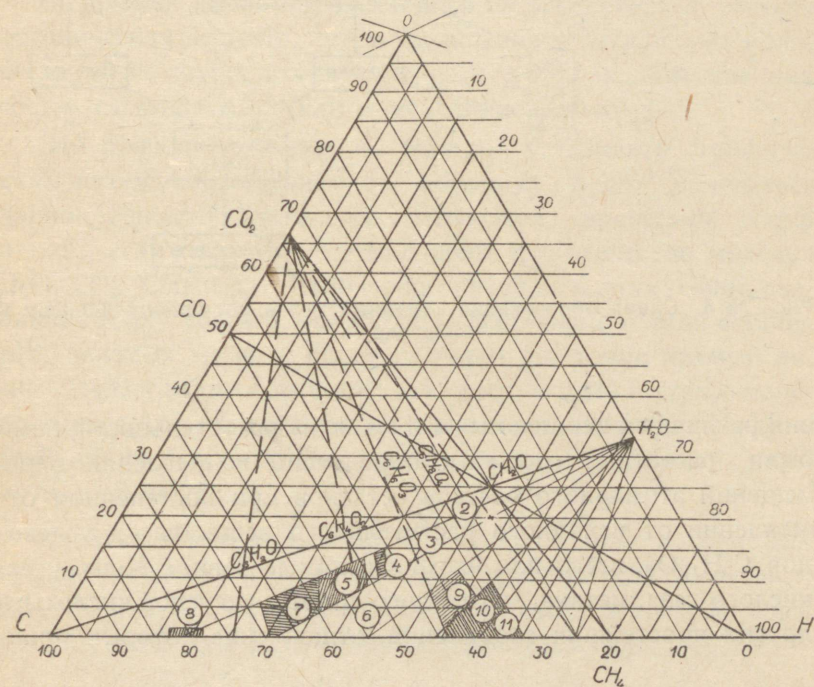


Рис. № 4. Составы типичных топлив в атомных %:  
 1 — целлюлоза; 2 — растительность; 3 — торфы; 4 — лигниты;  
 5 — бурые угли; 6 — каменные угли; 7 — фузиты; 8 — антрациты;  
 9 и 10 — сланцы и сапропелиты; 11 — нефти.

дукты, и каково специфическое влияние потери той или иной группы на свойства остатка.

Чтобы проследить характер и последовательность отщеплений части материнского вещества для случаев образова-

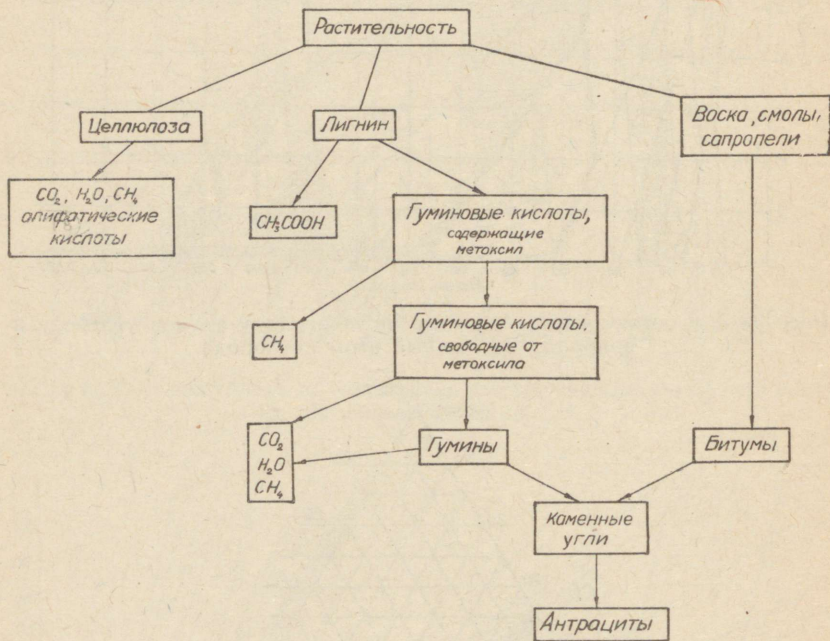


Рис. № 5. Схема образования каменных углей по Францу Фишеру и Шредеру.

ния различных ископаемых горючих из растительности, нами были расчётным способом определены направления перемещений атомарного состава остатков при постепенном отщеплении от исходного растительного вещества — углеводов  $C_6H_{12}O_6$ , всего или части кислорода в виде воды, углекислого газа, метана, метилового спирта, уксусной кислоты и других простейших соединений, отщепление которых прин-

ципиально возможно и иногда наблюдается в действительности.

Углевод состава  $n\text{CH}_2\text{O}$  был выбран нами для расчётов потому, что это единственное органическое соединение на земной поверхности, которое в огромных количествах непрерывно синтезируется на хлорофильном зерне из воды и углекислоты.

После соответствующих расчётов и нанесения на график таких расчётных линий превращения углевода были обнаружены следующие обстоятельства:

а) составы остатков любого органического вещества, выраженные в атомах при отщеплении различного количества одинаковых групп или при присоединении таких же групп, располагаются на прямых линиях — линиях гомологических рядов;

б) прямые линии образующихся из различных по составу органических веществ, путём увеличения и уменьшения количества этих групп, сходятся пучком в точках, выражающих состав отщепляемых (или присоединяемых) групп.

Это позволяет легко и быстро установить графическим путем направление, по которому будет изменяться данное вещество (углевод, целлюлоза, древесина, торф и т. п.), если им будет потеряно какое-то количество молекул  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и др. Чтобы это определить, достаточно соединить точку состава изменяемого вещества с точкой состава отщепляемых групп и провести через эти точки прямую линию. Между этими точками будут укладываться составы, получающиеся при присоединении таких групп; на продолжении этой линии за точку изменяющегося каустобиолита — при потере таких групп.

Следует также отметить, что составы всех ископаемых твёрдых, жидких и газообразных горючих укладываются в треугольник, образуемый линиями, по которым превращались бы углеводы при двух крайних процессах: при первом —

потерей всего кислорода в виде воды к антрациту и при втором — потерей всего кислорода в виде углекислого газа к метану. Потеря равных количеств молекул  $H_2O$  и  $CO_2$  приводит к нефтям.

Рассмотрение графиков даёт основания считать, что необходимыми и достаточными химическими превращениями при переходе одних горючих веществ в другие являются следующие:

1. При потере части исходного вещества в виде воды происходят превращения:

а) углеводов, растворимых в воде в нерастворимые — в крахмал, целлюлозу,

б) торфов в лигниты и бурые угли.

2. При потере части вещества углеводов в виде, главным образом, воды и, в меньшей мере, углекислого газа происходят превращения:

а) углеводов в растительные вещества (древесины, соломы и др.),

б) растительного вещества в торф,

в) торфа в каменные угли.

3. При потере части исходного вещества в виде углекислого газа происходят превращения:

а) углеводов в спирт или метан,

б) растительного вещества в сланцы,

в) торфов в сапропелевые угли и сланцы,

г) бурых углей в каменные,

д) сланцев и сапропелевых углей в нефти.

4. При потере части исходного вещества в виде равного количества молекул воды и  $CO_2$  происходят превращения:

а) углеводов в нефти,

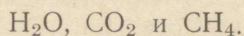
б) растительного вещества в сапропели и сланцы.

5. При потере части исходного вещества в виде метана происходят превращения:

- а) сапропелевых углей в бурые угли,
- б) каменных углей в тощие и антрациты.

Перечисленные типы превращений одних видов горючих веществ в другие основаны на допущении, что генезис каустобиолитов происходит в анаэробных условиях без воздействия свободного кислорода.

Характер расположения анализов горючих не даёт оснований для отведения существенной роли процессу гидрирования. Все превращения одних видов каустобиолитов в другие рассматриваются нами поэтому только как превращения, являющиеся процессами конденсации постепенно упрощающихся остатков молекул исходного вещества с одновременным отщеплением простейших групп.



На основе этих допущений можно провести стехиометрические расчёты процессов превращений как исходного вещества в промежуточные и конечные, так и различных промежуточных превращений.

### **Стехиометрические соотношения в процессе превращений каустобиолитов.**

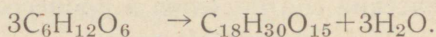
О том, каков выход того или иного вида ископаемого горючего от веса исходного сырья, в настоящее время твёрдых данных нет. Для нефтей его принимают равным единицам процентов (2).

Нам представляется, что если при определении выходов исключить все процессы, при которых исходное растительное вещество разрушается на поверхности земли (горение, гниение и т. п.), и попытаться определить теоретический вы-

ход любого представителя горючих от предыдущей устойчивой стадии или от исходного сырья в условиях подводного или скрытого в земной коре процесса превращений, то для этого достаточно данных, приведённых на графиках состава топлива. Для такого примерного стехиометрического расчёта нами принято, что молекула углевода  $(C_6H_{12}O_6)_n$  состоит из трёх или кратного трём числа групп. Для самого расчёта безразлично, какое численное значение будет принято для коэффициента „n“ Обычно его принимают равным шести, однако и при n, равном трём, получается хорошее совпадение расчётных составов различных классов топлив при отщеплении в переходных процессах определённого числа целых молекул воды, углекислого газа и метана.

Ниже приводятся расчётные количества наименьших кратных количеств тех молекул, отщепление которых обуславливает на графиках скачкообразное перемещение состава остатков от каустобиолита данного класса в место расположения составов следующего класса каустобиолитов и дальнейшее изменение состава каустобиолитов в пределах одного и того же класса горючих.

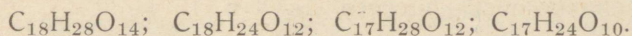
1. Переход трёх молекул углеводов в нерастворимые углеводы типа крахмала или целлюлозы сопровождается потерей части вещества в виде трёх молекул воды



Таким образом, от каждой углеводной молекулы отщепляется 1 молекула  $H_2O$ .

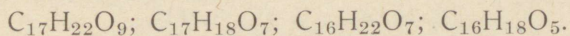
2. Переход углеводов типа целлюлозы в класс растительности вызывается отщеплением одной молекулы воды. Составы почти всех разновидностей растительности укладываются на площади графика, ограниченной составами остатков утроенной молекулы целлюлозы при отщеплении от неё ещё второй и третьей молекул воды и одной молекулы

углекислого газа. Таким образом, крайние (пограничные) составы растительности выражаются следующими формулами:



Следовательно, переход углеводов в растительное вещество заканчивается отщеплением от каждой из трёх групп  $C_6H_{10}O_5$  по одной молекуле  $H_2O$  и отщеплением от каждой трёх молекул  $C_6H_{10}O_5$  одной молекулы  $CO_2$ .

3. Переход из класса растительности в класс торфов начинается отщеплением не менее одной молекулы  $H_2O$  или  $CO_2$  и заканчивается отщеплением от каждого остатка углевода и от каждого трёх таких остатков — по одной молекуле  $CO_2$ . Пограничные составы торфсв выражаются при этом следующими формулами:



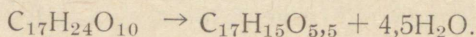
4. Переход каустобиолитов из класса торфов в класс каменных углей аналогичен предыдущим и также начинается отщеплением не менее чем одной молекулы  $H_2O$  или  $CO_2$  от трёх углеводных остатков, содержащихся в торфе, и заканчивается после отщепления от каждого из них по одной молекуле воды и от каждого трёх молекул одной молекулы  $CO_2$ .

Заслуживает быть отмеченным интересное обстоятельство, ясно обнаруживающееся на диаграмме составов каменных углей, выраженной соотношениями количеств атомов углерода и водорода, приходящихся на каждый атом кислорода топлив. Это обстоятельство состоит в том, что средние составы углей марок Г, ПЖ, К, ПС, и Т располагаются на диаграмме так, что если от них отнять весь водород в виде метана, то на каждый атом кислорода в остатках от углей будет приходиться 9 или кратное ему количество атомов углерода. Так,

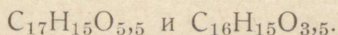
для газового угля состав молекулы будет  $C_9O$ ,  
 для паровичного жирного  $C_{18}O$ ,  
 для коксового  $C_{27}O$ ,  
 для паровично-спекающегося  $C_{36}O$  и  
 для тощего  $C_{45}O$ .

Это обстоятельство, с нашей точки зрения, подтверждает скачкообразность процесса превращений топлив и может быть полезным для разработки представлений о сущности этого процесса.

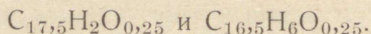
5. Переход растительности в лигнитовый уголь состоит в отщеплении воды:



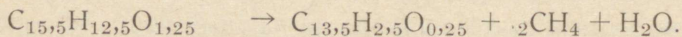
Все разновидности лигнита хорошо располагаются на линии, лежащей между крайними составами лигнитов:



6. Атомарные составы антрацитов, получающихся при отщеплении молекул воды от бурых углей и фузитов, соответствуют эмпирическим формулам:

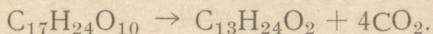


Антрациты могут также получаться в результате превращений каменных углей. В этих случаях процесс превращений заключается в отщеплении от молекул каменных углей метана и воды, например :

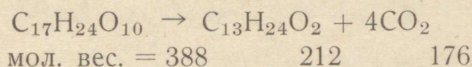


7. Переход растительности в сапропелевые угли или сланцы сопровождается потерей части вещества растений преимущественно в виде углекислого газа, например, переход растительности с составом  $C_{17}H_{24}O_{10}$  в сланец с

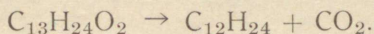
составом  $C_{13}H_{24}O_2$  состоит в отщеплении 4 молекул  $CO_2$ .



При этом от каждой из молекул углевода отщепляется по молекуле  $CO_2$  и от каждых трёх молекул углевода ещё одна молекула  $CO_2$ . Существенно отметить высокое содержание так называемой минеральной углекислоты в сланцах, содержание которой доходит до 20 и более процентов от веса сланцев. От органической массы содержание минеральной  $CO_2$  составляет до 40 и более процентов. Это близко к выходу  $CO_2$  в указанном выше примере:



8. Дальнейший переход сланца в нефть для приведённого выше примера будет состоять в дополнительной потере ещё одной молекулы  $CO_2$ :



Другие разновидности сланцев отличаются один от другого так же, как отличаются друг от друга различные виды растительности.

В таблице № 3 приведены пограничные и средние эмпирические формулы различных каустобиолитов.

### **Материальные балансы процессов образования различных каустобиолитов из растительного материала.**

На основе приведённых выше стехиометрических соотношений процессов превращений, протекающих при генезисе каустобиолитов, могут быть определены материальные балансы этих процессов.

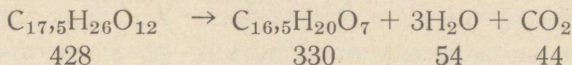
Так как в природных условиях сырьём для каустобиолитов в различных месторождениях служило всё разнообразие

## Эмпирические формулы различных классов каустобиолитов.

Наименование	Формулы пограничных составов горючих						Средний состав
Растительность	$C_{18}H_{28}O_{14}$	$C_{18}H_{24}O_{12}$	$C_{17}H_{28}O_{12}$	$C_{17}H_{24}O_{10}$			$C_{17,5}H_{26}O_{12}$
Торф	$C_{17}H_{22}O_9$	$C_{17}H_{18}O_7$	$C_{16}H_{22}O_7$	$C_{16}H_{18}O_5$			$C_{16,5}H_{20}O_7$
Лигниты	$C_{17}H_{15}O_{5,5}$	$C_{16}H_{15}O_{3,5}$	—	—			$C_{16,5}H_{15}O_{4,5}$
Бурые угли	$C_{17}H_{15}O_{5,5}$	$C_{17}H_{10}O_3$	$C_{16}H_{15}O_{3,5}$	$C_{16}H_{10}O_1$			$C_{16,5}H_{12,5}O_{3,25}$
Каменные угли	$C_{16}H_{15}O_{3,5}$	$C_{16}H_8$	$C_{15}H_{15}O_{1,5}$	$C_{15}H_{12}$			$C_{15,5}H_{12,5}O_{1,25}$
Фузиты	$C_{17}H_{16}O_3$	$C_{17}H_5O_2$	$C_{16}H_{10}O_1$	$C_{16}H_8$			$C_{16,5}H_8O_{1,5}$
Антрациты	$C_{16,5}H_6O_{0,25}$	$C_{17,5}H_2O_{0,25}$	—	—			$C_{17}H_4O_{0,25}$
Сапропелевый уголь	$C_{15}H_{22}O_5$	$C_{15}H_{18}O_3$	$C_{14}H_{22}O_3$	$C_{14}H_8O$			$C_{14,5}H_{20}O_3$
Сланцы и сапропелиты	$C_{14}H_{24}O_4$	$C_{14}H_{20}O_2$	$C_{13}H_{24}O_2$	$C_{13}H_{20}$			$C_{13,5}H_{22}O_2$
Сланцы и сапропелиты	$C_{13}H_{24}O_2$	$C_{13}H_{20}$	$C_{12}H_{24}$	—			$C_{12,67}H_{22,67}O_{0,67}$

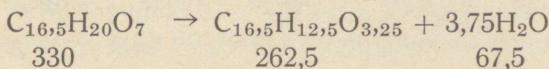
видов растительности, то для примерного расчёта может быть принят средний её состав, соответствующий эмпирической формуле:  $C_{17,5}H_{26}O_{12}$ .

1. Выход торфа среднего состава от такой растительности, на основании уравнения:



составит:  $\frac{330}{428} \cdot 100 = 77,1\%$ .

2 Выход бурого угля среднего состава  $C_{16,5}H_{12,5}O_{3,25}$  от среднего торфа



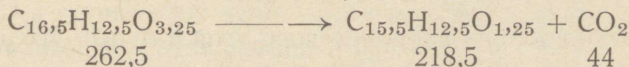
составит:  $\frac{262,5 \cdot 100}{330} = 79,5\%$ .

3. Выход бурого угля среднего состава

от средней растительности составит 61,3%.

4. Выход каменного угля среднего состава

от среднего бурого угля на основании уравнения:

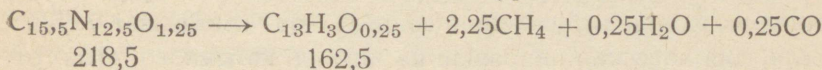


составит:  $\frac{218,5}{262,5} \cdot 100 = 83,3\%$ .

