

Комитет по химизации при Средневолжском крайплане.

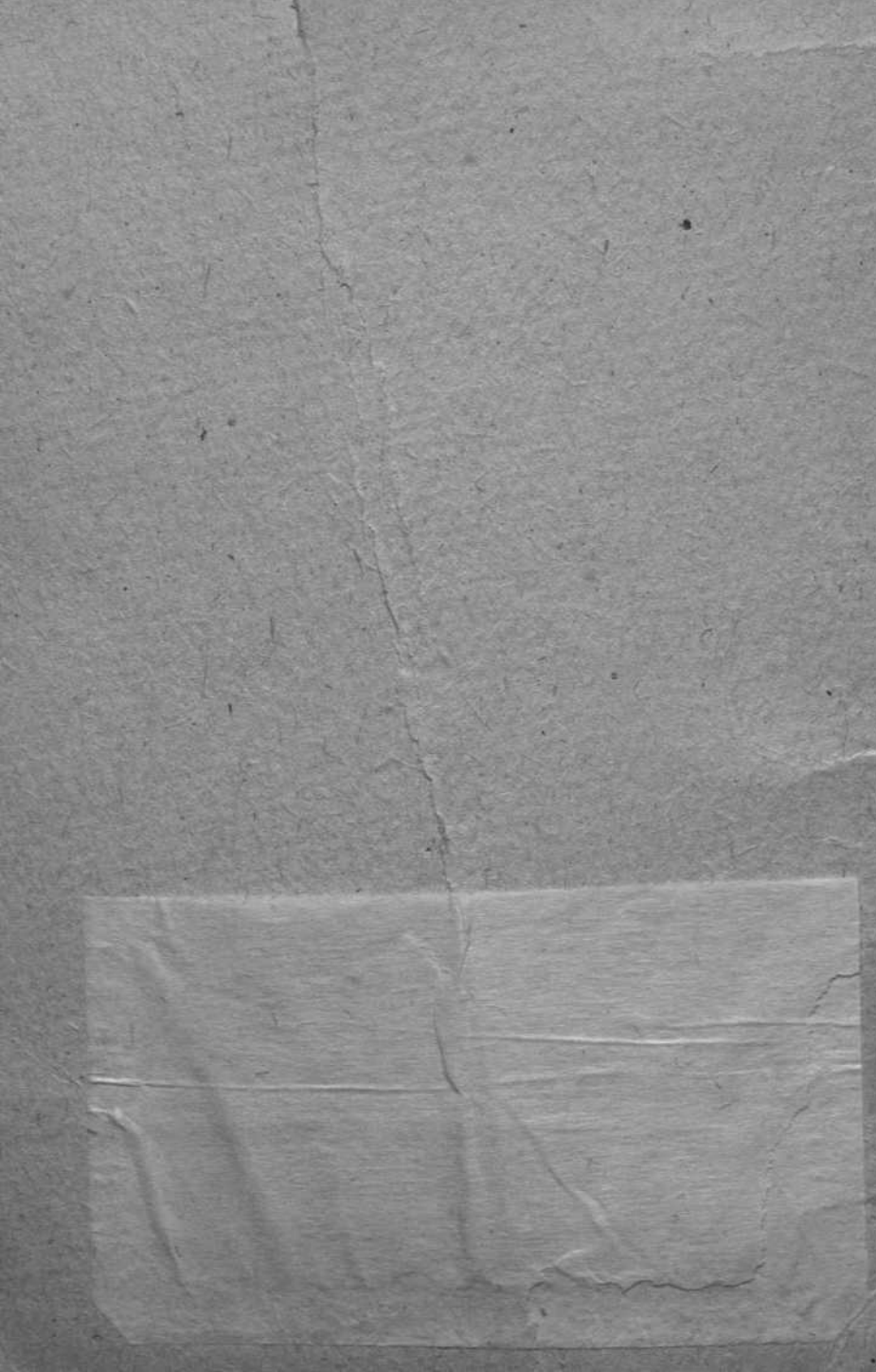
58 (47.86)
Г-34
С. Я. Гендельман.

СЛАНЦЫ СРЕДНЕЙ ВОЛГИ И ИХ ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА

Материалы ко второму пятилетнему плану
Средневолжского края.

==

САМАРА.
1932.



Комитет по химизации при Средневолжском крайплане.