5. Следовательно, выход среднего каменного угля от средней растительности составит:

$$\frac{61,3 \times 83,3}{100} = 50,90\%$$

6. Выход антрацита среднего состава от каменного угля среднего состава в соответствии с уравнением:

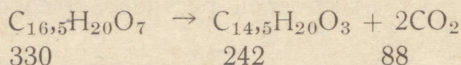


составит:  $\frac{162,5 \cdot 100}{218,5} = 74,5\%$ , или от исходной растительности

$$\frac{74,5 \times 50,9}{100} = 38,0\%.$$

Рассматривая диаграмму составов каустобиолитов, можно видеть, что, кроме непосредственного перехода торфа в бурый уголь, возможен второй путь — путь от торфа через сапропелевые угли — богхеды и др. к бурым углям. Наличие такого процесса подтверждается на практике весьма часто. Нижние горизонты торфов, промежуточные пласты, пропластики и линзы весьма часто представляют собой «сапропелевые образования». В этом случае стехиометрические соотношения и выходы новых классов каустобиолитов будут следующими:

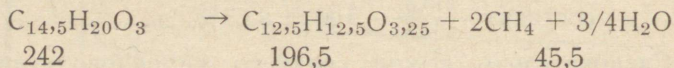
1. Переход торфа среднего состава  $C_{16,5}H_{20}O_7$  в «сапропелевый» уголь состава  $C_{14,5}H_{20}O_3$  протекает по следующему уравнению:



следовательно, выход составит

$$\frac{242}{330} \cdot 100 = 73,5\%.$$

Переход такого сапропелевого угля в бурый уголь может быть выражен в виде уравнения:



Выход бурого от сапропелевого угля при этом составит  $\frac{196,5}{242} \cdot 100 = 81\%$ , или от веса торфа:

$$\frac{73,5 \cdot 81}{100} = 59,5\%,$$

тогда как при непосредственном переходе от торфа к бурому углю при отщеплении воды выход составляет 79,5%. Если, для внесения поправки на выход каменного угля от

средней растительности, принят переходной коэффициент от торфа к бурому углю по средней величине между 79,5% и 59,5% ( $\frac{79,5 + 59,5}{2} = 69,5\%$ ), то выход каменного угля составит:

$$\frac{71,1}{100} \cdot \frac{69,5 \cdot 80,5}{100} = 44,0\% \text{ от растительности,}$$

а выход антрацита от неё же будет равен:

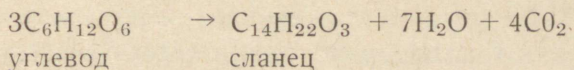
$$\frac{44,0 \cdot 74,5}{100} = 33,0\%,$$

вместо 38%, которым равнялся бы выход антрацита без учёта потери метана в процессе перехода торфа в бурые угли.

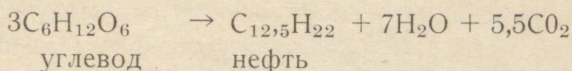
Второй путь превращений древесины в горючие ископаемые, характеризующиеся высоким содержанием водорода — сланцы, сапропелевые угли, богхеды, горючие известняки и доломиты и, наконец, нефти, отличается тем, что уменьшение содержания кислорода не сопровождается уменьшением содержания водорода.

На основании расположения групп таких каустобиолитов на диаграммах атомного состава, процесс превращений их может быть представлен в следующем виде:

1. Превращение углеводов состава  $C_6H_{12}O_6$  в нефти состава  $C_nH_{2n}$  происходит через промежуточные сапропелевые каустобиолиты по уравнениям:

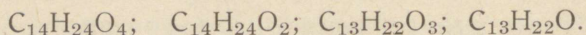


и непосредственно в нефть (средн. состав)



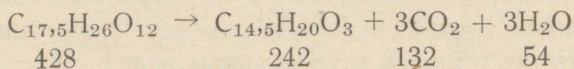
Рассмотрение взаимоотношений различных каустобиолитов на диаграмме их составов показывает, что вполне возможен путь превращения углеводов и всевозможных ви-

дов растительного вещества в различные же виды нефти. Из торфов — только молодые могут превратиться в нефти, причём только в такие, которые содержат меньше водорода, чем соответствует формуле  $C_{12,5}H_{22}$ , т. е. содержащие более 87,2% углерода и менее 12,8% водорода. В более богатые водородом нефти, кроме углеводов и растительности, могут превращаться только некоторые «сапропелевые» каустобиолиты, укладываемые на участке диаграммы, ограниченной следующими составами:



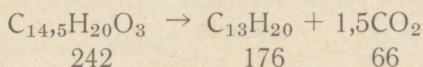
Из «сапропелевых» каустобиолитов другого состава богатые водородом нефти могли бы образоваться не путём упрощения состава, а усложнением за счёт присоединения водорода или метана.

Максимальный выход сапропелитовых углей и сланцев от растительности среднего состава, в соответствии с уравнением:



$$\text{составит: } \frac{242}{428} \cdot 100 = 56,5\%.$$

Последующий переход такого каустобиолита в нефть состоит в дальнейшей потере части вещества в виде  $CO_2$  по уравнению:



и характеризуется выходом:

$$\frac{176 \cdot 100}{242} = 72,7\%,$$

следовательно, выход нефтей от растительности среднего состава равен:

$$\frac{56,5 \times 72,3}{100} = 41,1\%.$$

## Выводы.

1. Систематизация и обобщение экспериментальных данных по изучению элементарных анализов различных каустобиолитов, путём сопоставления не обычных весовых процентных содержаний, а атомных соотношений позволяет построить новую классификационную диаграмму, включающую все виды каустобиолитов.

2. Классификационные диаграммы графически могут быть оформлены в четырёх вариантах: одна в атомных процентах и три по отношениям двух из трёх элементов к третьему. Каждая из трёх последних диаграмм позволяет более подробно рассматривать взаимозависимости между отдельными классами горючих.

3. Расположение и группировка различных видов горючих на диаграммах показывает, что

а) исходным материалом для всех массовых видов горючих является растительное сырьё;

б) существует два основных пути превращений растительности в различные каустобиолиты: один от растительности к торфам, бурым и каменным углям и антрацитам и второй — от растительности к нефтям непосредственно или через стадию сланцев и сапропелитов;

в) изменение по обоим направлениям происходит не эволюционно, а скачками, и различные виды каустобиолитов закономерно размещаются на сетке, образующейся в результате нанесения на диаграммы точек составов остатков от углевода  $C_6H_{12}O_6$  при постепенном отнятии от него шести молекул воды или трёх молекул  $CO_2$ .

4. Диаграммы позволяют произвести подсчёт материальных и тепловых балансов превращений одного вида каустобиолита в другой. Подсчитанные выходы каменных углей от растительности равны 33—45%, а теоретический выход нефти от растительности выражается также весьма большой цифрой в 40%.

5. Предлагаемое представление о сущности химических превращений в процессе генезиса каустобиолитов состоит в том, что исходное вещество на всём генетическом пути претерпевает лишь потерю части вещества в виде молекул  $H_2O$ ,  $CO_2$  и  $CH_4$ .

6. Химизм превращений по «гумусовому» пути состоит, на основании рассмотрения изложенных данных, в отщеплении основной части теряемого кислорода в виде воды и лишь частично в виде углекислого газа. Тогда как химизм превращений по «сапропелевому» пути состоит в потере кислорода, главным образом, в виде  $CO_2$  и лишь частично в виде воды.

7. Потеря части вещества в виде молекул метана ясно обнаруживается в конечных фазах метаморфизма в каждой из стадий, в которых пребывают каустобиолиты. Может быть отмечена, как типичная, следующая последовательность потери части вещества горючих в процессе их старения: вначале теряется вода, затем углекислый газ и, наконец, метан. Переход в следующую стадию вновь начинается потерей части вещества в виде воды.

8. Предлагаемая классификация позволяет:

а) производить подсчёты тепловых балансов процессов превращения одних горючих в другие;

б) предполагать наиболее вероятное направление генетического изменения данного горючего;

в) установить зависимость технологических свойств каустобиолита от места, занимаемого его составом в классификационных диаграммах.

В этих направлениях работа продолжается.

9. Наше представление о химизме превращений позволяет также высказать ряд суждений по вопросу о влиянии процессов образования углей, нефтей и др. каустобиолитов на вмещающие их породы.

## Литература.

1. Ф. Энгельс — Диалектика природы. ОГИЗ, Госполитиздат.
2. В. П. Батурин — О происхождении нефти. Бюлл. Моск. Об-ва испытателей природы, отд. геологии, т. XX (1—2), 1945 г.
3. Крейлен — Основные направления химии и систематики углей. ГОНТИ НКТП ДНТВУ, 1938 г.

### Данные по элементарным анализам различных видов горючих взяты из следующей литературы:

1. Геолого-химическая карта Донецкого бассейна ОНТИ — ДНТВУ — НКТП, выпуск I (1935 г.), выпуск II (1937 г.), выпуск III (1939 г.), выпуск IV (1939 г.).
2. Г. Л. Стадников — Происхождение углей и нефти. Изд. АН СССР, 1937 г.
3. Ю. А. Жемчужников — Общая геология каустобиолитов ОНТИ НКТП СССР, 1935 г.
4. Штрахе — Лант — Химия углей ДВОУ, 1931, и из различных других источников.

6. Доклад доктора технич. наук, проф. А. А. Агро-  
скина:

## **Применение электрического тока для термической переработки твёрдого топлива.**

(Современное состояние вопроса)

Использование электрического тока в качестве энергоносителя при термической переработке углей и сланцев представляет значительный научный и практический интерес. Применение электрического тока позволяет осуществить принципиально новые схемы печей с внутренним обогревом, основными преимуществами которых является: лёгкость пуска в ход и остановки, точность регулировки процесса, значительная конструктивная простота. Особенное внимание привлекает возможность подземного полукоксования сланцев электрическим током.

## 1. Электрококсование.

В 1901 году, на заседании секции электротехнического общества в Цюрихе (Швейцария), О. Шмидт впервые предложил применить электричество для коксования угля.

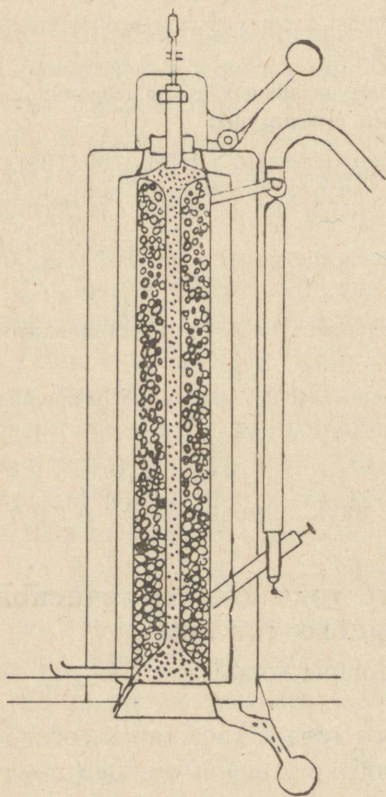


Рис. № 1.

Различные конструкции электрококсовых печей послужили предметом довольно значительного количества патентов. Так, в реторте, предложенной С. Е. White'ом (1), в 1909 г., А. Berglof'ом (2) в 1914 г., Н. Т. Fueller'ом (3) в 1918 г. и в ряде других, электроды предусмотрены в стенках реторты. В конструкциях, запатентованных W. Hoopes (4) в 1921 г., М. Н. Duchesne (5) в 1924 г. и др., предусмотрены кольцевые электроды на различной высоте реторты. В. Ф. Mc-Kee (6) (1918 г.) и Н. Stevens (7) (1933 г.) предложили реторты, в которых электроды помещены сверху и на поду загрузки.

Первые практические попытки коксования угля при помощи электрической энергии были сделаны в 1910 г. на газовом заводе в Лекко (Италия) в небольшой горизонтальной реторте, вмещавшей несколько килограммов угля и обогревавшейся снаружи при помощи специальной металлической обмотки. Следующие попытки коксования в электрических печах были произведены в 1930—32 гг. в Детройте (Америка) компанией Эдиссона, последовательно в печах ёмкостью в

0.1 т, затем в 1,5 т и, наконец, в 30 т. Дальнейшие успешные попытки коксования угля в электрических печах были сделаны в Реджио-Эмилия (Италия). В таблице № 1 приведены основные данные по указанным печам (9, 10).

В 1933 г. фирма Броун-Бовери в Бадене построила опытную установку для коксования угля электричеством (8,11).

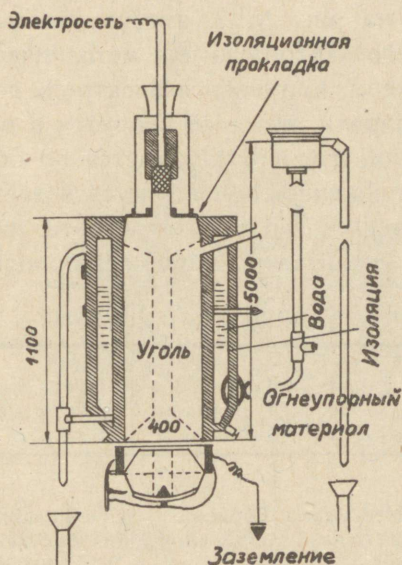


Рис. № 2.

Она представляет собой цилиндрическую металлическую реторту, футерованную огнеупорным кирпичом (см. рис. № 1). Ёмкость реторты около 300 кг.

Верхний графитный электрод, проходя через верхнюю крышку реторты, соединялся с нижним, состоявшим из коксового цилиндрика диаметром в 120 мм. Верхний электрод соединялся с сетью, а нижний заземлялся. Ток применялся переменный, однофазный в 50 периодов. Продолжительность коксования = 10 часов. 100 кг угля давали 37 м<sup>3</sup> газа

калорийностью в 5060 кал. Расход энергии на 100 кг составлял 78 квт-ч или на 1 м<sup>3</sup> газа при 0° и 760 мм — 2,1 квт-ч. При непрерывном ходе реторты расход энергии понижался до 1,3 квт-ч. Кокс получался в крупных кусках хорошего вида.

Такая же реторта с некоторым видоизменением была установлена на газовом заводе Реджио-Эмилия. В этой реторте, изображённой на рис. № 2, вместо запального электрода, представляющего картонную или металлическую трубку, заполненную коксом, применялся электрод, состоящий из металлической спирали, который вводится в реторту одновременно с загрузкой угля и располагается по оси реторты. При прохождении тока спираль накаляется и даёт начало образованию кокса, после чего работа реторты продолжается непрерывно, что значительно упрощает процесс.

Т а б л и ц а № 1.

Наименование установки	Ёмкость <i>m</i>	Положение реторты	Способ передачи электроэнергии	Расход энергии квт-ч на т
Газовый завод в Лекко (Италия)	Несколько кг	Горизонтальное	Специальная металлическая обмотка	Нет данных
Опытная установка в Детройте (Америка, компания Эдиссона)	0,1 0,5 30,0		Верхний и нижний электроды в соединении с сердечником; сопротивление — коксовый орешник	493
Опытная печь в Бадене (Швейцария)	0,305	Вертикальное	бумажной оправе либо в металл. сетке по оси печи	795
Газовый завод в Реджио-Эмилия (Италия)	0,051	Вертикальное	Металлич. спираль вместо сердечника	600

Расход энергии составляет 1,6 квт-ч на 1 м<sup>3</sup> газа при периоде коксования в 5 часов. Реторта снабжена водяной рубашкой. По окончании дестилляции вода превращается

в пар, который идёт для получения газа. Таким образом, получают газовую смесь с калорийностью в 4200—4400 кал., однако, получение газа после дистилляции едва ли выгодно.

В дальнейшем Фике сконструировал реторту на 10 кг угля, изображённую на рис. № 3, с несколькими парами электродов, которыми достигалось равномерное распределение тока и, следовательно, — и тепла в реторте. Сначала пропускают ток че-

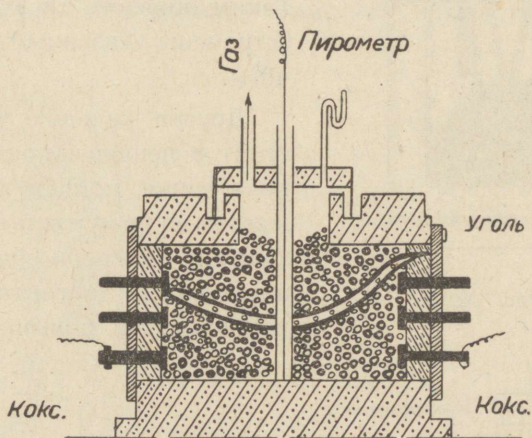


Рис. № 3.

рез пару нижних электродов, расположенных у дна реторты и соединённых коксом. Эти электроды работают до уменьшения газовой выработки, что происходит при достижении температуры в  $1000^{\circ}$  и служит указанием на окончание коксования. Тогда кабель трансформатора соединяют со следующей парой электродов и т. д.

И в этом случае большая часть тока проходит через запальный кокс в ближайшие, соседние к нему части угля.

Для устранения указанных недочётов Фике сконструировал другую реторту, представленную на рис. № 4, на которой получены удовлетворительные результаты.

Электроды расположены под углом в  $60^{\circ}$  к вертикальной оси. Запал, как обычно, начинается снизу. В этой печи

нижний слой загрузки очень горяч, и сопротивление его не велико; верхний же слой из-за наклона электродов имеет значительно меньшую ширину. Благодаря этому ток в каждый данный момент принуждён оставлять слой кокса и переходить в зоны некоксованного угля. Таким образом, в этой реторте устранены указанные выше недостатки.

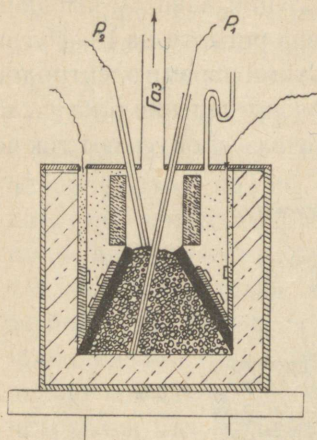


Рис. № 4.

Другое решение задачи состоит в непрерывности процесса коксования, причём кокс выгружается из реторты по мере образования. При периодическом процессе можно достигать снижения температуры, повышая электро-

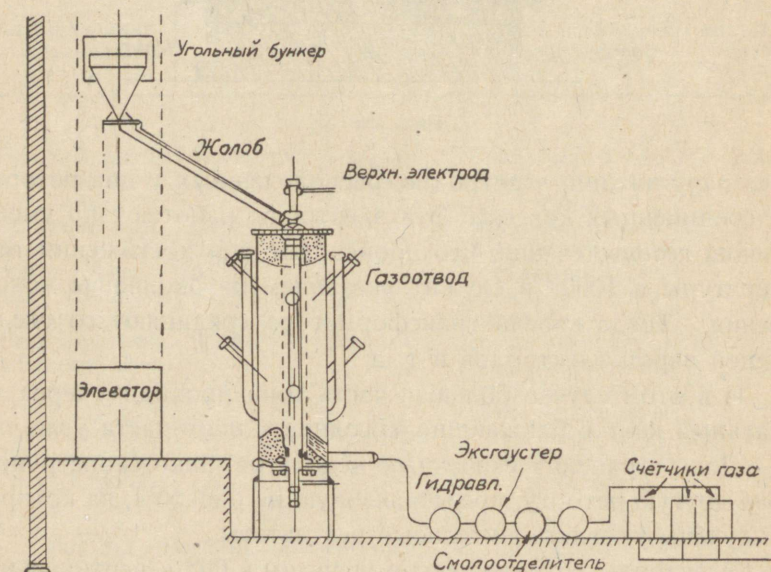


Рис. № 5.

проводность уже скоксованной зоны путём эжектирования водяного пара.

За последнее время в специальной литературе появилось много статей, посвящённых электрококсованию угля. Все они, по существу, описывают конструкцию и эксплуатацию печи компании Детройт-Эдиссон (Мичиган, США) (12, 13, 15, 16—18, 21—25). На рис. № 5 показана схема одной из первых опытных установок компании Эдиссона, ёмкостью около 1½ т угля.

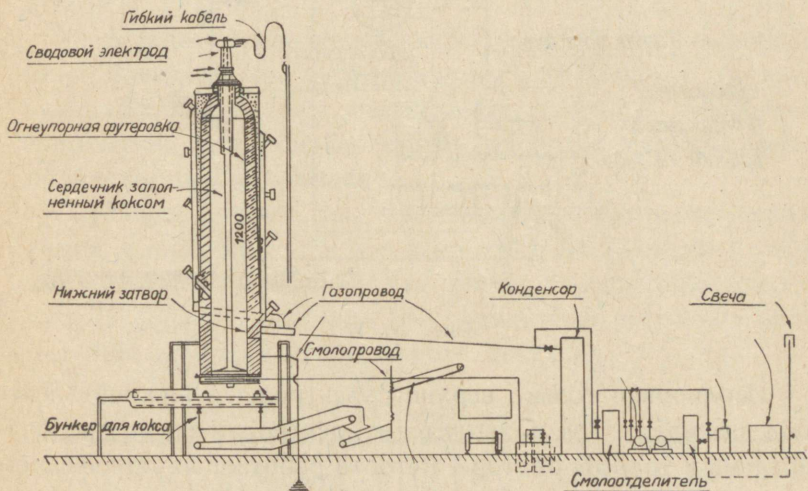


Рис. № 6.

На рис. № 6 изображена печь Эдиссона с разовой загрузкой в 30 т. Внутренний диаметр реторты 1,8 м, полезная высота 12 м. Схема действия печи сводится к следующему. Для пуска печи сначала ставят на место нижнюю дверцу, служащую и электродом, затем на нижнем электроде устанавливают сердечник, после чего загружают сверху углем; наконец, закрывают верхнюю крышку и включают ток. При прохождении тока сердечник нагревается, выделяющееся тепло передается соседним слоям угля, последний превращается

в кокс и становится относительно хорошим проводником тепла. Таким образом, по мере распространения процесса коксования, сечение сердечника увеличивается и вместе с этим ускоряется процесс коксования. Дистилляционные газы проходят через массу угля, которому они отдают значительную часть своего тепла.

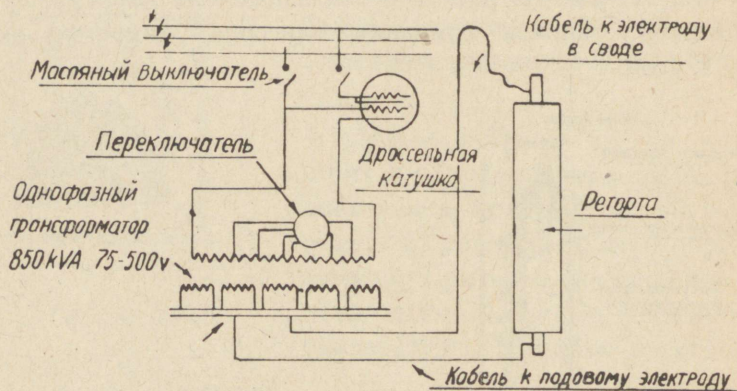


Рис. № 7.

Изолирован только верхний электрод, а нижний электрод заземлён. Ток подводится к электродам после преобразования в трансформаторе. Реторта работает на однофазном переменном токе, но для батареи из трёх и более печей, может быть использован и многофазный ток. Схема, представленная на рис. № 7, показывает, что первичный ток имеет напряжение 4800 V при 60 периодах, и с помощью регулируемого трансформатора может быть преобразован на 75—500 V. Мощность трансформатора 850 киловатт.

Период коксования составляет около 24 часов, что соответствует средней скорости процесса 35 мм/час.

При описанном методе в печах Эдиссона, несмотря на всё возрастающую скорость коксования от центра к периферии, дистилляция в периферийной зоне протекала в недостаточной степени.

По предложению Стивенса в ряде конструкций лабораторных электрических печей был применён комбинированный способ коксования, заключающийся в обычном наружном обогреве с одной стороны и внутреннем обогреве электрическим путём при помощи сердечника, с использованием последнего для ускорения дегазации в центральной части загрузки. В настоящее время опыты с коксованием электрическим путём продолжаются в различных печах типа металлургических с целью упрощения конструкции и ускорения процессов.

Переходим к характеристике продуктов электрококсования. Качество газа и кокса при выходе близко к соответствующим показателям высокотемпературного коксования. Химические продукты по своим качествам приближаются к продуктам полуккоксования.

Среднее качество газа, производимого при электрококсовании, характеризуется данными табл. № 2 (средний состав за последнее время), где для сравнения приводится состав газа (%), полученный при коксовании того же угля в вертикальных ретортах непрерывного действия.

Т а б л и ц а № 2.

	CO <sub>2</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	N <sub>2</sub>	Выход м <sup>3</sup> /т
Электро- коксование	0,8	2,2	0,6	8,5	61,5	24,00	1,3	0,80	333
Коксование з вертикаль- ных ретор- тах	0,8	2,5	0,6	7,4	52,0	29,05	—	7,95	366

Обращает на себя внимание низкое содержание азота и углекислого газа в газе электрококсования. Кроме того, ценным является почти полное отсутствие в газе нафталина и смолообразующих веществ.

Одновременно с этим нужно подчеркнуть несколько пониженный выход газа при электрококсовании. Преимуществом

электрококсования является отсутствие утечек газа, благодаря полной плотности стен реторты.

Особенно значительны преимущества электрококсования с точки зрения производства жидкого топлива. Данные, заимствованные из результатов тех же исследований (8, 12), показывают, что выход смолы составляет 113 л/т против 39 л/т

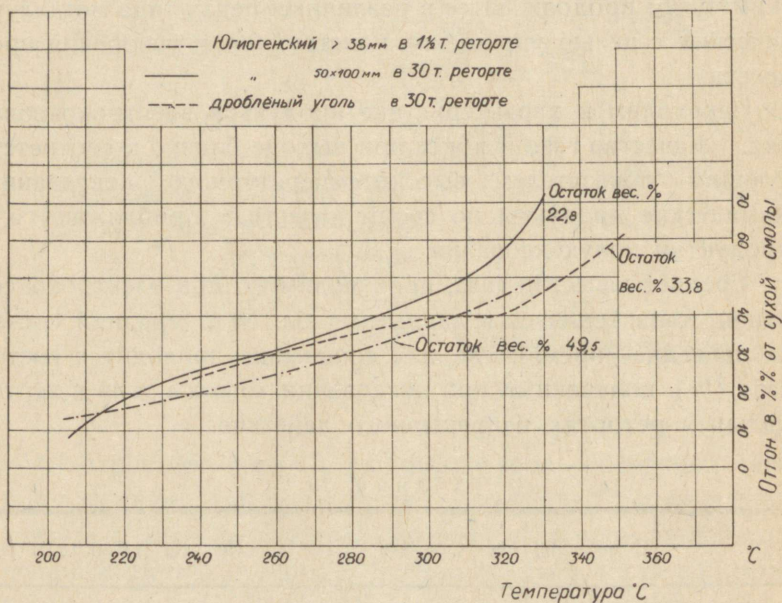


Рис. № 8.

при коксовании того же угля в вертикальных печах. Выход масел составляет 75,6 л/т при электрококсовании и 12,4 л/т при коксовании в вертикальных печах непрерывного действия. Столь высокие выходы смолы и масел получены на промышленной установке и якобы подтверждены её продолжительной эксплуатацией. Таким образом, налицо значительно пониженное пирогенетическое разложение химических продуктов при электрококсовании. Смола, получаемая при электрококсо-

вании, имеет низкий удельный вес, малую вязкость и даёт меньший выход пека. Она богаче фенолами, чем смола, получаемая при обычном коксовании. Кривая разгонки смолы показана на рис. № 8.

Столь высокие выходы смолы и масел Стивенс объясняет тем, что:

а) электрококсование осуществляется в газопроницаемой реторте;

б) необходимое для коксования тепло генерируется внутри самой реторты;

в) пары химических продуктов на пути из реторты проходят через холодный уголь, не подвергаясь термическому разложению.

В литературе имеется утверждение (22) о том, что в электрококсовых печах могут быть успешно коксуемы шихты с любым помолом, начиная от пыли и кончая крупными кусками.

При обычном способе коксования, кокс у стенок камеры подвергается перегреву по сравнению с коксом, находящимся в середине загрузки. В силу специфики процесса электрококсования, получаемый кокс якобы равномерно прогревается и обладает поэтому однородной горючестью (8, 12).

По американским данным расход тепла на электрококсование при среднем выходе газа в  $350 \text{ м}^3/\text{т}$  составляет 391 ккал/кг, тогда как средний расход тепла для обычной реторты составляет около 630 ккал/кг.

При коксовании угля электричеством, генерируемым на паросиловых установках, работающих на угле, шихту для коксования можно сушить и подогревать теплом отходящих дымовых газов. В этом случае расход электроэнергии на коксование 1 т угля понижается до 250 квт-ч (215 ккал/кг).

По мере хода процесса кокс из средней части загрузки начинает давать усадку и растрескиваться. В связи с растрескиванием уменьшается и электропроводность этого кокса.

Однако, к этому же времени создаётся новый цилиндр кокса за счёт затвердевания пластической массы. Таким образом, генерируемое электрическим током тепло концентрируется все ближе и ближе к периферии реторты, до тех пор, пока не скоксуется весь уголь. По утверждению Стивенса (22) термический кдп. реторты, т. е. отношение полезного тепла к подведённому, выше 95%.

В печах для электрококсования значительно понижены тепловые потери лучеиспусканием и конвекцией в окружающее пространство (15), что объясняется невысокими температурами во внешних частях печи. Это даёт возможность заключить кладку реторты в стальной кожух, что особенно важно с точки зрения газопроницаемости.

Поскольку футеровка реторты подвергается действию температур, не превышающих  $1000^{\circ}$ , и то на протяжении короткого времени, она может быть с успехом выполнена не из dinasового, а из шамотного кирпича. Кроме того, если для кладки обычных конструкций коксовых печей требуется как минимум 200—300 марок фасонных кирпичей, то для футеровки реторты электрококсовой печи достаточно дюжины марок кирпичей весьма простых фасонов.

Годы эксплуатации печей для электрококсования показывают, что практически отсутствует износ огнеупорной футеровки и графитных электродов. Другие же детали оборудования печей вообще не подвергаются действию высокой температуры. Этим объясняются низкие эксплуатационные расходы при электрококсовании.

Особый интерес вызывает возможность регулирования в широких пределах производительности печей для электрококсования. Согласно указаниям, опубликованным в литературе (15, 22), скорость процесса коксования легко изменяется в пределах от 6 до 150 мм в час.

Максимум скорости процесса коксования в 150 мм/час определяется якобы только мощностью трансформатора. Этот предел может быть расширен путём охлаждения транс-

форматора. Поскольку максимальный спрос на газ существует в холодное время года, то и дополнительное охлаждение трансформатора достигается легко и эффективно.

Дальнейшая интенсификация процесса электрококсования может быть достигнута за счёт одновременного введения в реторту не одного, а нескольких сердечников с коксом. По имеющимся данным (22) опыты коксования с шестью сердечниками дали успешные результаты.

Значительный интерес представляет возможность введения электрического коксования в печах непрерывного действия.

Рехлинг и Роденгаузер запатентовали в 1925 г. печь для получения металлургического кокса электротермическим путём (27). Электрический ток подводится к горизонтальной камере, головки которой являются электродами. При соответственной переработке этой конструкции процесс может быть построен и по непрерывному принципу.

Акционерное общество алюминиевой промышленности в Нейгаузене (Швейцария) сконструировало шахтную печь для непрерывного электрококсования углеродистых материалов (27). Эта печь подразделяется на три зоны: подогрева, коксования и охлаждения. Продукты дистилляции, отсасываемые через зону подогрева, термически готовят его электропроводность. Для лучшей эвакуации газов в кладке стен против зоны подогрева предусмотрен ряд каналов. Эта конструкция хорошо приспособлена для получения кокса из нефтяных остатков.

Интересная конструкция электрококсовой печи непрерывного действия была предложена Стивенсом. Отличительной особенностью её является одновременное применение внешнего обогрева газом и внутреннего нагрева электрическим током. Это приводит к значительному сокращению периода коксования. Для осуществления равномерного хода процесса верхнему электроду придана форма полой трубы, а нижний электрод сделан в виде круглой плиты. Таким образом в печи создается конус из электропроводного кокса.

Интересен опыт эксплуатации американской электрококсовой печи непрерывного действия системы TVA (28). Работы компании TVA по электрококсованию начались в 1934 г.

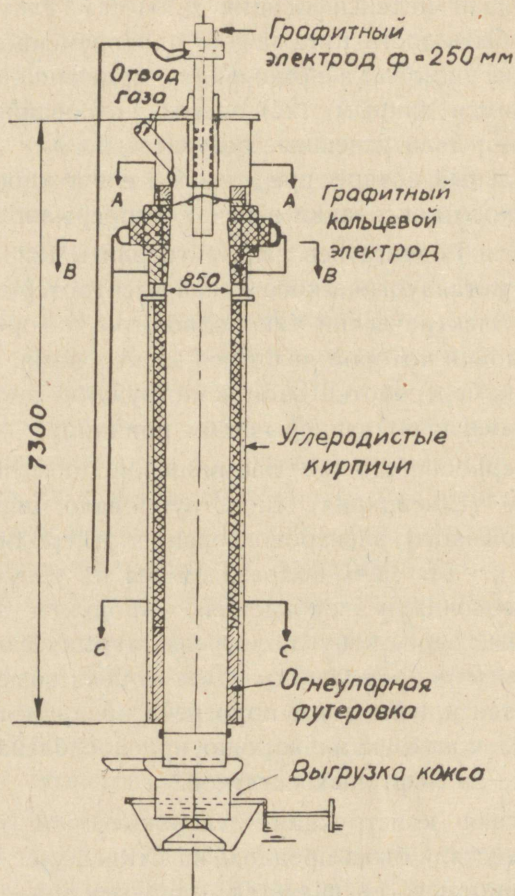


Рис. № 9.

После ряда предварительных опытов, в 1936 г. была смонтирована и пущена в ход укрупнённая установка. В опытной печи, обогреваемой переменным током, электроды были расположены друг против друга на стенках.

После некоторого времени эксплуатации наблюдалось искривление кладки, объясняемое перегревом её в участках, прилегающих к электродам. После изменения расположения электродов процесс коксования протекал вполне нормально.

В дальнейшем был осуществлён переход к печи полузаводского масштаба (29), общий вид которой представлен на рис. № 9. Реторта представляет стальной цилиндр диаметром = 1210 мм, высотой = 7270 мм. Реторта футерована углеродистым кирпичом; ток подводится к футеровке через углеродистые блоки размером в 400×400 мм, приключаемые к верхней части печи. Другим электродом служит цилиндр из графита  $\varnothing = 250$  мм, проходящий через изолированную крышку реторты. В отличие от конструкций Стивенса эта печь работает по непрерывному принципу. Авторы конструкции принимают, что ток от центрального электрода проходит к стенкам не по кратчайшему, радиальному пути, а идёт по запалу кокса, образующемуся по оси печи; тем самым ток распределяется равномерно по поверхности стен. Следует различать прохождение тока через загрузку от температурного поля и тепловыделения. Путём опускания нижней границы кладки из углеродистого кирпича можно только изменить распределение тока на поверхности раздела между футеровкой и загрузкой, но не в самой загрузке. Подобным методом нельзя точно регулировать температуру в определённых зонах. Не представляется достаточно простым и регулирование общего количества тепла, подводимого в печь.

Уголь или смесь угля с коксом загружаются в реторту непрерывно при помощи газонепроницаемого питателя, кокс непрерывно удаляется через водяной затвор на поду. Скорость движения топлива через реторту контролируется механизмом для выгрузки кокса, и питатель для угля останавливается или пускается в ход автоматически, поддерживая уровень угля на заданной величине. Пар, получаемый при

тушении кокса, частично используется для получения дополнительных количеств газа.

Основные результаты работы установки (29):

Производительность по углю т/час	1,1
Выход газа м <sup>3</sup> /т	465
Расход энергии квт-ч/т угля	433
„ „ ккал/кг угля	372
Выход смолы л/т угля	45

Анализ газа (%):

CO<sub>2</sub> — 1,4; C<sub>m</sub>H<sub>n</sub> — 2,8; O<sub>2</sub> — 0,6; CO — 14,3; H<sub>2</sub> — 64,8;  
CH<sub>4</sub> — 15,3; N<sub>2</sub> — 0,8; d = 0,333.

Полученный кокс порист и характеризуется пониженной механической прочностью.

Установка весьма быстро останавливается и пускается в ход. Холодная реторта доводится до полной производительности через 3 часа после пуска.

Область максимальных температур располагается в центре загрузки, температуры снижаются по направлению к периферии. Благодаря этому температура на поверхности реторты составляет 58°, а потери на радиацию всей реторты равны только 10 300 ккал/час (12 квт). Температура газа при выходе из реторты поддерживается около 125°.

В печи Стивенса прикладываются напряжения от 75 до 600 V. Электрококсовая печь TVA работает, как правило, с напряжением в 165 V. В то время как в печи Стивенса расход энергии по мере хода процесса должен возрастать по квадратической зависимости, в печи непрерывного действия при установившемся режиме, уголь в заданных сечениях должен находиться на одной и той же стадии коксования. Однако, надо иметь в виду, что при повышении сопротивления в печи TVA в верхней части камеры накапливается более электропроводная смесь угля и кокса. Подобное явление должно привести к изменению напряжения либо силы тока. Нужно учитывать также, что насыпной вес угля может до-

вольно значительно изменяться в зависимости от высоты камеры. В то же время, поднимающиеся горячие газы, так же как и в печи Стивенса, подводят дополнительное количество тепла верхним слоям загрузки. Хотя различные нарушения технологического процесса в электрококсовой печи и могут быть легко обнаружены путём контроля силы и напряжения тока, однако, в силу нечётко оконтуренного пути тока в загрузке, невозможно установить объём и место этих нарушений.

Переходим к общей оценке электрококсования.

Гибкость процесса электрококсования даёт возможность использовать постоянную внепиковую электроэнергию в часы минимальной нагрузки сети.

Стивенс (22) считает, что электрококсовые установки могут сыграть для электростанций роль крупнейшего «потребителя-регулятора», что уже само по себе определяет экономическую важность этого процесса.

Печи для электрококсования могут строиться с ёмкостью от 1,5 до 30 тонн угля и выше. Отсутствие коксовиталкивателя и планира придаёт установке большую компактность, понижает капитальные затраты и эксплуатационные расходы.

Для процесса электрококсования могут быть использованы избыточные количества электроэнергии, стоимость которой составляет только из стоимости топлива и воды, плюс эксплуатационные расходы.

Стивенс перечисляет основные преимущества электрококсования (23): капиталовложения и эксплуатационные расходы — ниже, чем при коксовании по обычным методам; площадь, занимаемая печами, уменьшается на 75%; отпадает необходимость в коксовиталкивателе и дверексакторе; дальнейшая обработка газа при электрококсовании облегчается тем, что, проходя через холодные слои угля, газ очищается и охлаждается; гибкость в изменении количества производимого газа соответственно потребности позволяет

значительно уменьшать ёмкость газгольдера; оборудование печей для электрококсования — весьма просто.

Опыты компримирования и охлаждения газа электрококсования показывают полную возможность передачи его под давлением без какой-либо потери калорийности.

Бэм (9) указывает на следующие преимущества коксования при помощи электрической энергии:

1. Пуск печи производится мгновенно.
2. Температура легко регулируется; количество и качество газа устанавливаются по желанию.
3. Установка может работать неполный день без всякого вреда для печи и без понижения качества кокса и газа.
4. Капиталовложения и затраты по ремонту невелики.
5. Качество кокса хорошее.
6. Скорость коксования значительна.