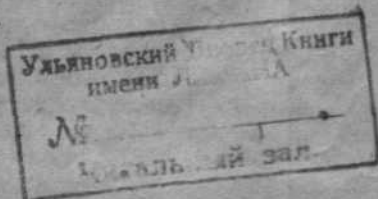
338/47.86

Г-34

С. Я. ГЕНДЕЛЬМАН.

6053/4
48v
Г-34
СЛАНЦЫ СРЕДНЕЙ ВОЛГИ
И ИХ ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА.

Материалы ко второму пятилетнему плану
Средневолжского края.



Издание комитета по химизации при Средневолжском крайплане.

САМАРА.

1932.

Редактор З. Б. ЛИВЯНТ.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Вопрос о практическом использовании Средневожских сланцев актуально стал впервые в 1919 году в связи с резким обострением топливного кризиса в период гражданской войны. В 1919—1921 г. г. были заложены рудники на Кашпире и в Ундорах, сланец усиленно потреблялся в Сызранском и Ульяновском районах в качестве топлива.

Впоследствии, параллельно с восстановлением и реконструкцией Донбасса и нефтяной промышленности, интерес к сланцевому делу, рассматривавшемуся почти исключительно с точки зрения местного топливного ресурса, естественно заглох: на смену сланцам вновь пришли более „благородные“ виды топлива.

В течение целого ряда лет добыча сланца велась в небольшом размере только на Кашпире для снабжения сырьем небольшой полукустарной установки по производству ихтиола в Осташкове. Лишь по истечении 6—7 лет, в начале первой пятилетки, в связи с гигантским ростом потребности страны в топливе и все более острой необходимости внедрения местных топливных ресурсов, снова ставится в порядок дня сланцевая проблема.

Постановление ЦК ВКП(б) от 15 февраля 1930 года по докладу Средневожского Крайкома партии о хозяйственных перспективах Средней Волги ставит одной из важнейших задач края широкое использование сланцевых ресурсов и в качестве топлива, и в качестве химического сырья.

Результаты развернувшейся вслед за тем научно-исследовательской работы по изучению вожских сланцев, с привлечением целого ряда крупнейших специалистов Союза (проф. Раковский, проф. Ключвин, работники Научно-исследовательского института Грознефти и ряд других), открывают широчайшие перспективы использования и переработки горючих сланцев не только как топлива, но также как ценного химического сырья.

Комплексное использование горючих сланцев при различных методах химической переработки позволяет получить такие продукты, как авиационный бензин, бензол, толуол и моторное топливо (при гидрогенизации сланцевых смол или даже непосредственно твердого сланца); высокотемпературная перегонка („коксование“) сланцев дает огромные количества богатого водородом сланцевого газа, на базе которого возможна организация синтеза аммиака; низкотемпературная перегонка даст большое количество смолы, при дальнейшей переработке которой получают моторное топливо, фенолы, крезолы и другие продукты. В качестве отходов производства, после очистки газа, могут быть получены огромные количества кристаллической серы, и высококалорийного очищенного газа, представляющего собой один из наиболее ценных видов топлива, удовлетворяющий наиболее строгим технологическим требованиям. Пек и смола высокотемператур-

ной перегонки являются полуфабрикатами для производства **пластических масс, смол**—также для производства искусственного гудрона; зола, получаемая при сжигании сланцев, и кокс (полукокс), получаемый при сухой перегонке сланцев, служат полуфабрикатами для производства целого ряда **строительных материалов**: сланцевого цемента, кирпича, искусственных камней и плит.

Не приходится в свете этих перспектив слишком много говорить о всем значении развития сланцевой промышленности.

Развертывание сети тепло-электроцентралей на сланцах в центральной части края подводит твердую энергетическую базу под все хозяйственное развитие этой части края, при том такую базу, которая совершенно не зависит от каких-бы то ни было видов дальнепривозного топлива. Газификация сланцев, производство удобрительных туков на синтетич. аммиаке и на базе местных фосфоритов, производство жидкого моторного топлива из сланцев—явятся могучим средством **технической реконструкции сельского хозяйства края и его общего индустриального развития**.

Этим не ограничивается все значение сланцевой проблемы. Развитие на сланцах основной химической промышленности (азотная кислота, синтез аммиака), получение таких продуктов, как кристаллическая сера, авиац. бензин, бензол, толуол имеет огромное значение для **всего народного хозяйства Союза и содействует укреплению его обороноспособности**.

С другой стороны, ирригация обширных засушливых площадей Заволжья—в связи с решением Партии и Правительства о постройке Камышинской плотины на Волге—вызовет огромный спрос со стороны этого района на минеральные удобрения.