Рассмотрим отрицательные стороны коксования при помощи электрического тока.

Объём, занимаемый сердечником (запал), должен быть вычтен из полезного объёма печи. Если схема печи Стивенса, многократно помещаемая в литературе, выполнена в масштабе, этот вредный объём составляет 3% или около 0,9 т при разовой загрузке печи в 30 т. При выталкивании внутренней трубы должны происходить определенные сдвиги, и, в результате, в печи высотой в 12 м, процесс коксования будет протекать не строго концентрически.

Вследствие образования цилиндрического пластического шва к стенкам печи будут проходить преимущественно водяные пары и первичный газ. Лабораторными опытами Фоксвелла, а затем и практикой работы коксовых печей с внутренним отсасыванием газом (метод Штиля) было доказано, что пластический шов газа непроницаем при обычных давлениях в камере коксования.

Тау (20) приходит к заключению, что продукты, получаемые при электрококсовании по своим свойствам лежат между продуктами полукоксования и высокотемпературного

коксования. Высокое содержание водорода в газе также свидетельствует о значительном пирогенетическом разложении газа, проходящего по высоте раскалённого столба кокса. Условия эвакуации газа на холодную сторону ставят электрококсование в один ряд с печами с внутренним отсасыванием. Существенное различие заключается только в том, что при электрококсовании неразложившийся уголь до конца периода коксования примыкает к газоотводам. Таким образом, продукты полукоксования ни в коем случае не подвергаются опасности пирогенетического разложения, так как исключена возможность их обратного течения в раскалённое подсводное пространство камеры. Применяя аналогию с обычными конструкциями коксовых печей, можно сказать, что установка для электрококсования подобна печи с односторонним обогревом, а эвакуация газа происходит со стороны холодной стенки. Газы, выделяющиеся на горячую сторону, должны пройти через весь кокс и через подсводное пространство попасть в некоксованную часть загрузки.

Однако, в ряде статей высказывается суждение о том, что при электрококсовании газы могут проходить к стенкам по наикратчайшему (радиальному) пути. Этот факт практически свидетельствовал бы о газопроницаемости пластического шва и менял бы установившееся представление о пути газов в коксовых печах.

Указание Wöhlbier'a (26) на то, что газы и пары, проходя через более холодный уголь, «очищаются и охлаждаются», в достаточной степени непонятно. Охлаждение продуктов, образующихся вне пластического шва, происходит так же, как и в обычной коксовой печи, равно как и нет существенных преимуществ в охлаждении почти не содержащих смолу продуктов, выделяющихся в средней части загрузки. Повидимому, надо считаться с отложениями смолы в газоотводящих трубах. Указание на это имеется и в работе Грана (19).

Особый интерес представляет вопрос о качестве кокса, получаемого при электрококсовании. Дело в том, что при

переходе полукокса в кокс в пироге должны образоваться радиальные трещины, которые всё больше расширяются по мере хода процесса коксования. Отсюда, вряд ли можно предположить, что электропечь даёт крупнокусковой столбчатый кокс. При изменении скорости коксования на протяжении периода структура кокса должна быть резко нарушенной. В свете этого уместно вспомнить, что Стивенс говорит преимущественно об использовании получаемого кокса для бытовых целей.

Вследствие повышенного насыпного веса шихты у пода, для достижения равномерного обогрева, к нижним частям загрузки должны быть подведены повышенные количества тепла. Поскольку это практически невыполнимо, приходится перегревать кокс в верхних частях пирога. Теплосодержание поднимающихся вверх газов ещё более усугубляет этот дефект.

Вряд ли изменение скорости коксования от 6 до 150 мм в час приводит к изменению количества газа также в отношении 6 : 150. Во всяком случае изменение скорости коксования должно резко отразиться на качестве и выходе масел, смолы и кокса. Между прочим, в литературе совершенно не приводится выход аммиака и бензола при электрококсовании.

Wöhlbier (26) указывает на весьма низкое содержание азота в газе электрококсования (0,8%). Если эта цифра и является преуменьшенной, то во всяком случае опасность засосов воздуха и фильтрации газа при электрококсовании значительно меньше, чем в обычных коксовых печах.

Трудно прийти к определённым заключениям по содержанию в газе других компонентов, поскольку не приводится характеристика исходных углей. Для получения сравнимых результатов вычтем из анализов содержание инертных компонентов ( $\text{CO}_2 + \text{N}_2$ ) и остаток пересчитаем на 100%. Сопоста-

вим состав газа электрококсования с газом, получаемым в печах с внутренним отсасыванием<sup>1</sup>.

Т а б л и ц а № 3.

Компоненты газа	При внутр. отсасыв.			Нормаль- ное отса- сывание	По Wöhlbier'y	
	газ от стенки	газ изнутри	суммар- ный газ		электри- ческое коксова- ние	обычное коксова- ние
$C_mH_n$	0,54	1,74	0,98	3,45	2,54	4,46
$O_2$	0,43	0,65	0,54	0,33	0,61	0,89
$CO$	5,88	4,57	5,44	5,58	8,64	7,02
$H_2$	71,30	56,80	66,63	66,44	62,50	51,84
$C_2H_6$	0,11	3,82	1,30	0,11	1,32	—
$CH_4$	21,74	32,43	25,11	26,09	24,39	35,79
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Произведя условное сравнение этих данных, приходим к заключению, что газ внутреннего отсасывания более выгодно отличается по составу от обычного газа, чем газ электрококсования. Значительное содержание водорода в газе электрококсования свидетельствует о повышенном пирогенетическом разложении в камере. Суммарное содержание этана и ненасыщенных углеводородов в газе электрококсования составляет 3,86%, т. е. меньше, чем при внутреннем отсасывании (5,55), и даже меньше, чем в газе обычных американских установок. В этих условиях представляется проблематичным увеличение вдвое выхода жидких продуктов при электрококсовании.

Как сообщает Wöhlbier (26), расход энергии при электрококсовании в 350 квт·ч отнесён к 1 т рядового воздушно-сухого угля. Напомним, что американские угли характеризуются большой чистотой и малым содержанием влаги. В наших условиях, при содержании в шихте 8—10% влаги, потребуется дополнительное количество энергии на её испарение и подогрев.

<sup>1</sup> По Литтершейдту и Рееринку — «Glückauf» 1935, т. 71, стр. 464.

С точки зрения выравнивания потребления электроэнергии вряд ли является оптимальным вариант выбор большой печи ёмкостью в 30 т с периодом коксования 24 ч. Целесообразным было бы остановиться на большем количестве печей малой ёмкости. В этих условиях на ночь можно приключать больше печей. Меньшая высота камеры должна также снизить степень разложения газа и пирогенетических продуктов. Возможно, что ведение процесса в вертикальных камерных печах окажется конструктивно удобнее, чем использование цилиндрических реторт.

Заслуживает внимания возможность использования токов высокой частоты для термической переработки углей.

Фике производил опыты коксования угля в индукционной электрической печи высокой частоты с типом обогрева, уже используемым в металлургии. Внедрение высокочастотного обогрева, по мнению автора, позволит значительно упростить конструкцию печей и повысить скорость процесса коксования.

## 2. Полукоксование электрическим током.

Электрический ток может быть успешно использован и для целей полукоксования, причём экзотермический эффект процесса способствует резкому снижению расхода электроэнергии. По данным Виттека (30) на полукоксование тонны газового угля расходуется только 50 квт-ч.

## 3. Электрогазификация.

Фирма Электрокемик Индастри в Осло (Норвегия) сконструировала электрический газогенератор для получения газа из антрацита и пара (31). Этот газогенератор состоял в основном из вертикального цилиндра, футерованного огнеупорным кирпичом. Антрацит загружается сверху, водяной пар вводится снизу, а газ отводится вверх. Электрический ток подаётся через графитовые электроды, расположенные

вверху и внизу. Газогенератор работает на однофазном токе. Первый электрический газогенератор был сдан фирмой в эксплуатацию в 1930 году. Он потребляет 250 квт и производит  $170 \text{ м}^3$  газа в час.

В 1933 году фирма выпустила второй такой же газогенератор мощностью в 400 квт, дающий  $292 \text{ м}^3$  газа в час. Третий генератор мощностью в 500 квт был пущен в 1935 г.

Теплотворная способность газа равняется  $2755 \text{ кал/м}^3$ . Влажность составляет 5—10%. Температура газа по выходе из газогенератора —  $538^\circ \text{ С}$ . Расход электродов — около 1,2 кг на  $1000 \text{ м}^3$  газа. На  $1000 \text{ м}^3$  газа расходуется 288 кг антрацита с зольностью 3%. Газогенераторы могут работать на малозольном коксе, а также на древесном угле. Обыкновенный кокс не удаётся перерабатывать вследствие шлакообразования на стенках нижней части газогенератора.

Расход пара составляет 416—448 кг на  $1000 \text{ м}^3$  газа.

Бэлл (28) поставил ряд экспериментов по получению светильного газа в электрококсовой печи, представляющей железный цилиндр, футерованный огнеупорным кирпичом. Внутренний диаметр печи составляет 0,80 м и высота равняется 2 м. Для подвода тока служили графитные электроды диаметром 11 см. Для запала был использован столб кокса из кусков диаметром 20 мм. При выходе газа  $37,08 \text{ м}^3/100 \text{ кг}$  угля, с теплотворной способностью  $5060 \text{ кал/м}^3$ , расход энергии составил 780 квт-ч/т.

Производство водяного газа при помощи электрического тока представляет безусловный интерес с точки зрения возможности отказа от периодичности процесса. Кроме того, лёгкое регулирование температуры зоны восстановления представляет значительные возможности интенсификации работы газогенератора на электрическом токе.

#### 4. Подземная перегонка углей и сланцев при помощи электрического тока.

Проблема подземной газификации угля в том виде, в каком она поставлена сейчас, призвана решить хотя и весьма важную, но всё же только одну сторону вопроса переработки топлива без предварительной добычи его на поверхность земли.

При подземной газификации угля высококалорийное топливо даёт газ с небольшой теплотворной способностью, все же ценные химические продукты теряются. Таким образом, процесс подземной газификации достаточно несовершенен с точки зрения использования угля как химического сырья.

С этой точки зрения следует с интересом отнестись ко всякой попытке подземной газификации угля с одновременной утилизацией химических продуктов. Возникает вопрос о проведении под землей термической переработки угля с использованием электрического тока в качестве теплоносителя.

При исследованиях возможности применения электроэнергии в целях прожига огневого забоя для предварительного подогрева угля до начала электрококсования должны быть освещены два основных вопроса:

а) какие мощности и какое напряжение электрического тока могут обеспечить прогрев угольного пласта за несколько часов и

б) возможна ли значительная утечка тока через окружающую породу и грунт?

Для решения первого вопроса произведём некоторые ориентировочные подсчёты. Принимаем расстояние между электродами = 10 м и площадь электрода = 0,5 м<sup>2</sup>, электропроводность же угля принимаем = 10<sup>8</sup> Ω В этих условиях, как показывает подсчёт, при токе напряжением в 360 V требуются сотни тысяч часов для подогрева угля до температуры в 100° C.

При напряжении тока в 10 000 V время, потребное для нагрева угля до 100°, исчисляется тысячей часов.

Следует отметить наличие возможности уменьшения электросопротивления сильно гигроскопичных углей, как например подмосковных, путём предварительной подачи воды в пласт. В этом случае, как показывает расчёт, прогрев пласта до 100° при тех же условиях потребует 21 час (напряжение тока в 10 000 V).

При осуществлении подземного электрококсования серьёзные помехи могут возникнуть в результате утечек тока через окружающие породы, особенно в случае наличия грунтовых вод. На рис. № 10 приведена сводка значений электропроводности видов грунтовых вод различного происхождения<sup>2</sup>. Данные эти показывают, что наличие грунтовых вод может привести к значительным утечкам тока, так как электросопротивление грунтовых вод и кокса — величины между собой соизмеримые.

Приведённые подсчёты показывают малую практическую перспективность применения электрококсования как метода электропрожига, т. е. предварительной подготовки угля к подземной газификации.

В то же время привлекает к себе внимание возможность использования электрического тока как метода пирогенетической переработки твёрдого топлива непосредственно под землей.

Особый интерес этот метод представляет в случае переработки низкокалорийных сланцев, добыча которых в настоящее время представляется нерентабельной.

Однако, подземное электрококсование может быть весьма перспективным методом термической переработки и каменного угля, при условии попеременного применения электрококсования и последующей подземной газификации по фильтрационному способу.

---

<sup>2</sup> GWF, 1940, № 39.

Изыскивая методы управления очагом подземного электрококсования, особое внимание нужно обратить на свойства кокса давать при температурах выше  $800^{\circ}$  усадку, сопровождающуюся образованием трещин. Таким образом, следует предполагать, что, начиная от  $700-800^{\circ}$ , будет ослабляться контакт столба кокса с электродами, а образующиеся в коксе трещины ещё более уменьшат силу тока. Здесь кроется возможность автоматической регулировки передвижения очага электрококсования.

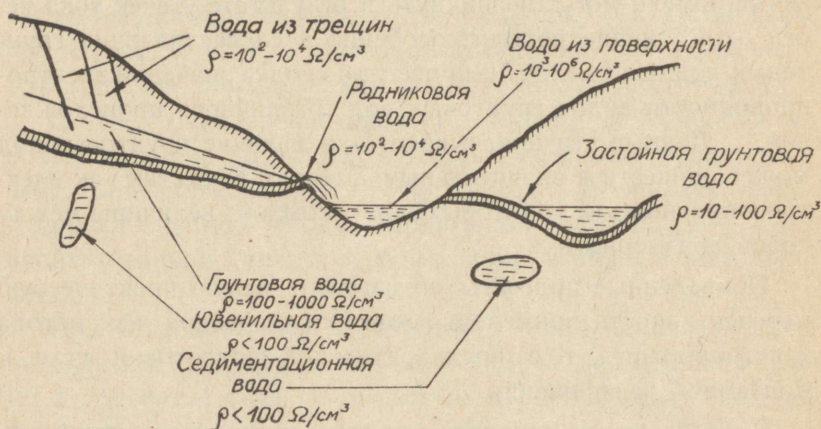


Рис. № 10.

Подземная электроперегонка сланцев уже применяется в промышленных условиях за границей. С января 1942 г. в Швеции начато производство жидкого моторного горючего из сланцев (32) по новому методу Льюнгстрема (32, 33).

Подземное полукоксование сланцев осуществляется на месторождении Кварнторпа, которое расположено в юговосточной части района Нарка и представляет собой очень пологую складку широтного простирания около 20—30 км и шириной в 2—3 км. Мощность пласта сланца доходит до 16 м, покрывающего известняка — до 20 м. Толща сланца месторождения в Кварнторпе даёт различный выход смолы, со-

ставляющий для верхней части пласта около 4,5% и для нижней части — около 5,5%. По химическому составу сланец близок к диктионемовому сланцу Эстонской ССР. Теплопроводная способность его = 2160 кал/кг.

Метод подземной переработки сланцев электрическим током был предложен Льюнгстремом летом 1940 г.<sup>3</sup> К наступлению 1941 года были проведены некоторые подготовительные эксперименты. Лабораторные опыты проводились весной и летом 1941 г., а в октябре того же года были проведены первые опыты в промышленном масштабе, причём было получено около одной тонны сланцевой смолы. Вслед за этим была развёрнута интенсивная исследовательская работа для скорейшего разрешения ряда теоретических и практических проблем, возникающих при подземном полукоксовании сланца. На проведение работ были отпущены большие средства. Опытное поле крупного масштаба было подготовлено к осени 1942 г., независимо от чего уже летом 1942 г. было предусмотрено внедрение метода Льюнгстрема в промышленном масштабе (34).

После разведки буровыми скважинами выделяются участки шириной по фронту до 200 м, на которых осуществляется процесс подземной перегонки. Рабочие скважины пробуриваются на всю толщину сланцев и входят на несколько десятков сантиметров в подстилающую породу. На участке покрывающей породы скважина закрепляется обсадной трубой, и затем на всю длину скважины вставляется металлическая труба диаметром 40 мм. В трубы помещаются электроды из обычной гофрированной жести, во избежание замыкания засыпаемые кварцем или другим непроводящим материалом.

Скважины располагаются «кустами», по семи в каждом.

---

<sup>3</sup> По инициативе академика Г. М. Кржижановского в Энергетическом институте Академии наук СССР работы по применению электрического тока для подземной газификации углей и сланцев были начаты ещё в 1939 г., однако война задержала развитие этих работ.

Шесть скважин с электродами находятся в вершинах шестиугольника, а седьмая скважина располагается в центре; она служит для отвода продуктов дистилляции и закрепляется обсадной трубой только в толще покрывающей породы. Расстояние между центральной скважиной и любой другой на периферии 2200 мм. Такие «кусты» скважин, располагаясь один за другим по ширине участка, создают ряд длиной около 200 м, представляя собою ширину фронта работ.

Подобных линий в одновременной работе находится десять, которые следуют параллельно одна за другой вглубь поля, отведённого на разработку. По электродам непрерывно подводится переменный ток напряжением в 150 вольт. Подъём начинается от нуля, и примерно после пяти месяцев температура доводится до 300—325°; вслед за этим начинается собственно эксплуатация скважины, которая проходит на протяжении месяца. Таким образом, общий период переработки сланца составляет около 6 месяцев.

После окончания эксплуатации одной линии и прекращения выделения продуктов дистилляции включается вторая линия, уже подготовленная к этому времени, и в то же время начинается разогрев новой разбуренной линии и т. д. Продукты перегонки из отдельных «кустов» по центральным скважинам отводятся в общий газопровод и поступают на завод улавливания и переработки. Наличие над толщей сланца кровли из плотного известняка создаёт хорошие природные условия для термоизоляции и обеспечивает отвод продуктов перегонки только через центральные скважины.

Расход электроэнергии на тонну получаемой сырой смолы составляет около 7000 квт-ч, однако, поскольку избыточный газ дистилляции, сжигаемый под котлам, даёт около 2000 квт-ч, расход энергии нетто составляет около 5000 квт-ч на тонну смолы. В настоящее время персоналом завода разрабатываются мероприятия, которые должны привести к значительному уменьшению расхода электроэнергии.

На заводе в Кварнторпе различными методами всего производится ежемесячно около 8000 тонн сырой смолы, из этого количества около 30% добывается за счёт подземного полукоксования электрическим током. Капиталовложения на установку подземного полукоксования значительно ниже, чем на печные установки равной производительности, и это соотношение можно охарактеризовать величиной 40 : 100. Наоборот, эксплуатационные расходы по установке Льюнгстрема до сих пор значительно превышают таковые для обычных печей полукоксования. Подземное полукоксование значительно сокращает потребность в рабочей силе. По данным Гейрота (35) расходы на зарплату составляют 50,5% всех эксплуатационных расходов при полукоксовании сланцев печными методами, при переработке сланца по методу Льюнгстрема расходы на зарплату составляют только 14,4%, зато стоимость электроэнергии доходит до 50% от эксплуатационных расходов.

Теплотехническое сравнение различных методов переработки сланцев (в тысячах калорий на тонну) перерабатываемого сланца приводится в таблице № 4. Эти данные показывают, что в отношении экономичности метод Льюнгстрема пока ещё значительно отстаёт от печных методов. При полукоксовании сланцев в печах продукты перегонки содержат около 50% теплового эквивалента, в то время как для метода Льюнгстрема соответствующая величина составляет примерно 25%.

В то же время необходимо отметить, что сланцевая смола, получаемая при подземном полукоксовании электрическим током, характеризуется значительно более высоким качеством, чем смола, получаемая при перегонке сланца в печах (см. табл. № 5). Сланцевая смола, получаемая по методу Льюнгстрема, даёт примерно удвоенный выход бензина, содержит большое количество насыщенных углеводородов, что облегчает её очистку.

Следует полагать, что основными задачами дальнейшего

Т а б л и ц а № 4.

Сравнение между различными методами получения смолы  
(в  $10^6$  кал. на тонну 6-процентного сланца).

Продукты производства	Печь Берга	Тоннельная печь	Печь Хульмана-Густавсона	Установка Льюнгстрема
Получено				
Смола	380	480	450	360
Газ	235	264	447	299
Газовый бензин	60	60	90	40
Газолин	36	33	72	38
Сера	31	33	55	33
Пар	422	19	—	—
Пар из кокса	—	(422)	(431)	—
	1164	889 (1331)	1114 (1545)	770
Затрачено:				
Газ	—	316	304	—
Пар	46	9	31	—
Электроэнергия	—	—	—	210
	46	325	335	210
Баланс (без сжигания кокса)				
Получено	1164	889	1114	770
Затрачено	46	325	335	210
Нетто	1118	564	779	560
Баланс с утилизацией кокса сжиганием				
Получено	1164	1331	1545	770
Затрачено	46	325	335	210
Нетто	1118	1006	1210	560

развития подземного полукоксования электрическим током являются:

Таблица № 5.

## Сравнение продуктов, получаемых при переработке сланца различными методами.

	Печь Берга	Тоннельная печь	Печь Хульмана-Густавсона	Установка Льюнгстрема
Смола				
Количество — кг/т	38	48	45	36
Удельный вес	0,975	0,970	0,970	0,870
Разгонка по Энглеру				
Начало кипения, град.	80	60	80	45
5% выкипает до	140	120	150	70
10% — „ —	160	135	175	90
20% — „ —	190	165	213	125
30% — „ —	225	190	250	155
40% — „ —	265	225	285	160
50% — „ —	300	260	300	210
60% — „ —	—	300	—	245
70% — „ —	—	—	—	370
Сырой бензин (170°), объёмн. %	15	20	10	35
Сырой керосин (170—230°), объёмн. %	15	20	15	20
Содержание серы (фракция <170°)%	1,3	1,2	1,0	0,8
Иодное число (фракция <170°)	130	140	130	60
Газ				
Количество, м <sup>3</sup> /т	60	38	120	42
Серы — кг	14	15	25	15
Газовый бензин, (фракция <170°)	6	6	9	4
Газойль, кг	3,6	4,5	7,2	3,4
Зола	730	—	—	—
Кокс	—	820	800	—

1. Повышение экономичности этого способа — прежде всего, за счёт выгазовывания сланцевого полукокса в пласте.

2. Изыскания методов ускорения предварительного прогрева сланцев до температуры в 325—350°.

## Выводы.

Использование электрического тока для термической переработки углей и сланцев представляет значительный научный и практический интерес. Основные преимущества электрококсования заключаются в том, что капиталовложения и эксплуатационные расходы при применении электрического тока ниже, чем при коксовании по обычным методам; площадь, занимаемая печами, уменьшается на 75%, и отпадает необходимость в двереэкстракторе и коксовыталкивателе.

Электрококсование заслуживает серьёзного изучения, поскольку оно предоставляет возможность значительной интенсификации процесса и даёт максимум гибкости в производстве. Подлежит тщательной экспериментальной проверке ряд вопросов, связанных с технологией электрококсования, и, прежде всего, возможность лёгкого регулирования скорости процесса, равномерность качества получаемого кокса, выходы аммиака и бензола. Весьма важно изучить путь газов в реторте для электрококсования.

Следует считать достаточно перспективным одновременное применение для коксования газового обогрева и электрического тока, причём электроэнергия используется преимущественно для интенсификации процесса, для влияния на технологические свойства угля в пластическом состоянии и повышения выходов химических продуктов.

Производство водяного газа при помощи электрического тока представляет интерес с точки зрения возможности отхода от периодичности процесса. Кроме того, лёгкое регулирование температуры зоны восстановления даёт возможность интенсификации работы газогенератора на электрическом токе.

Электрический ток может найти практическое применение при подземной газификации, преимущественно в сочетании с обычными методами газификации. Особое значение может иметь подземная электроперегонка в случае пере-

работки низкокалорийных сланцев, добыча которых представляется нерентабельной.

Внедрение и развитие в Советском Союзе термической переработки углей и сланцев электрическим током может представить значительные выгоды. Подчеркнём, что этот метод является рентабельным при наличии дешёвой электроэнергии. Задачей исследовательских работ в этой области является получение основных техно-экономических показателей электрококсования и электрогазификации.

### Литература.

1. C. E. White — Пат. США № 935344 от 28. IX. 1909.
2. A. Berglof — Пат. США № 1085096 от 20. I. 1914.
3. H. T. Fueler — Пат. США № 1286577 от 3. XII. 1918.
4. W. Hoopes — Пат. США № 1366457—8 от 25. I. 1921.
5. M. H. Duchesne — Фр. пат. № 582347 от 13. X. 1924.
6. R. F. Mc-Kee — Пат. США № 1282445 от 22. X. 1918.
7. H. Stevens — Пат. США № 1938121—4 от 5. X. 1933.
8. Walker — The carbonisation of coal with electricity — „Gas Age Record“ 1932, 70 стр. 27, также „Gas Word“ 1932, стр. 697.
9. Böhm — Gas manufacture in electrically heated retorts — „Gas Journal“ 1934 14/XI.
10. Ficai — Sur la distillation électrique de la houille — „Chimie et Industrie“ 1935 VII.
11. P. Schläpfer — „Eidg.-Mat. Pr.—Anst. techn. Hochsch. Zürich 1935, Monatl.-Ber. 96.
12. H. Stevens — The carbonisation of coal by electricity — „Appalachian Coals Inc.“
13. H. Stevens — Coal Coking by Electricity — „Scientific American“ 1937 XI.
14. Verkokung von Kohle mittels Elektrizität — „Elektrotech. Z.“ 1937, m, 58 nr., стр. 54.
15. G. Greenfield — Carbonisation by electricity — „Gas World“ 1937, 107 nr. 2785. Coking Section, стр. 11.
16. Carbonisation of coal by electricity — „Gas World“ 1937, 107, nr. 2785, стр. 555.
17. Г. Стивенс — Коксование угля при помощи электричества. «Америк. техника и пром.» 1937, I. № 1.

18. H. Stevens — Coal-coking by electricity — „Fuel Economist“ 1938 I. 14. Nr. 148, стр. 10.
19. Grahn — „Kohle u. Erz“ 1938. T. 55, стр. 55.
20. A. Thau — „Glückauf“ 1938. T. 74, стр. 205.
21. H. Stevens — Verkokung von Kohle mit Elektrizität — „Brennstoff-Chemie“ 1938. T. 19. Nr. 5, стр. 87.
22. H. Stevens — „Engineer“ 1939. T. 167. Nr. 4357.
23. H. Stevens — Production of liquid fuel — „Chem. Age“ 1935. T. 41. Nr. 1056, стр. 225.
24. H. Stevens — Carbonisation of coal by electricity — „Gas World“ 1939. T. 111. Nr. 2877, стр. 254.
25. H. Stevens — La carbonisation électrique de la houille — Ref: „Chimie et Ind.“ 1939. T. 42. Nr. 4, стр. 642.
26. H. Wöhlbier — Die Verkokung der Kohle auf elektrischem Wege „Kohle u. Erz“ 1939. Nr. 23, стр. 631.
27. H. Kirchrath — „Chem. Ztg“ 1941. Nr. 29—30, стр. 139.
28. E. Blümel — „Elektrotechn. Ztschr“ 1941. Nr. 18, стр. 417.
29. Curtis и др. — „Ind. a. Eng. Chem“. 1940.
30. H. Wittek — „Umschau in Wissensch. u. Techn.“ 1941. Nr. 10.
31. Elektrogaserzeuger Bauart Hohle. — „Feuerungstechnik“ 1939. T. 27, стр. 259.
32. Direct heating of Shale in Norway. „Petroleum“ 1942. T. 5. Nr. 7, стр. 130.
33. New Shale oil process — „Mechanical World“ 1942, T. 112. Nr. 2910, стр. 337.
34. S. Schwartz — Skifferoljeverket vid Kvarntorp — „Tekn. Tidskrift“ 1945. Nr. 45, стр. 1215.
35. C. Gejrot — Den Svenska Skifferoljanas framtid — „Tekn. Tidskrift“ 1945. Nr. 45, стр. 1221.

7. Доклад инженера Х. К. Труу:

### **Топки для сжигания горючего сланца.**

Текущая четвертая сталинская пятилетка ставит перед Советской Эстонией серьезные задачи по индустриализации страны. При этом, для развития промышленной мощности, требуется значительное увеличение производства энергии, что также предусмотрено законом пятилетнего плана. Госпланом ЭССР неоднократно заявлялось, что значительную роль в

энергохозяйстве Республики должно сыграть местное топливо — горючий сланец.

Применение сланца в промышленной энергетике ЭССР в настоящее время ограничивается сжиганием сланца в слоевых топках. Камерного сжигания сланца ещё не имеется. Внедрение слоевого сжигания сланца в промышленной энергетике ЭССР происходило в годы реакционного правления в Эстонии, в период господства интересов частных фирм, и это, разумеется, не способствовало широкому развитию применения этого нового, обладающего специфическими особенностями, топлива в общих интересах народного хозяйства. Построенное топочное оборудование не подвергалось серьёзной критике. Бурный рост промышленности в настоящей пятилетке требует широкого энергетического применения сланца, для чего первоочередной задачей является основательное изучение сланца как топлива и развитие рациональных методов его сжигания. В настоящем докладе автор описывает работу, проделанную по внедрению сланца в промышленной энергетике ЭССР, приводит более совершенные конструкции топочного оборудования и их характеристики и делает выводы, могущие служить программой первоочередных научных работ в области энергетического применения сланца.

Для характеристики применяемого в качестве топлива сланца-кукерсита, добываемого в районе Кукруссе ЭССР, можно отметить следующее:

По происхождению кукерсит является морским сапропелитом, содержащим горючую массу из планктонных отложений растительного и животного мира и минеральный балласт в виде карбонатов кальция, силикатов, глинозёма и других веществ. Органическая масса кукерсита — светло-оранжевого цвета, весьма устойчива к окислению при обыкновенной температуре и имеет удельный вес около единицы. Это органическое вещество гигроскопично и впитывает влагу до 30%. Удельный вес рабочего топлива в среднем 1,3 и объёмный

вес около 1. От действия мороза куски сланца легко трескаются по слоям.

Элементарный состав органической массы невыветрившегося сланца является почти постоянной величиной, с содержанием углерода в 76,6%, водорода — 9,2%, серы — 2%, хлора — 0,6%, азота — 0,4% и кислорода — 11,2% (по разности); отношение углерода к свободному водороду порядка 10-ти и суммы кислорода и азота к водороду — 1,3. Выход летучих составляет 82% на горючую массу. Органическая масса кукурсита мало жароустойчива, и её разложение начинается при низких температурах, причём переходы совершаются, по мнению химика К. Лутса, единообразно и постепенно. Например, при перегонке сланца при температуре 500° выделяется приблизительно 75% всей его органической массы.

Влага содержится в сланце, главным образом, в виде внешней влаги, содержание гигроскопичной влаги не превышает 3%. Влажность рабочего топлива колеблется в пределах 11—20%.

По зольности сланец относится к многозольным топливам с легкоплавкой золой.

Теплотворная способность горючей массы кукурсита  $Q$  порядка 8400 ккал/кг, и калорийность рабочего топлива  $Q$  колеблется в пределах от 2300—3700 ккал/кг. Это значительное колебание калорийности рабочего топлива зависит, главным образом, от количества балласта — золы в топливе.

Технические условия на топливный сланец по нормативу ЭСН — 1—40, утверждённому СНК Эстонской ССР в декабре 1940-го года даны в табл. № 1.

Технические условия для оценки качества отгружаемых потребителям горючих сланцев комбината — «Эстонсланец» по ГОСТ 3293 — 46 со сроком введения с 1 января 1947 года приведены в таблице № 2.

В процессе промышленного применения сланца в Эстонии первостепенное значение было уделено химии и химической

Таблица № 1.

## Технические условия на топливный сланец.

Сортность	Гранулосостав по габариту ячейки сита в мм	$Q_p^H$ ккал/кг	$W_p$ %	$A_c + (CO_2)_c$ %
I — крупный сланец	свыше 38 мм	3200—3700	11—15	49—55
II — малый сланец	ниже 38 мм и свыше 10 мм	2600—3300	11—15	55—62
III — мелкий сланец	ниже 10 мм	2300—2700	12—20	58—64

Таблица № 2.

## Технические условия сланца из рудников «Эстонсланец».

№ п. п.	Название шахты	Наименование пластов	Сорт	Размер кусков в мм	Показатели						
					$W^p$		$A^c$	$S_{c\text{ общ.}}$	$Q_c^c$		$CO_2^c$
					Средняя в %	Предельная в %	Средняя в %	Средняя в %	Средняя в ккал	Предельная в ккал	Средняя в %
1	Кукресе	А, В, С, Д, Е	I	Более 125	9	11	40,5	2,0	4100	3800	13,5
			II	125—25	10	11	45,0	2,0	3400	3100	17,0
			III	Менее 25	10	12	46,5	2,0	3250	3050	17,0
2	Кява 2	А, В, С, Д, Е	I	Более 125	9	11	42,0	2,0	3800	3500	15,0
			II	125—25	10	11	45,0	2,0	3300	3000	18,0
			III	Менее 25	11	13	47,0	2,0	3250	3050	16,0

переработке сланца в целях добычи жидких продуктов перегонки сланца. Ценный исследовательский материал, добытый химиками, был заимствован энергетиками и использован для развития энергетического применения сланца в качестве

топлива. Энергетики проявили при этом большую смелость, начав строить топочное оборудование без предварительных опытов сжигания сланца в опытных установках, так как подобные опыты было трудно провести в условиях капиталистического строя. Но дело увенчалось практическим успехом, и построенные установки оказались надёжными в работе. Итогом этой длительной, напряжённой работы является ряд конструкций топочных устройств.

Отметим вкратце специфические свойства сланца, вызвавшие ряд особых мероприятий при осуществлении слоевого процесса его горения и ставящие специальные требования в области изготовления топочных устройств.

Горючая часть сланца состоит, в основном, из летучих (82% органической массы), сгорание которых происходит в топочной камере. После выделения летучих в слое остаётся низккалорийный кокс, в виде твёрдого остатка, с содержанием горючего вещества в пределах от 15—20%. Поэтому сланцевый кокс едва способен догорать в рыхлую зольную массу. Основной фазой горения, обуславливающей как подготовку топлива к процессу возгонки летучих и их горения, так и догорание кокса и шлака, является горение летучих в камере, образующее зону высоких температур над слоем. Термический эффект второй фазы горения в камерной части топки характеризуется при топочных процессах температурой порядка 1200—1300° С.

Ввиду наличия в неорганической массе сланца карбонатов кальция, в слоевом процессе происходит их частичное разложение на окись кальция и углекислоту, причём степень диссоциации  $X_{\text{CO}_2} = 0,75$ .

С учётом указанных выше особенностей, основные условия для полного сгорания сланца при его сжигании в переталкиваемом слое на механической решетке, т. е. в порядке приближённого фазового горения, сводятся к следующему:

а) интенсивное переталкивание, перемешивание и разрых-

ление топлива в ходе процесса горения в слое, с регулировкой эффекта переталкивания в широком диапазоне;

б) создание в топливном слое температурных условий, необходимых для предупреждения спекания керогена сланца в пределах температур в  $360\text{—}390^\circ$ , а также для устранения шлакования золы, размягчение которой начинается в диапазоне температур в  $1050\text{—}1100^\circ$ ;

в) создание условий пирогенетического разложения углеводородов в топочной камере за счёт зоны высоких температур и достаточного для этого времени;

г) форсировка слоевого процесса путём применения горячего позонного дутья;

д) применение острого дутья в целях обеспечения динамики и форсировки процесса горения в камере топки;

е) применение зажигательного и дожигательного свода над решёткой.

Сжигание кускового сланца при величине кусков в 50 мм и больше трудно осуществлять в порядке горения фазами в передвижном слое, ввиду ряда возникающих при этом осложнений. После выделения летучих из периферийных слоёв ядро куска изолируется золой и кусок теряет активность горения. Поэтому необходимо в ходе процесса ударным действием освобождать куски от золы. Это достигается практически при бесфазном сжигании сланца на горизонтальной или наклонной решётке с поворотными колосниками.

Фазовое горение сланца в подвижном переталкивающем слое осуществляется на ряде механических наклонно-переталкивающих колосниковых решёток с встречно-движущимися или с чередующимися рядами подвижных и неподвижных колосников. Ниже приведены описание и основные характеристики этих решёток и топок, где они применяются.

На рисунке № 1 изображена типичная слоевая топка с механической наклонно-переталкивающей колосниковой решёткой системы «Ломшаков-Круль». О работе этой топки следует отметить следующее:

Топливо подаётся из бункера на полотно решётки посредством механического забрасывателя. При забрасывании мельчайшие пылевидные фракции топлива уносятся по-

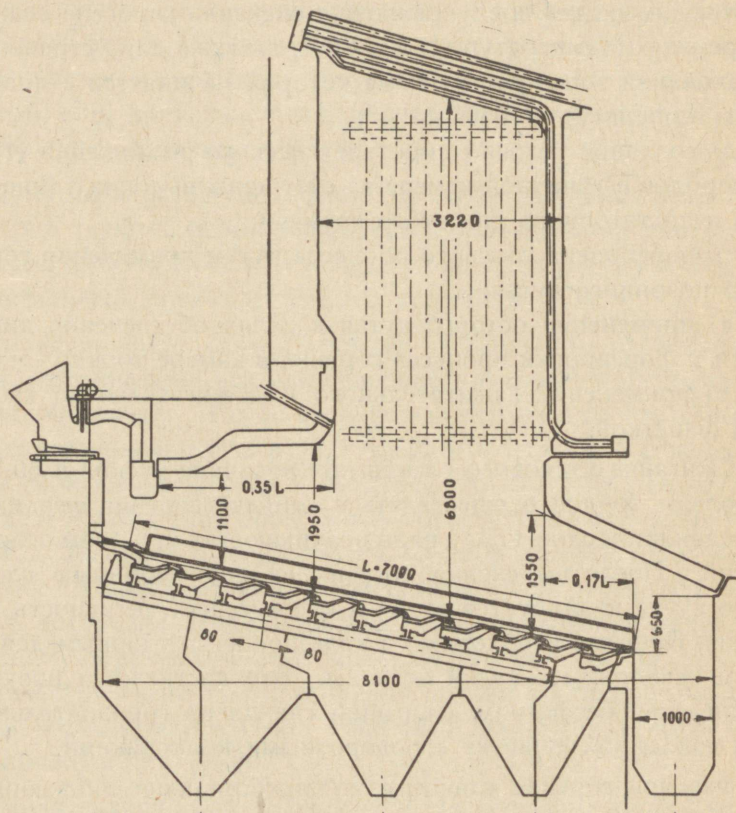


Рис. № 1.