Применение удобрений на орошаемых землях обещает дать исключительный эффект. Валуйская опытная станция*) приводит примеры, когда средний урожай пшеницы в условиях опытного поля при применении искусственного орошения и внесении в почву минеральных удобрений возрос с 4,7 центнеров до 44 ц. на гектар; урожай кукурузы под влиянием минеральных удобрений без орошения достигал, по тем же данным, 380 ц, с орошением—629 ц. Применение минеральных удобрений к свекле повышает урожай на 50 ц. Но даже независимо от этого эффекта усиленная эксплуатация земли при ирригации делает **обязательным условием систематическое внесение минеральных удобрений в почву**.

По минимальным подсчетам агрогруппы Бюро Большой Волги потребность орошаемых в Заволжье земель составит около 72 тыс. тонн азота и 168 тыс. тонн фосфорной кислоты в год в переводе на чистое питательное вещество. Значительную часть этой потребности, главным образом, в отношении азотных туков, может покрыть **сланцевая химическая промышленность**.

*) По материалам Всесоюзной конференции по борьбе с засухой.

Все это превращает горючие сланцы в одну из интереснейших проблем второй пятилетки и генерального плана развития народного хозяйства Союза.

Краевые организации, придавая исключительное значение развитию сланцевой промышленности, вместе с тем отдают себе отчетливое представление обо всех трудностях, стоящих на пути освоения этого, совершенно нового как с технологической, так и с экономической точки зрения дела.

Предлагаемая работа является первой попыткой обобщить имеющийся опыт научно-исследовательской работы по сланцам, сделать из него практические выводы и дать комплексную наметку развития сланцевой химической промышленности Средневолжского края в ближайшее время^{*}).

В дальнейшем предполагается таким же образом осветить и другие стороны научно-исследовательской работы по сланцам: использование сланцев в качестве топлива и применение отходов сланцевой промышленности—золы и полукокса—в качестве строительных материалов.

Но вслед за научно-исследовательскими работами должна последовать самая тщательная проверка уже достигнутых результатов в ползаводском масштабе. От скорейшей организации опытов в ползаводском масштабе зависят приступ к техническому проектированию и реализация наметок второй пятилетки.

Вступление в строй недавно законченного, первого в Союзе, опытного сланце-перегонного завода на Кашпире создает производственную базу для дальнейших работ. Отсюда: требование к сланцевой промышленности—развернуть все необходимые изыскания с достаточной быстротой и широтой для того, чтобы обеспечить своевременное проектирование и строительство сланцевых химических предприятий второй пятилетки.

Вместе с тем должно быть покончено с еще довольно распространенным бесплодным скептицизмом по отношению к комплексному-энергетическому и химическому использованию богатейших запасов Волжских сланцев. Неумение, а иногда и нежелание поднимать и разрешать такие новые проблемы, как проблема сланцев, достаточно долго служили одним из препятствий к развитию сланцевой промышленности.

В свое время ЛЕНИН проявлял большой интерес к горючим сланцам. Еще в 1922 году в своем известном письме в Президиум ВОНХ, отмечая большие перспективы сланцевой промышленности в России, он предлагал:

^{*}) Разумеется, разбираемый ниже вариант развития сланцевой промышленности мы не рассматриваем как последнее слово в этом направлении. Он выдвигается лишь в порядке постановки вопроса, и всякая дискуссия вокруг вопроса о направлении развития сланцевой промышленности должна будет содействовать наиболее широкому освещению этой проблемы.

1) Немедленно обеспечить в финансовом отношении дальнейшее развитие этих работ*).

2) Устранить и впредь устранять всяческие препятствия, тормозящие их*).

Тем более, во второй пятилетке горючие сланцы Средней Волги должны включиться на службу народному хозяйству Союза.

Комитет по химизации при Средневолжском Крайплане.

*) Работ по сланцам группы инженеров во главе с т. Губкиным.

1. Сырьевая база.

Средне-Волжский край располагает самыми богатыми в СССР запасами горючих сланцев. Месторождения горючих сланцев Ср. Волги сосредоточены в 3-х районах: на Кашпире (около Сызрани), в Ундорах (по Волге, выше Ульяновска) и на Общем Сырте. Общие запасы горючих сланцев в этих районах определяются миллиардами тонн, составляя, таким образом, вполне осязательную величину в общей сумме энергетических ресурсов Союза.