Топка с механической наклонно-переталкивающей колосниковой решёткой системы «Ломшаков-Круль».

током газов в топочное пространство и сгорают там во взвешенном состоянии, не затрудняя своей тониной работу слоя. На первой половине решётки происходит подготовка слоя и возгонка летучих. Эта часть топки представляет собой полу-газовую топку. В конце зажигательного свода с параболи-

ческим профилем размещаются сопла вторичного воздуха, через которые подаётся воздух в качестве острого дутья со скоростью на выходе из сопел около 60 метров в секунду. В средней части топки над решёткой образуется зона высоких температур, которая, по современным воззрениям, не подлежит экранированию до высоты в 2,0 метра, считая от зеркала горения. В случае проведения бокового экрана вплоть до полотна решётки, означенная площадь боковых стенок топки перекрывается огнеупором. Глубина топочной камеры в средней части порядка 0,5 L. Хвостовая часть решётки по вышеизложенным причинам перекрывается дожигательным сводом.

Основные особенности колосниковой решётки системы «Ломшаков-Круль» следующие:

1. Полная беспровальность полотна решётки, достигаемая перекрытием колосников решётки гравийной засыпкой с величиной зерна от 8—12 мм (рис. № 2 и № 3);

2. Равномерная бесструйная подача топливному слою воздуха, благодаря лабиринтным каналам засыпки полотна решётки;

3. Интенсивное разрыхление и перемешивание слоя в процессе горения, обеспечиваемое соответствующим профилем и встречнодвижущим ходом колосников при наличии возможности регулировки переталкивания слоя в широком диапазоне.

Полотно решёток «Ломшаков-Круль» набирается из отдельных звеньев, причём у нормального типа («ЛК»), а также у упрощённого типа решёток («ЛК-У») ширина звена = 198 мм, у решёток малого типа («ЛК-М») = 148 мм. Звенья соединяются болтами в ступенчатые ряды, причём к крайним рядам колосников крепятся детали бокового уплотнения.

Решётки типа «ЛК» имеют в качестве опоры колосников трёхрамную конструкцию, причём нечётные ряды монтируются на крайнюю подвижную раму — тележку, передние чётные ряды на вторую и задние — на третью тележку. По-

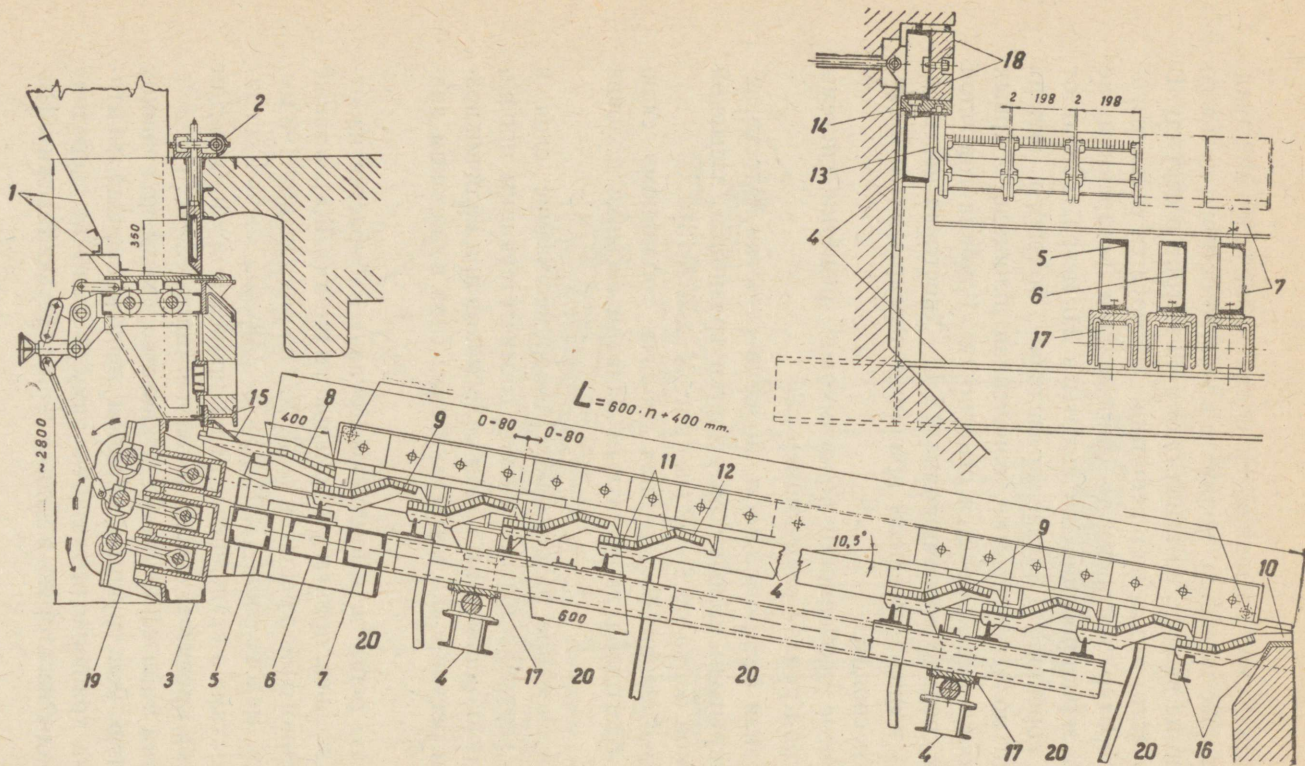


Рис. № 2. Механическая встречнодвижущая наклонно — переталкивающая колосниковая решётка системы «Ломшаков-Круль». 1. Забрасыватель топлива. 2. Шибер. 3. Фронтальная рама. 4. Опорная рама. 5. Подвижная тележка I. 6. Подвижная тележка II. 7. Подвижная тележка III. 8. Передний ряд колосников. 9. Средний ряд колосников. 10. Задний ряд колосников (шлаковые колосники). 11. Спинная сотка. 12. Носовая сотка. 13. и 14. Детали бокового уплотнения. 15. Торцовое уплотнение решётки. 16. Опора шлаковых колосников. 17. Подшипник подвижной тележки. 18. Балка бокового уплотнения. 19. Привод. 20. Устройство позонного дутья.

следний, неподвижный ряд колосников является шлаковой решёткой и опирается на две самостоятельные опорные балки. Применение трёхрамной системы для установки колосниковых рядов по описанной схеме даёт возможность сообщить слою топлива различный эффект переталкивания в верхней и нижней частях решётки, равномерную или шлакоразламывающую шуровку слоя по всей длине решётки, различную в верхней и нижней частях. От привода, имеющего 5+4 ходов, если считать и нулевой ход, при котором вторая и третья рама находятся в одинаковой фазе с первой рамой, движение передаётся на рамы через три кривошипа и шатуна, причём все рамы-тележки движутся на роликах по уклону решётки. Длина хода шуровки от 0 до 160 мм.

Решётки типа «ЛК-У» и «ЛК-М» имеют только две подвижные рамы. Упрощённый привод допускает только выключение и включение второй рамы на 5 различных ходов в зависимости от положения шатунов с длиной хода от 0 до 120 мм.

Подача топлива производится у решёток типа «ЛК» возвратно-поступательным движением плитного забрасывателя с регулировкой количества подаваемого топлива изменением длины хода забрасывателя и положением топливной заслонки. У решёток «ЛК-У» и «ЛК-М» подача топлива на полотно решётки осуществляется из загрузочной воронки-кормушки по направляющим плиткам, установленным с уклоном около  $50^\circ$  к горизонтали.

Толщина слоя регулируется при этом чугуном слоевым шибером с водяным охлаждением.

Во избежание провала топлива и прорыва воздуха изпод решётки в топочную камеру, решётки системы «Ломшаков-Круль» оборудуются боковым уплотнением. Подвижные и неподвижные плитки бокового уплотнения образуют систему лабиринтного типа.

Благодаря рациональной конфигурации колосников, большой эластичности в регулировке шуровки топливного слоя,

Таблица № 3. Габариты и характеристики слоевы

№ пп.	Наименование	Единица измерения	Механические решётки		
			„Ломшаков-Круль“		„Илмарине“
			нормальные типоразмеры	малые типоразмеры	
1.	Назначение: для паров. котла производительн.	т пара/час	7,0—30,0	1,8—10,0	1,0—18,0
2.	Топливо — сланец	сорт	III	III	III
3.	Габариты топочной камеры				
	а. глубина	—	0,5 L	0,5L	—
	б. длина зажигательного свода	—	0,30—0,35 L	0,32 L	—
	в. перекрытие зерк. горения дожигат. сводом	—	0,16 L	0,16 L	—
	г. высота камеры	м	6,0—7,0	4,0—5,0	4,0—6,5
4.	Габариты зеркала горения	м	6,4—7,0	3,7—4,7	2,3—7,0
	а. длина				
	б. поверхность	м <sup>2</sup>	12,5—32,0	3,5—10,0	2,2—30,0
	в. угол наклона	0	10,5	12,0	20 и 25
5.	Вес решётки				
	а. общий вес конструкции	кг/м <sup>2</sup>	630—690	—	400—500
	б. деталей полотна	кг/м <sup>2</sup>	240	—	275
6.	Тепловая нагрузка камеры топки	10 <sup>3</sup> ккал/м <sup>3</sup> час	150—200	150—200	150—200
7.	Тепловая нагрузка зеркала горения	10 <sup>3</sup> ккал/м <sup>2</sup> час	600—825	500—700	500—600
8.	Нагрузка зеркала горения по топливу	кг/м <sup>2</sup> час	240—330	200—275	200—240
9.	Продолжительность горения летучих	сек.	2,0—2,8	2,0—2,8	2,0—2,8
10.	Давление воздуха под решёткой	мм в. ст.	до 60	до 60	0—20
11.	Температура горячего дутья	°C	200	200	120
12.	Живое сечение зеркала горения	%	16	16	12,5
13.	Число переталкивания слоя в мин.	в мин.	2—5	2—5	2—5
14.	Длина относительного хода рядов решётки	мм	0—160	0—120	до 50
15.	Потери $q_3 + q_4$	%	3+2	3+2	5+2
16.	Работоготовность	%	97	97	97

топок для сжигания сланца-кукерсита.

Решётки с ручным обслуживанием					Ш—Р
„ТЗ“	„НПР-М“	«Круль»	„Илмарине“	„НПР-Р“	
4,0—10,0	2,0—10,0	до 1,5	до 1,5	—	до 1,0
II	II	II	I—II	II	I
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
5,0	5,0	—	—	—	—
3,4—4,5	3,4—4,5	—	—	—	—
4,5—10,0	4,5—10,0	до 3,0	до 3,0	до 3,0	до 3,0
20	18	20	20	20	0—5
—	700	—	—	—	—
—	300	350	350	350	350
150—200	150—200	200	200	200	200
700	700	450	450	450	525
250	250	150	150	150	175
2,0—2,8	2,0—2,8	—	—	—	—
до 20	50	—	—	—	—
120	120	—	—	—	—
12,5	12,5	15,0	15,0	15,0	50,0
до 10	2—5	—	—	—	—
до 120	120	60	60	60	—
5+2	5+2	9	9	9	12
97	97	98	98	98	98

интенсивному разрыхлению и перемешиванию слоя в процессе его переталкивания, применению горячего дутья и упорядочению розжига посредством интенсивного продувания, обеспеченного в лабиринтных каналах засыпки достаточно большим живым сечением, составляющим около 16% зеркала горения, — решётки системы «Ломшаков-Круль» являются весьма производительными для сжигания мелкого сланца и допускают быструю перемену нагрузки без особого влияния на степень прогорания слоя. Габариты и характеристики решёток приводятся в таблице № 3.

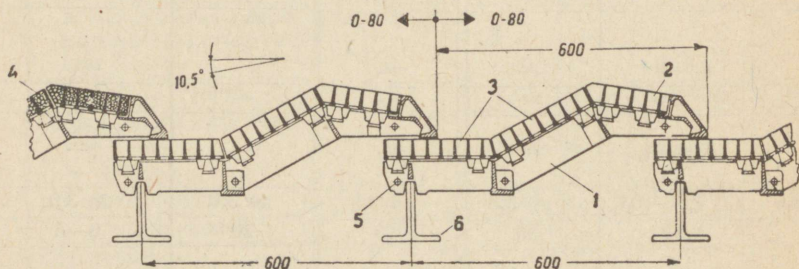


Рис. № 3.

Колосники среднего ряда решётки «Ломшаков-Круль». 1. Колосник. 2. Носовая сотка. 3. Спинная сотка. 4. Засыпка ячеек сотки (гранитный гравий 8—12 мм). 5. Стяжной болт. 6. Опоры колосников.

Решётка типа «Илмарине» (рис. № 4) является механической наклонно-переталкивающей решёткой с чередующимися рядами подвижных и неподвижных колосников для сжигания сланцевой мелочи.

Ступенчатое зеркало горения решётки устанавливается с уклоном против горизонтали в 20 или 25°. Переталкивание слоя осуществляется возвратно-поступательным движением подвижных рядов полотна решётки. Колосниковое полотно состоит из наборных колосников, стянутых болтами в группу шириною от 500—1000 мм. Колосники имеют увеличенную поверхность охлаждения и отличаются лёгкостью конструкции — вес полотна = 250—275 кг/м<sup>2</sup>. К наклонной

части полотна решётки примыкает удлиненный горизонтальный ряд шлаковых колосников. Живое сечение зеркала горения = 12,5%, причём щели для прохода воздуха размещены по спинкам и в передней части колосникового ряда.

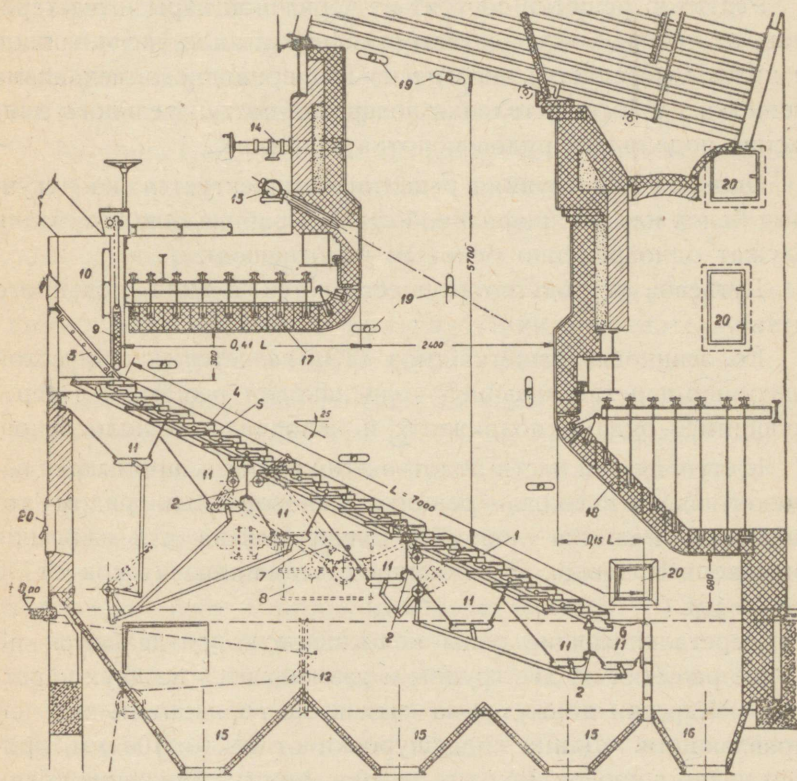


Рис. № 4.

Механическая наклонно-переталкивающая решётка типа «Илмарине». 1. Продольная балка решётки. 2. Поперечная балка. 3. Направляющая плита. 4. Подвижной колосник. 5. Неподвижный колосник. 6. Шлаковые колосники. 7. Приводной механизм. 8. Привод. 9. Слойной шибер. 10. Бункер. 11. Устройство позонного дутья. 12. Шибер воздуховода. 12. Устройство вторичного воздуха. 14. Форсунка. 15. Зольный бункер. 16. Шлаковый бункер. 17. Зажигательный свод. 18. Дожигательный свод. 19. Гляделка. 20. Лаз.

Длина хода шуровки подвижных рядов от 10—45 мм регулируется кулисой. Строятся также решётки с постоянным ходом подвижных колосников в 40 мм, причём регулирование шурования слоя производится изменением частоты шуровок в пределах от 1,5 до 5-ти шуровок в минуту.

Редуктор решётки состоит из червячной пары и шестерёнок, от которых посредством эксцентрика или эксцентриков и кулисы передаётся энергия на вал приводного механизма решётки для осуществления возвратно-поступательного движения подвижных рядов полотна решётки.

Опорная конструкция решётки комплектуется из чугунных балок или из профильной стали. Крайние боковые балки служат одновременно боковым уплотнением.

Дутьевое устройство осуществляется в виде позонного дутья.

Колосниковая решётка типа «ТЗ» является механической наклонно-переталкивающей колосниковой решёткой с чередующимися рядами подвижных и неподвижных колосников.

К ступенчатой части полотна этих решёток примыкает горизонтальная шлаковая решётка с поворотным рядом колосников. Решётка типа «ТЗ» предназначена для сжигания орешкового сланца, т. е. сланца с величиною кусков от 10 до 38 мм.

Переталкивающие ряды колосников подразделяются по длине решётки на две группы и размещаются на двух каретках. Каретки движутся на катках по горизонтальным направляющим. Длина хода шуровки от 24 до 100 мм, причём число шуровок доходит до 10 в минуту. Движение обеих кареток происходит одновременно по взаимно противоположным направлениям, т. е. при движении верхней группы подвижных рядов вперёд, нижняя группа движется назад, и наоборот.

Полотно решётки набирается из ступенчатых колосников шириною в 45 мм.

Подвижные ряды колосников опираются на подвижные

рамы тележки, а неподвижные — на основную раму решётки. Воздух подаётся через горизонтальные щели, расположенные между колосниками.

Шлаковая решётка выполнена, как обычная поворотная решётка с ручным обслуживанием.

Привод колосниковой решётки состоит из смонтированной в коробку скоростей червячной передачи с зубчатыми шестернями, кривошипа с шатуном, кулисы с пальцами для изменения длины хода и приводного механизма.

Толщина слоя топлива регулируется чугунным слоевым шибером с водяным охлаждением, а интенсивность переталкивания топлива по полотну решётки — изменением длины хода подвижных рядов.

Дутьё устроено так, что количество воздуха регулируется позонными клапанами, а при отсутствии позонного дутья — поворотными клапанами на дверцах зольника.

Колосниковое полотно решётки «НПР-М», спроектированной Уральским отделением ЦКТИ по предложению автора данного доклада в качестве опытной установки, состоит из чередующихся рядов неподвижных и подвижных колосников. В головной части полотна установлены сильно наклонённые, почти глухие направляющие плиты, служащие для передачи топлива из шахты на колосниковое полотно. Спинки подвижных и неподвижных колосников выполнены в виде двух наклонённых в разные стороны плоскостей, что должно обеспечить, наряду с переталкиванием слоя, подломку шлака и некоторое разрыхление слоя топлива. Подробности данного проекта решётки опубликованы в информационном письме № 17 ЦКТИ от 1944 г. и в «Техника Когумик» № 1, 1946 г.