Так как общие сведения о широком распространении горючих сланцев в Среднем Поволжье достаточно известны и неоднократно опубликовывались в печати, мы здесь ограничиваемся лишь ссылкой на известный подсчет крупного знатока горючих сланцев—геолога А. Н. Розанова. По данным последнего возможные запасы горючих сланцев на территории Ср.-Волжского края, за вычетом той части месторождения Общего Сырта, которая приходится на долю Нижней Волги и Казахстана, и отбрасывая все запасы ниже уровня текущих вод, определяются в следующих размерах:

Общий Сырт	7.100 мил. тонн
Кашпир	100 „
Ундоры	400 „

Итого . 7.600 мил. тонн¹⁾

Детальные геолого-разведочные работы последних лет полностью подтверждают огромную мощность этих месторождений.

Действительно, общие запасы Кашпирских сланцев по последним данным²⁾ определяются уже не в 100, а в 182 мил. тонн, что почти вдвое превышает ранее предполагавшиеся здесь запасы. Из этого количества на промышленные запасы приходится 138 млн. тонн, на запасы категории А+В—92 мил. тонн (в том числе—66 мил. тонн пром. запасов).

Теплотворная способность Кашпирских сланцев характеризуется следующими цифрами:

1 пласт	3.284 калор.
2 „	2.205 „
3 „	2.156 „

В среднем . . . 2.497 калор.

¹⁾ Сборник материалов 1-й Ср.-Вол. конференции по изучению производств. сил края „Энергетика и промышленность”—А. Н. Розанов. Горючие сланцы Ср. Вол. края, стр. 43.

²⁾ Полученным нами от Ср.-Волжского геолого-разведоч. треста.

На Общем Сырте запасы горючих сланцев на 3-х участках „А“, „В“ и „С“ только по категориям $A_2 + B$ в настоящее время определяются в размере около 1564 мил. тонн. Помимо 37 мил. тонн запасов у с. Сергеевки утвержденных по категории A_2 еще в 1931 г., в ближайшее время предполагается перевести из категории В в категорию А еще 127 мил. тонн запасов у хутора Макарьевского, и 200 мил. тонн из категории С на участке „А“. Следовательно, на сегодняшний день можно уже определять запасы категории A_2 на Общем Сырте (в пределах только Ср.-Волжского края) цифрой порядка 400 (четыреста) миллионов тонн. В числе этих 400 мил. тонн — около 80 мил. тонн сланцев с теплотворной способностью в 3500 калорий.

Помимо ранее известных месторождений Общего Сырта, поисковыми работами в 1931 году обследован новый участок в районе села Гришкина (где в предшествующем году партией НИУ было обнаружено крупное фосфоритовое месторождение); запасы горючих сланцев на этом участке, по предварительным подсчетам, определяются в размере 180 мил. тонн, из которых около половины может быть признано запасами промышленного значения (теплотворная способность от 1600 до 1800 калорий).

В Ундорах, несмотря на слабое развертывание разведочных работ, установлено запасов по категориям $A_2 + B$ свыше 50 мил. тонн.

Следует также упомянуть о том, что в самое последнее время обнаружены интересные, повидимому, месторождения горючих сланцев в совершенно новых районах: под Оренбургом и в Мордовской области. Промышленное значение этих месторождений выяснится после производства соответствующих геолого-разведочных изысканий.

Таким образом, одни только разведанные запасы горючих сланцев Ср. Поволжья обеспечивают их промышленную эксплуатацию в крупнейшем масштабе на много десятков лет.

II. Общие замечания о перспективах промышленного использования горючих сланцев.

В сланцевой проблеме следует различать две стороны: во-первых, использование горючих сланцев в качестве топлива и, во-вторых, применение их в качестве химического сырья.

Использование сланцев, как крупнейшего топливо-энергетического ресурса в настоящее время не оставляет никаких сомнений; ряд предприятий Ср. Волги успешно сжигает сланцы, как в промышленных печах (кирпичные, известковые заводы), так и в топках под котлами (толево-рубероидный завод, мельницы Союзмуки и пр.).

Вместе с тем известно, что современная техника создала такие условия для сжигания низкосортных топлив, при которых несомненно и сланцы в ближайшее время смогут также сжигаться в крупнейших механизированных установках — в топках под котлами тепло-электро-централей — с высоким коэффициентом полезного действия. В настоящее время уже ведутся подготовительные работы к постройке крупной сланцевой тепло-электро-централи на Кашпире под Сызранью — первой сланцевой станции из числа намечаемых к строи-

тельству во 2-й пятилетке (первая очередь этой станции—48 тыс. килов.—должна быть сдана в эксплуатацию в начале 1934 года).