Из числа решёток для сжигания сланца с ручным обслуживанием следует отметить два типа наклонно-переталкивающих решёток и горизонтальную решётку с поворотными шиповыми колосниками.

Оба типа наклонно-переталкивающей колосниковой решётки с ручным обслуживанием — решётка «Круль» и «Ил-

марине» — являются решётками с чередующимися рядами подвижных и неподвижных колосников с прямоугольным профилем (рис. № 5). На означенных решётках с успехом сжигается топливный сланец II-го сорта, т. е. сланец с гранулометрическим составом от 10-38 мм, причём не исключена возможность сжигать сланец при величине кусков до 100 мм.

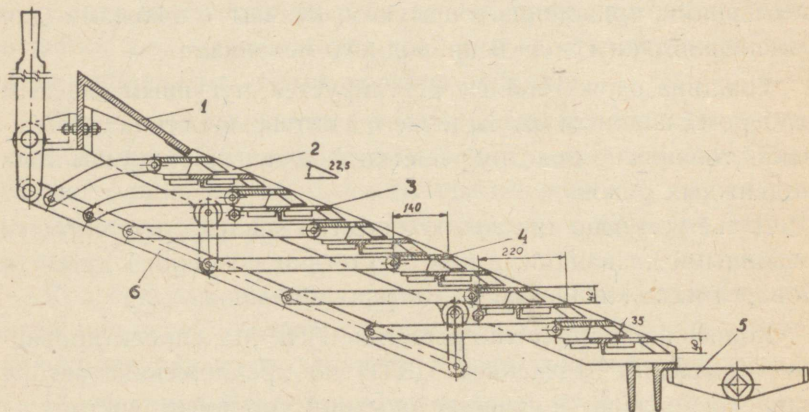


Рис. № 5.

Наклонно-переталкивающая колосниковая решётка с ручным обслуживанием (констр. «Круль»), 1. Направляющая плита. 2. Боковая опорная балка. 3. Неподвижный колосник. 4. Подвижной колосник. 5. Шлаковой колосник. 6. Приводной механизм.

Автором спроектирован новый тип наклонно-переталкивающей решётки с ручным обслуживанием «НПР-Р», конструктивное оформление которой опубликовано в информационном письме № 18 ЦКТИ от 1944 г. и в «Техника Когумик» № 1, 1946 г. Основная разница между предлагаемой автором решёткой и двумя описанными выше решётками заключается в профиле колосников. Новая решётка имеет профиль колосников по ломаной линии, чем в процессе переталкивания обеспечивается и разрыхление слоя, и подломка шлака.

Шиповая решётка является специальной решёткой для сжигания крупного сланца (рис. № 6). В ходе процесса горения

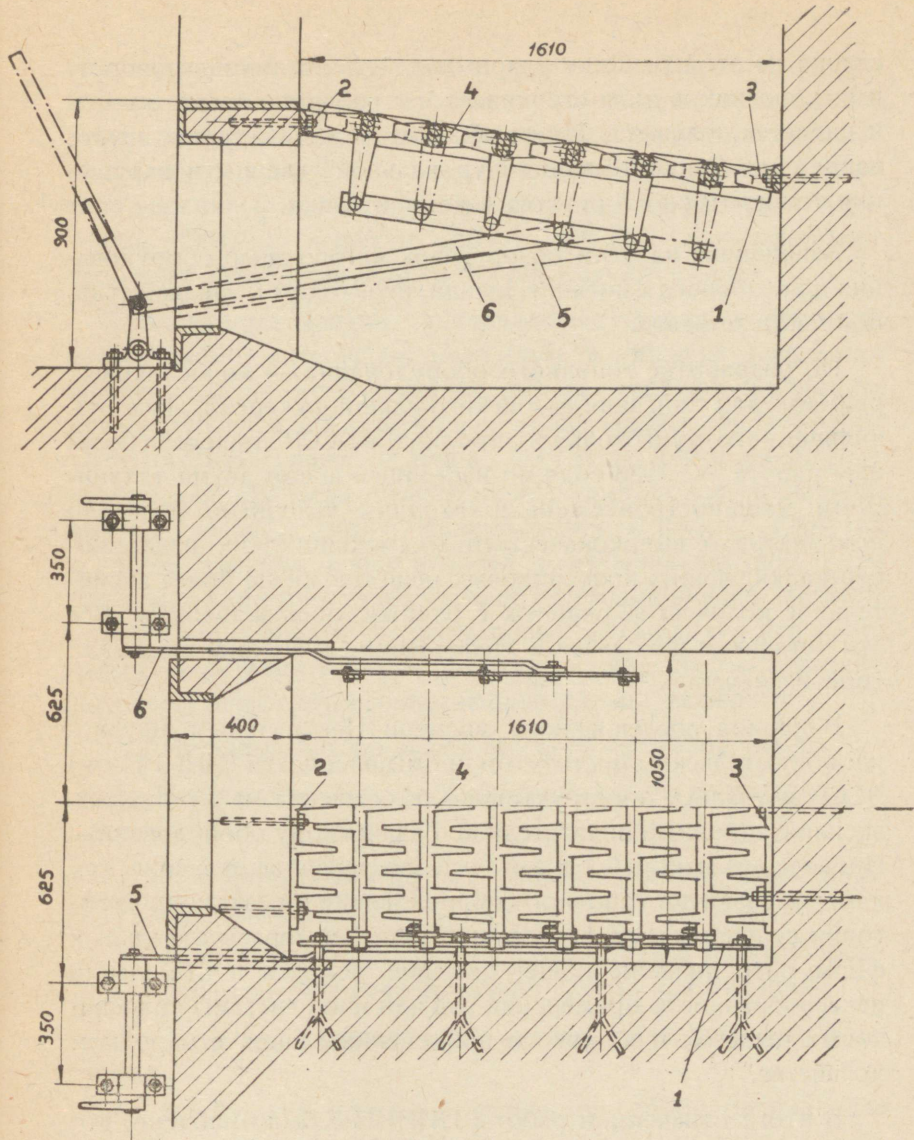


Рис. № 6.

Решётка с поворотными шиповыми колосниками. 1. Боковая опорная балка. 2. Переднее неподвижное звено. 3. Заднее неподвижное звено. 4. Поворотный шиповый колосник. 5. Приводной механизм правый. 6. Приводной механизм левый.

сланца на этой решётке ударным действием шипов поворотных колосников зола стряхивается с горящих в слое кусков и падает в зольник. Таким образом механизмуруется шурование слоя без открывания шуровальной дверцы и нарушения температурного режима в камере топки.

Заканчивая на этом обзор топок и топочного оборудования для слоевого сжигания сланца, переходим к заключительной части доклада.

По разработке топочного оборудования — колосниковых решёток для сжигания эстонского сланца-кукерсита, как специфического многозольного топлива, в ЭССР проведена большая работа. С 1933 года по настоящее время двумя таллинскими машиностроительными заводами выпущено более 40 оригинальных высококачественных механических наклонно-переталкивающих колосниковых решёток и ещё более значительное количество решёток с ручным обслуживанием. Все эти установки находятся в эксплуатации и вполне оправдали своё назначение.

В период послевоенного времени Центральным научно-исследовательским институтом промышленности (ЦНИИП-ом) ЭССР изучалось конструктивное оформление и уточнялись эксплуатационные показатели по означенному оборудованию. Проведение этой работы имело первостепенное значение, так как при развитии топочного оборудования в реакционной Эстонии существенным фактором являлись интересы отдельных фирм, затруднявшие общее решение вопроса в отношении целесообразности применения той или иной системы колосниковых решёток и широкого применения сланца в народном хозяйстве.

В итоге означенной работы ЦНИИП-а было найдено, что механические решётки системы «Ломшаков-Круль» (тип «ЛК» и «ЛК-М») с беспровальным полотном и встречно-движущимися рядами колосников обеспечивают практически полное сгорание слоя топлива на решётке, при минимальном

провале и минимальных химических потерях (ввиду чего суммарные потери в топке не больше 6—8%), отличаясь при этом простотой конструкции при высокой её прочности и лёгкости облуживания, большим тепловым напряжением зеркала горения и высоким пирометрическим эффектом камеры топки. Поэтому решётки «ЛК» и «ЛК-М» были признаны типовыми решётками для сжигания мелкого сланца.

Грандиозные задачи, поставленные перед советскими энергетиками в текущем пятилетии в области внедрения энергетического использования сланца, требуют значительного углубления и развития научно-исследовательских работ по энергетике горючего сланца. Для этого в первую очередь необходимо провести углублённые теоретические исследования по генезису, химии, физико-химии и физике горючих сланцев, ставящие своей задачей построение научной базы для рационализации существующих методов энергетического применения сланца и создания новых методов его использования. При этом отмечаем, что первоочередными задачами по энергетическому использованию сланца являются:

1. Исследование процесса слоевого сжигания сланца.
2. Изучение возможности сжигания сланца во взвешенном состоянии.
3. Разработка конструкции газогенератора малой мощности на сланце.
4. Разработка более совершенных методов золоулавливания в агрегатах для использования сланца как топлива.
5. Изучение влияния жидкого сланцевого шлака на огнеупоры.
6. Разработка нормалей топочного оборудования для сжигания сланца.
7. Разработка типового оборудования малых топочных устройств для сжигания сланца с немеханизированным облуживанием.

Проведение этих важных и ответственных энергетических работ является почётным долгом институтов Академии наук ЭССР, которые приложат все усилия к успешному разрешению этих задач в кратчайший срок.

### **Выступление канд. хим. наук А. Я. Авасте:**

Выявление и исследование торфяных запасов является задачей Министерства земледелия, которое по закону владеет торфяным фондом. Но ввиду других спешных работ, возникших после Отечественной войны, Министерство земледелия не нашло возможности серьёзно заняться этим делом.

Институт промышленных проблем АН ЭССР, считая исследование торфяных месторождений очень важной задачей, организовал эту работу. В настоящее время работают уже 4 разведчика-торфовода.

Лабораторные химические и ботанические исследования проводятся в лаборатории торфа — ИПП. Там же выполняются и другие исследования, связанные с вопросами добычи, переработки и употребления торфа и его продуктов.

Для того, чтобы рационально организовать нашу торфяную промышленность, необходимо в кратчайший срок провести исследования всех наших торфяных залежей.

В отношении механического оборудования наших торфопредприятий и методов торфодобычи мы отстали от других советских республик.

Из видов добываемого топливного торфа у нас на первом месте стоит машино-формовочный торф. Производительность по этому методу слишком мала. Мы должны как можно скорее перейти на более механизированные способы торфодобычи.

Для получения торфа как промышленного энергетического топлива следует применять фрезерный способ торфодобычи.

Для коммунального и бытового употребления, где требуется кусковой торф, необходимо применять багерный способ и увеличивать добычу торфяного брикета. У нас уже намечена постройка нового торфобрикетного завода.

В итоге можно сказать, что исследование торфяных месторождений и переход на более механизированные способы торфодобычи (на фрезерный, багерный и на торфобрикетирование) являются в данный момент наиважнейшими задачами, от выполнения которых зависит будущее нашей торфяной промышленности.

### **Выступление инженера В. В. Шелоумова.**

В буржуазной Эстонии существовало 3 основных типа сланцеперегонных систем — горизонтальные реторты Девидсона, генераторы «Пинч» и тоннельные печи. Каждая система имеет свои положительные и отрицательные стороны. Все эти системы являются, очевидно, жизнеспособными, ибо, несмотря на конкуренцию, они выдержали испытание в капиталистических условиях.

До 1940 года не удалось получить объективных данных для критической оценки способов переработки сланца. Наибольший выход жидких продуктов получается в тоннельных печах. Пропускная способность их может достигать 500—1000 т сланца в сутки.

Реторты Девидсона имеют хорошие показатели, но их пропускная способность ограничена — до 20 т сланца в сутки.

В генераторах «Пинч» получают большие потери лёгких продуктов.

Бичом тоннельных печей является засорение перегревателей. Внешнее засорение получается от летучей золы при повышенных температурах. Внутреннее засорение наблюдается трех видов — сланцепылевое, масляное и зольное последовательно — в начале, в середине и в конце тоннеля. Конечно, резких границ не существует.

Наибольшее засорение получается от конденсации масляных паров в «лисей норе». Сравнивая работу печей в Вайвара и в Кивиыли, можно отметить, что засорение печи в Вайвара меньше, но и перегонка хуже, чем в печи Кивиыли, несмотря на большую прокачку и меньшую толщину слоя.

Это явление и навело на мысль, что значительная прокачка паров, помимо выгона, уменьшает конденсацию паров, но и ухудшает перегонку в Вайвара.

При проектировании тоннельных печей № 1 и № 2 нами приняты особые меры к уменьшению засорения без ухудшения качества перегонки.

К сожалению, в настоящий момент отсутствуют данные о составе и концентрации масляных паров на различных местах перегонки.

Желательно было бы произвести ряд исследований для определения физических констант. Отсутствуют данные о теплопроводности как паров, так и сланца и полукокса.

Научно-исследовательские работы следовало бы организовать таким образом, чтобы можно было скорее получить практические данные для более точных расчётов печей.

### **Выступление тов. Г. В. Гущика.**

В 1937 г. мне, как конструктору завода «Франц Круль», пришлось лично разрабатывать механическую решётку, названную в докладе тов. Труу — системой «Круль-Ломшаков». Оригинальная система Ломшакова не обеспечивала отсутствия провала на сланцах III-го сорта и являлась очень сложной в части колосников и рамы. Пришлось полностью переконструировать боковые лабиринтные уплотнения рамы и сами колосники, оставив прежними их размеры. Оригинальная решётка Ломшакова была установлена в 1936 г. на заводе «Кохила», и через два месяца работы её подняло провалившимся сквозь неё сланцем, так как под решёткой не было предусмотрено бункеров.

В вопросе о боковых охлаждениях я не согласен с мнением инж. Труу о возможности их полного отсутствия для сланцевых топок. На примере разработанной мною лично механической решётки для сланца II сорта, установленной в 1938 г. на кирпичном заводе в Копли и на сланцеперегонном заводе в Силламяэ, было обнаружено, что полное отсутствие боковых охлаждений приводит к образованию больших накоплений спекшейся сланцевой золы. На заводе «Копли» мне пришлось наблюдать образование из этих накоплений полного, замкнутого свода над решёткой. Даже небольшое воздушное охлаждение боковых стенок препятствует подобным накоплениям.

По вопросу о сводах над механическими решётками мне хотелось напомнить случай с котлами завода Кивиыли в 1936 или 1937 году, когда двухнедельные попытки зажечь слой сланца на решётке оказались безуспешными из-за неправильного уклона и недостаточной длины этих сводов. При переделке сводов котлы с лёгкостью были пущены в ход.

8. Доклад действ. члена Академии наук ЭССР, проф.  
П. К. Когермана:

### **Координация научно-исследовательской работы по энергетике горючих сланцев.**

Товарищи! Слово «доклад» слишком громоздко для моего выступления, открывающего дискуссию по поводу необходимости координировать научно-исследовательскую работу в области энергетике горючих сланцев. Вам всем хорошо известно, что научно-исследовательская работа уже давно вышла из того положения, когда ученые, особенно в капиталистических условиях, работали уединенно, часто скрывая свои достижения от соседей. И это вполне понятно, так как засекреченность результатов исследований почти всегда была связана с материальными выгодами. Но уже давно выяснилось, что такое изолированное изучение проблем не только

не отвечает потребностям науки и техники, но и вредит им, задерживая общий прогресс. В течение последних 25 лет бывшие научные центры исследовательской работы — университеты и институты — не удовлетворяют ни научных работников, ни промышленников. В настоящее время во всех крупных капиталистических странах: в США, в Англии, а до Отечественной войны и в Германии, большая часть научно-исследовательских работ уже не проводится профессорами и докторантами при университетах, а выполняется в специальных институтах и лабораториях крупных концернов. Новшества в методике научно-исследовательской работы привели к тому, что в литературе стало появляться множество статей по каждому отдельному специальному вопросу. Кадры научных работников увеличились в десятки раз, по сравнению с тем, чем они были лет 40 тому назад. Для примера напомним лишь сводку из области химии, данную редакцией одного рефератного журнала на 1923 год, где говорится, что если бы химик хотел, как это было 100 лет тому назад, во времена Либиха, овладеть совокупностью познаний во всех разделах химии, то ему понадобилось бы для прочтения быстрым темпом всех рефератов по химии и химической технологии 28 часов в сутки. Темпы роста химической литературы можно выразить в показателях общего числа рефератов во всем разделах химии: в 1923 г. — 23 410, в 1933 г. — 58 290, а в 1939. г. — уже 70 525. При этом удельный вес прикладной химии очень высок по сравнению со всеми другими отраслями химии: число патентов в 1913 г. было 947, а в 1933 году уже 26 113. Поэтому вполне понятно, что одному человеку, будь то инженер или химик, почти невозможно быть в курсе новейших достижений науки, в областях вне своей узкой специальности. И поэтому, если ещё 25 лет тому назад в таких сборниках, как «Успехи химии» у нас в Союзе или в «Annual Reports» английского химического общества, один раздел «Органическая химия», мог редактировать один учёный, то в настоящее время мы видим, что эта работа по-

ручена 4—5 специалистам. Что же касается маленьких институтов, то им не под силу справляться с огромной литературной работой, необходимой для того, чтобы быть в курсе новейших достижений науки и техники.

Уже прошло то время, когда могли появляться такие выдающиеся светила, в известном смысле — энциклопедисты, как Менделеев в России и Бертло во Франции, которые одинаково были «дома» и в вопросах технологии, и в вопросах чистой химии.

Волей-неволей каждый научный работник должен концентрировать всю свою энергию, всё свое внимание в сравнительно узкой области. Но иногда возникают и такие проблемы научного характера, которые требуют комплексного разрешения: так, в вопросах физиологии встречаются медики и химики, в вопросах агрономии — ботаники и химики, в вопросах горючих ископаемых — геологи, химики и инженеры. Для того, например, чтобы полностью охватить все проблемы, связанные с химией и технологией горючих сланцев, нужна дружная совместная работа геологов, горных инженеров, физико-химиков, химиков-органиков и технологов.

В наших условиях социалистической общественности нет оснований избегать совместной деятельности различных институтов потому, что все мы работаем для одной и той же цели, и условия кооперации и сотрудничества у нас несравненно благоприятнее, чем в капиталистических странах. Это бесспорно является нашей положительной стороной, которую следует использовать до максимума.

Понятно, что одному институту не под силу справиться не только с собиранием литературы, но и с овладением всеми методами исследования в их совокупности. И поэтому крупнейшей задачей у нас является координация наших научно-исследовательских работ в области науки и техники с работами других, более старых и богатых опытом, институтов Союзной Академии наук.

Я дам только очень конспективный обзор тех институтов и лабораторий по горючим сланцам, которые имеются у нас.

Так, при факультете естественных и математических наук Тартуского государственного университета имеется отделение химии, в Таллинне существует Политехнический институт со своими лабораториями, где в течение ряда лет производились научно-исследовательские работы; кроме того, ещё до Великой Отечественной войны был организован Институт природных ресурсов, впоследствии реорганизованной в Центральный научно-исследовательский институт промышленности (теперь Институт промышленных проблем при Академии наук ЭССР) и, наконец, Министерство сланцевой и химической промышленности.

Оценивая всю важность научно-исследовательских работ по сланцам, Министерство сланцевой и химической промышленности сочло необходимым иметь свой исследовательский институт.