В более широкой постановке проблема сланцев, как топлива, сводится к вопросу о наиболее рациональной и эффективной, с экономической точки зрения, форме сжигания сланцев для различных целей и в различных условиях, о сжигании сланцев в натуральной форме твердого топлива, о превращении их в жидкое топливо и об их газификации.

Химическая переработка сланцев представляет собой значительно более сложную проблему. Горючие сланцы, как, впрочем, и большинство других видов топлива, представляют собою исходное сырье для самых разнообразных химических производств. Научно-исследовательская мысль в последнее время открывает все новые и новые возможности химической переработки и применения горючих сланцев.

Наибольший интерес представляют следующие основные возможные направления переработки горючих сланцев:

а) сухая перегонка в обычных условиях (без доступа воздуха) при относительно низких температурах (около 500°), или, так называемое, „швелование“, и последующая разгонка полученной при этом смолы;

б) использование водорода газа, получаемого при высоко-температурной перегонке („коксование“ при T° от 900° до 1100°),—для синтеза аммиака с целью производства азотных удобрений;

в) гидрогенизация смолы, получаемой при швеловании горючих сланцев.

Горючие сланцы, рассматриваемые как крупнейший энергетический ресурс, представляют собой во 2-й пятилетии—и впредь до вступления в строй Волгостроя—основную энергетическую базу центральной части края (Ундоро-Ульяновский, Самаро-Сызранский район и район Общего Сырта-Бузулука) и должны будут оставаться основным источником топлива для технологических целей и бытовых нужд, независимо от реализации Волгостроя. С другой стороны, горючие сланцы, как сырье для химической промышленности, являются базой для химизации края, и развитие сланцевой химической промышленности тесно связывается с задачей насыщения сельского хозяйства удобрениями и химикатами для борьбы с вредителями, следовательно—с задачами технической реконструкции, технического под'ема сельского хозяйства края.

Вопрос о развитии сланцевой промышленности, таким образом, заключается вовсе не в том, чтобы сланцам найти применение, но в том, чтобы произвести выбор такого направления переработки горючих сланцев из разнообразных возможных способов их применения и в таком размере, которые наиболее соответствовали бы интересам края и народного хозяйства страны в целом в ближайшем будущем. Другими словами, все проектировки по сланцевой промышленности края должны быть органически связаны со всем развитием и потребностями народного хозяйства края.

Под этим углом зрения и делается попытка в дальнейшем рассмотреть проблему развития сланцевой химической промышленности края в ее отдельных частях.

Из только что указанных трех основных направлений переработки сланцев, сухая перегонка без доступа воздуха производится в закрытых ретортах или печах камерного типа (подобных тем, в которых происходит коксование каменного угля), путем внешнего обогрева. Если при этом T^0 внутри реторт или печей не поднимается выше, примерно, 500^0 , то мы имеем дело с так называемым „швелеванием“ или „полукоксованием“ сланца, при чем из сланца при такой T^0 перегонки выделяется большое количество смолы и относительно малое количества газа. Смола, полученная при „швелевании“ сланца, может быть подвергнута или непосредственно дальнейшей переработке, так называемой, дробной разгонке на фракции (части), выкипающие при разной T^0 , для дальнейшей их химической переработки и очистки, или пойти на гидрогенизацию.

Напротив, если сухую перегонку вести при T^0 от 900^0 до 1100^0 („высокотемпературная перегонка“ или „коксование“ сланца), то выход смолы при этом резко снижается, и в такой же мере возрастает выход газа. Последний, как показали исследов. работы научных институтов, весьма богат водородом, по содержанию которого он мало отличается от коксовых каменно-угольных газов, и, следов., подобно последним может служить исходным сырьем для синтеза аммиака.

На гидрогенизации сланцевых смол мы остановимся прежде всего.

III. Гидрогенизация сланцевой смолы.

Одна из основных и, вместе с тем, самых трудных проблем химической переработки сланцев, это—получение из горючих сланцев жидкого моторного топлива. До последнего времени разрешение этой задачи в отношении волжских сланцев наталкивалось на почти непреодолимые трудности. Дело в том, что смола, получаемая при перегонке волжских сланцев отличается очень высокой сернистостью. По данным проф. Раковского ¹⁾ в первичной смоле волжских сланцев сера содержится в следующих количествах:

Кашпирские сланцы	9,71%
Обще-Сыртковские сланцы	11,1%

что превосходит в десятки раз американский лимит содержания серы в бензине (0,1%).