Центральное и координирующее положение в этой области занимает наша Академия наук, в состав которой входят два института, непосредственно занимающихся проблемами как научного характера, так и промышленных профилей: Институт химии и Институт промышленных проблем. Кроме того, существует Институт архитектуры и строительства, также интересующийся обсуждаемыми здесь проблемами, поскольку минеральная часть сланца может служить базой для получения вяжущих веществ — цемента и сланце-зольного кирпича.

Нашими главными научно-исследовательскими центрами, стоящими вне системы Академии наук являются: Таллинский политехнический институт со своими лабораториями, Тартуский государственный университет и Институт сланцевой промышленности; кроме того, существует целый ряд маленьких отраслевых лабораторий при наших сланцеперегонных заводах, где исследуются проблемы, связанные с изучением химии и технологии горючих ископаемых.

Правильная координация работы необходима ещё и в том отношении, что из-за крайней малочисленности кадров наших специалистов, мы должны всячески избегать параллелизма в работе.

Перед нашей новой Академией стоят крупные задачи, в первую очередь — подбор кадров для новых институтов.

Другим существенным затруднением является недостаток литературы. Какую бы лабораторию из упомянутых институтов мы ни взяли в качестве примера, можно сказать, что все они не имеют достаточно полной литературы по интересующим нас вопросам. Создавать же в Эстонской ССР более или менее полные технические библиотеки в послевоенных условиях — крайне трудно. И поэтому, первый важнейший шаг, который мы должны сделать, это пополнение наших библиотек и контакт со Всесоюзными институтами в целях обмена литературными сведениями. У нас должны быть каталогизированы все интересующие нас монографии и журналы, касающиеся вопросов горючих ископаемых. В первую очередь, нам нужно сотрудничать с Академией наук СССР, главным образом, с её Энергетическим институтом и Институтом горючих ископаемых в Москве, а также и с Всесоюзным сланцевым институтом в Ленинграде (ВНИИПС). Они могут нам помочь не только литературой, но и многолетним опытом проведения научно-исследовательских работ.

В каких формах это можно осуществить? Здесь я могу наметить только некоторые направления, не вдаваясь в детали. В первую очередь, нам надо получить, по крайней мере, каталог или список всех научных книг и периодических журналов, которые имеются в крупных центрах и академических институтах нашей страны. Во-вторых, надо получить сведения о том, какая аппаратура имеется у них для проведения специальных работ, чтобы при составлении тематики нам не пришлось начинать с элементарных шагов; и, в-третьих, не столь важен сам аппарат, как человек, использующий его для научной работы. Важна методика работы.

Вот в общих чертах первые шаги, которые можно наметить с целью установления сотрудничества или кооперации.

Второй не менее существенный вопрос — это подготовка кадров. Как вы знаете, у нас нет возможности готовить молодые кадры и вербовать аспирантуру по всем разделам, касающимся нашей дисциплины. Поэтому целесообразно командировать наших молодых химиков и инженеров в те институты Союза, где уже имеется соответствующая аспирантура и готовые методы для разрешения различных проблем. Без этой кооперации мы, конечно, не сможем разрешить проблем, возложенных на нас послевоенной сталинской пятилеткой.

Мы неоднократно поднимали вопросы тематики. Я это сделал в первом докладе и зафиксировал некоторые темы, которые в первую очередь следовало бы включить в тематику Академии наук Эстонской ССР; список и передан на рассмотрение комиссии.

Наши товарищи из Москвы имеют большой опыт в этом отношении и знают, какие пути кооперации или тесного сотрудничества осуществимы между нашей молодой Академией наук и Академией наук СССР, уже имеющей старые традиции, и мы надеемся, что этим опытом они не преминут поделиться с нами.

Заканчивая свой маленький доклад, выражаю надежду, что наша совместная работа и кооперация, пути которой мы будем сейчас обсуждать, даст нам возможность добиться максимальных успехов (мыслимых при наших ограниченных кадрах, неполных библиотеках и несовершенных лабораториях), а также и глубокую благодарность нашим дорогим гостям из Москвы за ту существенную помощь, которую они нам оказали и готовы оказать впредь.

### III.

## **Решение совещания по использованию горючих сланцев в Эстонской ССР.**

Совещание по использованию горючих сланцев, созванное Академией наук Эстонской ССР, при участии Энергетического института Академии наук СССР, Госплана ЭССР, Министерства сланцевой и химической промышленности ЭССР, заслушав доклады:

академика П. К. Когермана на темы «Обзор исследовательских работ по горючим сланцам ЭССР» и «Координация исследовательских работ по горючим сланцам», канд. хим. наук А. Т. Кылля на тему «Обзор развития и современного состояния сланцевой промышленности ЭССР», доктора технич. наук, проф. А. А. Агроскина на темы «Исследование сланцев как сырья для термической переработки» и «Применение электрического тока для термической переработки угля и сланцев», канд. технич. наук С. М. Григорьева на тему «Классификация углей и сланцев и влияние природы сланцев на их технологические свойства», и инж. Х. К. Труу на тему «Установки для сжигания горючих сланцев» и обменявшись мнениями по этим докладам, констатирует:

Учёными и инженерами Эстонской ССР достигнуты значительные успехи в области генезиса, химии горючих сланцев, их термической переработки и энергетического использования. Вместе с тем, грандиозные задачи, поставленные перед сланцехимической промышленностью Эстонии и других союзных республик в текущей пятилетке, требуют зна-

чительного углубления и развития научно-исследовательских работ по химии, технологии и энергетике сланцев.

Важнейшими направлениями этих работ являются:

I. Углублённые теоретические исследования по генезису, химии, физико-химии и физике горючих сланцев, ставящие задачей создание научной базы для рационализации существующей технологии и создания новых методов использования сланцев.

II. Изучение существующей технологии переработки сланцев для интенсификации и повышения экономичности процессов термической переработки.

III. Разработка новых методов переработки сланцев с целью добиться значительного сокращения капитальных затрат и уменьшения потребности в рабочей силе, путём комплексного использования сланцев.

IV. Рационализация существующих и разработка новых методов энергетического использования сланцев.

Вышеуказанные задачи должны быть решены путём проведения следующих первоочередных научно-исследовательских работ:

По I разделу.

1. Изучение продуктов окисления кукерсита и диктионенового сланца.

2. Определение физико-химических констант диктионенового сланца и кукерсита.

3. Изучение краевых углов смачивания сланцев различными жидкостями, исследования кинетики пропитки сланцевого порошка различными жидкостями.

4. Изучение кинетики поглощения воды сланцевым порошком и его сушки.

5. Определение теплопроводности и температуропроводности сланцев, в зависимости от их природы, грануло состава, влажности, содержания золы и термической обработки.

6. Определение удельного электросопротивления сланцев и вмещающих пород при нагревании.

7. Определение грануло состава сланцев и его влияния на насыпной вес.
8. Изучение газопроницаемости сланцев в зависимости от влажности, грануло состава и термической обработки.
9. Исследование кинетики термического разложения кукерсита и диктионемового сланца в интервале температур от 100 до 1000° С при различных режимах опыта.
10. Определение теплоты реакции разложения сланцев в диапазоне температур от 150 до 1000° С.
11. Исследование кинетики выделения летучих из сланца в интервале до 1200° С.
12. Определение выходов химических продуктов при различной конечной температуре нагрева сланцев.
13. Изучение кинетики и химизма реакции при термическом растворении сланцев.
14. Определение оптимального выхода бензола и его гомологов при пиролизе фракций сланцевой смолы (влияние температуры, свойств фракций и катализаторов).
15. Исследование свойств сырого бензола, получаемого при термической переработке сланцев.
16. Исследование швель-газа и крекинг-газа сланца как сырья для получения спиртов, полимерного бензина и элементарной серы.
17. Выделение и изучение сернистых соединений смолы кукерсита и диктионемового сланца.
- 17-а. Изучение состава фракций сланцевой смолы хроматографическим и спектроскопическим методом.
18. Изучение на гидравлических и воздушных моделях процессов и аппаратов для термической переработки и энергетического использования сланцев.

По II разделу.

19. Исследование возможностей использования пылевидного сланца во взвешенном состоянии для процессов швелования и пиролиза.
20. Применение циркуляции газов в генераторах «Пинч».

21. Исследование в опытной установке швелевания диктионемового сланца.

22. Исследование отходов ректификации сланцевого бензина и дизельного топлива, производство фенола и пластмасс на базе фенолов, синтетических дубителей и т. д.

23. Исследование пиролиза в паровой фазе при фракционированной конденсации жидких швель-продуктов (в системе тоннельных печей).

24. Исследование методов энергетического и химического использования сланцевого полукокса.

25. Разработка теоретических основ расчёта сланцеперегонных печей.

26. Исследование возможностей брикетирования сланцевой мелочи в целях использования её как технологического сырья и энергетического топлива.

27. Изучение отдельных пластов сланцевых месторождений в целях их оптимального технологического использования.

28. Исследование возможностей производства строительных материалов на базе пустой породы и известковых конкреций сланца.

28-а. Исследование подсмольных вод в целях их использования и обезвреживания.

По III разделу.

В числе новых методов переработки сланцев особого внимания заслуживает подземная перегонка сланцев и полукоксование мелкозернистого сланца, в частности, по методам, предложенным Энергетическим институтом Академии наук СССР.

29. Изучение газопроницаемости различных пластов сланца и окружающих горных пород в зависимости от термических условий.

30. Изучение скорости прогрева пласта сланца в зависимости от влажности, содержания и состава органической массы и других факторов.

31. Детальное геологическое исследование отдельных участков сланцевых месторождений, наиболее пригодных для проведения опытных работ по подземной перегонке сланцев.

По IV разделу.

32. Разработка конструкции газогенератора малой мощности на сланце.

33. Разработка совершенных методов золоулавливания в агрегатах для использования сланцев.

34. Изучение влияния жидкого сланцевого шлака на огнеупоры.

35. Исследование процесса горения сланцев в слое и в камере.

36. Изучение возможности сжигания сланца во взвешенном состоянии.

37. Разработка нормалей топочного оборудования для сжигания сланца.

38. Разработка типового оборудования малых топочных устройств для сжигания сланца с немеханизированным обслуживанием.

Столь большой и ответственный объём научно-исследовательских работ может быть успешно осуществлён в кратчайшие сроки только при условии тесной кооперации Академии наук ЭССР с отраслевым Институтом Министерства сланцевой и химической промышленности ЭССР, Таллинским политехническим институтом, а также с Энергетическим институтом и Институтом горючих ископаемых Академии наук СССР.

Учитывая положительные результаты проведённого совещания, следует в дальнейшем практиковать научно-технические совещания такого рода, созывая их примерно один раз в квартале.

#### IV.

### **Заключительное слово председательствующего, действ. члена Академии наук Эстонской ССР, проф. О. А. Маддисона.**

Разрешите мне сказать в заключение несколько слов по поводу работ настоящего совещания. Красной нитью в продолжение всего совещания проходит потребность соединения теории с практикой. До сих пор мы занимались чистой эмпирикой. Мы слышали о тех затруднениях, которые возникают при швелевании.

Причиной же этих затруднений является то, что у нас ещё нет точных данных о физико-химической природе керогена.

Академик Когерман отметил в своём докладе, что необходимо обратить внимание на исследование керогена; затем, доктор технических наук Агроскин подчеркнул необходимость определения констант сланца, привёл примеры, назвал книгу К. Лутса.

Здесь дело касается некоторых цифр, на которые нельзя положиться и которые ничего не дают и ничего не выражают. Явно выступает необходимость теоретической разработки вопроса, так рельефно подчёркнутая тов. Григорьевым. Теоретические вопросы, преподанные в отвлечённой форме, не так хорошо воспринимаются в тех случаях, когда они выражены либо цифрами, либо формулами. Графическое изображение даёт нам большую наглядность, и именно за этот почин я приветствую тов. Григорьева.

В графике треугольника, на площади которого были распределены все данные об имеющихся горючих ископаемых,

имелась масса пустых мест. Вероятно, найдутся ещё горючие ископаемые, которые с течением времени покроют все эти пустые места. Теоретическое исследование надо ставить во главу угла, но при этом необходимо не упускать из вида и практическую сторону, чтобы теория плюс практика — давали как раз то, что нам нужно. Это была теоретическая сторона нашей работы.

Мы прослушали также ряд докладов чисто практического характера. На один из них я хотел бы обратить внимание, вернее — на прения, последовавшие за этим докладом.

Тов. Михалюк изобразил тяжёлое положение добычи сланца на месте. Необходимо добыть громадное количество тонн, и это возможно только при известной механизации, введение которой сопряжено с крупными затруднениями. Присутствовавшие здесь горные инженеры выразили мнение, что механизация возможна, но что для этого надо порвать со старыми традициями. Товарищ Сталин говорил, что старые традиции пригодны, хороши до тех пор, пока они не являются препятствием, но когда они начинают препятствовать делу, то их нужно уничтожать и заменять новыми. Предложение тов. Вухта именно и состоит в таком новаторстве. Правда, его мысль далеко не нова, он пытался осуществить её на деле уже давно, лет 20 тому назад, но это ему не удалось, так как тогда существовали известные традиции, которые, к сожалению, живы и по настоящее время. Чтобы добыть то количество сланца, которое предвидено планом, необходима механизация, а механизация возможна только в том случае, если мы решимся порвать со старыми традициями.

Эти старые традиции заключаются в том, что мы вынимаем сланец в почти чистом виде, по возможности без всяких примесей известняка. Механизировать такую выемку почти невозможно. Нужно отказаться от чистого сланца и удовлетвориться смесью сланца с некоторым количеством пустой породы. До сих пор мы получали выход масла до 22% и

всё время добивались этой цифры, а её можно добиться только выгонкой масла из чистого сланца; если же допустить примесь известняка в пределах механизированной сортировки, выход масла будет равняться приблизительно 17%. Из-за этих 5% разницы мы боимся перейти на понижение выхода масла за счёт широкой механизации. Если мы этого вопроса не разрешим, то и впредь будем стоять перед большими затруднениями, о которых говорил тов. Михалюк.

Если нам удастся разработать и применить новые методы выработки сланца, и в соответствии с этим также новые технологические методы переработки такового, то я уверен, что мы добьёмся даже больших результатов, чем это предназначено настоящей пятилеткой. Но для этого нам предстоит ещё огромная работа по внедрению новых методов в производство. И я бы сказал — не только работа, но также и борьба как с неизбежно возникающими трудностями, так и с отживающими, ложными традициями.

Я твёрдо надеюсь, что проделанная здесь, на совещании, работа принесёт немалую пользу нашему общему делу для блага Родины — выполнению заданий сталинской пятилетки и, когда мы разойдёмся по своим рабочим кабинетам и лабораториям, то, конечно, наша дальнейшая работа, оплодотворённая обменом мнений и опытом, окажется более продуктивной и целеустремлённой.

В этом большая заслуга наших дорогих гостей из Москвы, которым я считаю своим приятнейшим долгом выразить искреннюю благодарность как от имени наших местных учёных, так и от себя лично.

На этом я позволю себе закончить наше совещание.

## Содержание.

	Стр.
Цель и задачи совещания . . . . .	3
I. Открытие совещания . . . . .	5
1. Вступительное слово председательствующего на совещании академика-секретаря отделения физико-математических и технических наук Академии наук ЭССР, проф. О. А. Маддисона . . . . .	5
2. Приветствие представителя Академии наук СССР, члена-корреспондента Академии наук СССР тов. А. Б. Чернышова . . . . .	7
3. Приветственное слово академика-секретаря Академии наук ЭССР, проф. Ю. Ю. Нута . . . . .	8
II. Рабочая часть совещания . . . . .	10
1. Доклад действ. члена Академии наук ЭССР, проф. П. К. Когермана: Обзор научно-исследовательской работы по горючим сланцам в Эстонской ССР . . . . .	12
2. Доклад канд. хим. наук А. Кылля: Обзор развития и современного состояния сланцевой промышленности в Эстонской ССР . . . . .	
1. Начало производственной деятельности в сланцевом районе . . . . .	23
2. Развитие промышленности сланцев до второй империалистической войны и её состояние во время войны . . . . .	24
3. Восстановление сланцевой промышленности и основные направления её развития в текущей пятилетке . . . . .	31
4. Задачи научной мысли в связи с восстановлением и дальнейшим развитием сланцевой промышленности . . . . .	32
3. Прения по докладам действ. члена Академии наук проф. П. К. Когермана и канд. хим. наук А. Кылля . . . . .	33
Выступление канд. хим. наук Х. Т. Раудсеппа . . . . .	33
Выступление главного инженера комбината «Эстонсланец» П. П. Михалюка . . . . .	34
Выступление доктора технич. наук, проф. А. А. Агроскина . . . . .	36
Выступление члена-корреспондента Академии наук СССР А. Б. Чернышова . . . . .	37

	Стр.
Выступление инженера В. В. Шелоумова . . . . .	37
Выступление доцента Таллинского политехнического инсти- тута О. Вухта . . . . .	40
4. Доклад доктора технич. наук, проф. А. А. Агроскина: Исследование сланцев как сырья для термической пере- работки . . . . .	43
1) Физические методы исследования сланцев . . . . .	44
2) Физико-химические исследования сланцев . . . . .	51
3) Технологические методы исследования сланцев . . . . .	54
Выводы . . . . .	59
Литература . . . . .	60
5. Доклад канд. технич. наук С. М. Григорьева: Класси- фикация горючих ископаемых и их технологические свойства Стехиометрические соотношения в процессе превращений каустобиолитов . . . . .	62
Материальные балансы процессов образования различных каустобиолитов из растительного материала . . . . .	75
Выводы . . . . .	81
Литература . . . . .	83
6. Доклад доктора технич. наук, проф. А. А. Агроскина: Применение электрического тока для термической пере- работки твёрдого топлива . . . . .	83
1. Электрококсование . . . . .	84
2. Полукоксование электрическим током . . . . .	104
3. Электрогазификация . . . . .	104
4. Подземная перегонка углей и сланцев при помощи электрического тока . . . . .	106
Выводы . . . . .	114
Литература . . . . .	115
7. Доклад инженера Х. К. Труу: Топки для сжигания горю- чего сланца . . . . .	116
Выступление канд. хим. наук А. Я. Авасте . . . . .	136
Выступление инженера В. В. Шелоумова . . . . .	137
Выступление тов. Г. В. Гущика . . . . .	138
8. Доклад действ. члена Академии наук ЭССР, проф. П. К. Когермана: Координация научно-исследовательской работы по энергетике горючих сланцев . . . . .	139
<b>III. Решение совещания по использованию горючих сланцев Эстонской ССР . . . . .</b>	<b>145</b>
<b>Заключительное слово председателствующего, действ. члена Академии наук Эстонской ССР, проф. О. А. Маддисона . . . . .</b>	<b>150</b>

*Vastutav toimetaja*  
*P. Kogerman.*

*Tehniline toimetaja*  
*A. Pill.*

Ladumisele antud 16. VIII 47.  
Trükkimisele antud 17. II 48.  
Paberi kaust 61×86.  $\frac{1}{16}$ . Trüki-  
poognaid  $9\frac{3}{4}$  + lisa  $\frac{3}{8}$ . Autori-  
poognaid 68. Arvestuspoognaid  
7,6. MB 01096. Laotihedus trpg.  
32800. Tiraaž 1200. Trükikoja  
tellimus nr. 1543.  
Trükikoda „Tartu Kommunist“,  
Tartu, Ülikooli 21/23.