Сера входит в состав сланцевой смолы в виде, так назыв., непредельных соединений.

¹⁾ По матер. 1-й Ср.-Волжской конфер. по изучению производ. сил края „Энергетика и промыш.“, статья проф. Раковского—„Химия и технология сланцев“, стр. 56, Самара 1930 г.

Эти соединения представляют собой чрезвычайно крепкое химическое кольцо, разбить которое или разложить на отдельные элементы очень трудно. По данным Сланцепроекта удаление одной части серы из этих соединений сопровождается „потерей не меньше 5 частей всего материала“, что делает очистку сланцевых смол от серы обычными способами совершенно неэкономичной, или даже невозможной.

По этой причине особый интерес представляют результаты последних работ, проделанных научно-исследовательскими институтами: филиалом Сланцевого института в Ленинграде и Научно-исследовательским институтом Грознефти в г. Грозном, главным образом—последним, по крекингу и гидрогенизации сланцевых смол.

Крекинг Кашпирской смолы не дал положительных результатов, так как получился бензин с содержанием серы около 5,4—5,9%. Напротив, проведенная отделением крекинга Научно-исследовательского института Грознефти в г. Грозном большая исследовательская работа по гидрогенизации первичной смолы Кашпирских сланцев наметила возможность одного из наиболее ценных с практической точки зрения направлений переработки горючих сланцев.

В опытах института Грознефти смола Кашпирских сланцев (фракция, кипящая выше 180° и составляющая около 93%) подвергалась трехступенчатой гидрогенизации, т. е. перегонке под высоким давлением водорода, в присутствии 10% окиси никкеля в качестве катализатора. Процесс протекал при температуре в 450° и начальном давлении водорода в 200 атмосфер.

Расход водорода составил 6-7% на исходный материал.

В отчете об этой работе, опубликованном Тиличевым и Селеджеевым ¹⁾ констатируется возможность получения до 70% бензина от общего количества переработанной смолы Кашпирских сланцев.

Проводившие эту работу сотрудники Института Грознефти (авторы только что указанного отчета) следующим образом характеризуют качество полученного бензина:

„Бензины первичной гидрогенизации, благодаря большому содержанию легких фракций, особенно благоприятны для получения легкого недетонирующего авиобензина, а бензины последующих гидрогенизаций—для получения ароматических углеводородов, и, в частности, толуола“ ²⁾.

„Путем гидрогенизации сланцевых смол можно получить специальные сорта недетонирующих авиобензинов, а также ароматические углеводороды“ ³⁾.

С другой стороны, содержание серы в сланцевом бензине первичной гидрогенизации понизилось до 0,36%, т. е. до такого уровня,

¹⁾ „Крекинг и гидрогенизация Эстонской и Кашпирской сланцевых смол“ в журнале „Химия твердого топлива“ №№ 1—2 за 1931 год.

²⁾ „Крекинг и гидрогенизация Эстонской и Кашпирской сланцевых смол“ в журнале „Химия твердого топлива“ № 1 за 1931 г. стр. 23-24; подчеркнуто нами.

³⁾ Там же, № 2, стр. 11; подчеркнуто нами.

которого до сих пор никакими иными методами очистки сланцевых смол достигнуть не удавалось.

Работники Института Грознефти выражают уверенность, что, несомненно изменением условий гидрогенизации бензина или применением повторной гидрогенизации бензина содержание серы удастся снизить до американской нормы содержания серы¹⁾

Выводы и заключения, к которым пришел Научно-исследовательский институт Грознефти в своих работах над смолой Кашпирских сланцев в общем и целом подтверждаются данными Ленинградского филиала сланцевого научно-исследовательского института, опубликованными в № 1 журнала „Химия твердого топлива“ за 1932 г. Ключевым, Ефремовым и Мешель²⁾.

В этом исследовании гидрированию подвергалась фракция Кашпирской смолы, перегоняющаяся в пределах от 230° до 340°; при четырехступенчатом гидрировании в присутствии катализатора (окиси никкеля) при T^0 около 430°-440° и давлении около 100 атмосфер было получено: 3).

- | | |
|--|-----|
| 1. Моторного топлива с T^0 кипения до 230° | 78% |
| 2. Остатка кипящего выше 230° | 7% |

Итого 85%

Как ни благоприятны эти результаты сами по себе, но—говорится в сообщении—„проведение работы более рациональным способом и при применении соответствующей температуры позволит повысить выход бензинообразных продуктов до еще более высокой цифры“⁴⁾

Вместе с тем, как и следовало ожидать, процесс гидрирования является одновременно и процессом обессеривания жидких сланцевых продуктов⁵⁾ и, таким образом, метод гидрирования под высоким давлением водорода позволяет из сырья богатого серой получать бензин с незначительным содержанием серы⁶⁾ от 0,01 до 0,02%.

Итак, на основании работ указанных двух институтов, проведенных при участии авторитетнейших специалистов Союза (в работе Ленинградского филиала Сланцевого Института, как это ясно из всего уже сказанного, принимает участие проф. Ключевин, в экспериментальной же части работы в Грозном принимал участие весь исследовательский коллектив отделения крекинга научно-исследовательского Института Грознефти при консультации директора Института известного специалиста нефтяной промышленности (проф. Саханова), можно утверждать, что гидрогенизация сланцевых смол сразу радикально решает две проблемы: получение из сланцевых смол высокосортного жидкого топлива и его обессеривание.

1) Там же № 2, стр. 15; подчеркнуто нами.

2) „Гидрирование сланцевой смолы под давлением“, стр. 38-60

3) Там же, страница 59

4) Там же, стр. 60; подчеркнуто нами.

5) Там же, стр. 54;

6) Там же, стр. 60.

IV. Перспективы переработки горючих сланцев Средней Волги методом гидрогенизации.

Современные крекинг-установки для нефтяных продуктов, работающие в СССР, рассчитаны на мощность в пределах 100-170 тыс. тонн сырья в год. Сдвоенная крекинг-установка Винклер-Коха (система признающаяся наиболее экономичной в наших условиях) № 1-2 в Грозном рассчитана на переработку в год 340 тыс. тонн сырья.

Если ориентироваться, примерно, на такой же масштаб гидрогенизации сланцевых смол, т. е. на переработку около 100—150 тыс. тонн сланцевой смолы на бензин, то для этого потребуется подвергнуть переработке около одного миллиона тонн Сыртовских сланцев. Рассмотрим вариант переработки 800 тыс. тонн.

При низко-температурной перегонке („шкелевани“) 800 тыс. тонн сыртовских сланцев получается около 110—112 тыс. тонн смолы. После отбора из этой смолы путем простой перегонки наиболее легкой „бензиновой“ фракции (выкипающей, примерно, до 180°) в количестве около 7%, получаем в остатке около 102 тыс. тонн более тяжелой смолы для гидрогенизации.

Если все это количество подвергнуть гидрогенизации, то, применяя показатели, полученные Научно-исследовательским институтом Грознефти для смолы кашпирских сланцев, ¹⁾ можно будет получить следующие выхода продуктов:

65—70% бензина	— около—70 тыс. тонн.
5—6 % воды	— около—6 „ „
25—30% газа и потерь	— около—26 „ „

Первичная гидрогенизация дает около 32,6% бензина от исходной смолы, или 33 тыс. тонн. В бензине первичной гидрогенизации фракция, выкипающая до 100°, составляет около 37% или 12 тыс. тонн. Эта фракция очень благоприятна для получения легкого авиационного бензина (для авиационного бензина характерен удельный вес от 0,71 до 0,73 ²⁾; фракция бензина первичной гидрогенизации смолы сланцев выкипающая при t° от 200—300° обладает удельным весом 0,947, фракция до 200° — удельным весом 0,76, — таким образом, фракция до 100° по-прежнему удовлетворяет требованиям, предъявляемым к авиобензину).

Недетонационные свойства этого бензина ³⁾ выгодно отличают его от Грозненского бензина — основного и почти единственного поставщика авиобензина в настоящее время.

Потребность в авиационном бензине на 1932 г. составляет по всему Союзу около 150 тыс. тонн. ⁴⁾ Таким образом, при сравнитель-

¹⁾ Цитированная статья Тилищева и Селеджиева в журнале „Химия твердого топлива“, № 2 за 1931 год, стр. 10—11.

²⁾ Полеч: „Крат. рук. по технологии нефти“, ГНТИ, 1932 г., стр. 55.

³⁾ Цитированная статья Тилищева и Селеджиева в журнале „Химия твердого топлива“ № 2 за 31 г. стр. 10—11.

⁴⁾ См. статью С. М. Ганшина „Пути развития нефтяной пр-ти“ в № 7 журнала „Нефтяное хозяйство“ за 1932 г., стр. 2.

но небольшом масштабе переработки Сыртовских сланцев на смолу (800 тыс. тонн сланца) можно было бы покрыть свыше 8% (одной двенадцатой) всей текущей внутренней потребности страны в авиационном бензине ¹⁾.

Остальной бензин (после отбора авиац. сортов) в количестве 56—58 тыс. тонн может быть использован как обычный бензин или как моторное топливо, за вычетом той его части, которая благодаря высокому содержанию ароматических углеводородов, толуола—в частности, пойдет на химические производства.

Сопоставляя всю потребность в бензине по Союзу на 1932 г. с возможной продукцией гидрогениз. бензина из сланцев, получаем следующий результат:

Вся внутренняя потребность во всех видах бензина 1030²⁾ тыс. тонн

Количество гидрогениз. бензина от переработки 102 тыс. тонн сланцевой смолы 70 тыс. тонн, или в % от всей внутренней потребности—около 7 %.

Следовательно, при переработке горючих сланцев методом сухой перегонки при низких температурах и дальнейшей гидрогенизации полученной при этом смолы по способу Грозненского нефтяного научно-исслед. института можно получить весьма значительные количества высокосортного жидкого топлива и при том за счет таких сырьевых ресурсов, которые находятся в глубоком тылу.

При переработке 102 тыс. тонн сланцевой смолы расход водорода на гидрогенизацию, из расчета 6-7% на тонну, составит 6-7 тыс. тонн, или в переводе на объем 66—77 мил. куб. метр водорода в среднем—около 70 мил. куб. метр.

В то же время при гидрогенизации 102 тыс. сланцевой смолы получится в качестве отхода 17 мил. куб. метр. газа с теплотворной способностью около 6200 калорий в куб. метре.

У. Экономика гидрогенизации.

а) Общие замечания.

В заграничной практике гидрогенизация до настоящего времени получила наибольшее развитие в Германии (в целях получения бензина из твердого топлива) и в САСШ (как метод переработки нефти).

Экономика этого процесса, секрет которого тщательно скрывается иностранными капиталистическими фирмами, недостаточно ясна. Основ-

¹⁾ В приведенных выше расчетах под бензином для авиации была отобрана фракция до 100° первой ступени гидрогенизации, или 12 тыс. тонн. Вообще говоря, для авиобензина берется более широкая фракция; если для авиации окажется пригодной фракция этого бензина в пределах до 140°, то выход авиобензина повысится, примерно, до 23 тыс. тонн. Разумеется, при этом соответственно сократится выход других продуктов (кроме толуола и бензола, которые отбираются из дистиллата второй и третьей ступени гидрогенизации).

²⁾ Ганшин „Пути развития нефтяной промышленности“, статья, в № 7 журнала „Нефтяное хозяйство“ за 1932 г.

нее отличие гидрогенизационного процесса от крекинга нефтяных остатков заключается в расходе водорода (являющегося, впрочем, как известно, необходимым элементом большинства современных синтетических процессов) и в применении для аппаратуры дорогих сортов качественной стали (для ответственных частей крекинг-установок употребляется углеродистая сталь, в гидрогенизационных установках — хромо-никелевая сталь).

Меньшее значение имеет дорогой катализатор, примененный в опытах со сланцевой смолой, окись никкеля, так как он легко восстанавливается и практически его расход (или, вернее, его потери в производстве) — ничтожен. К тому же в настоящее время ведутся опыты с заменой окиси никкеля каким либо другим, более дешевым катализатором, например, болотной рудой. Эти опыты обещают привести к положительному результату.

Существующему мнению о том, что гидрогенизация дорогой и нерентабельный процесс, противоречит практика нефтеперерабатывающей промышленности в Америке, где, несмотря на жестокий экономический кризис и сокращение в связи с этим самой нефтедобычи, процесс гидрогенизации начинает все больше и больше внедряться в переработку нефти.

Гидрогенизация постепенно занимает передовое место в химической промышленности САСШ, наряду с производством таких продуктов, как синтетический азот, или искусственный шелк¹⁾.

„Гидрогенизация нефти получила в САСШ коммерчески-производственный характер, этот процесс вытесняет крекинг“¹⁾.

В связи с этим в Америке организовано специальное общество „Гайдро-патент“ для эксплуатации патента Бергюса (проданного последним Германскому акционерному обществу „Фарбениндустри“). „Гайдро-патент“ объединил 17-ть американских нефтеперерабатывающих компаний, охватывающих 80% всей американской нефтеперерабатывающей промышленности²⁾.

Грубо-ориентировочный расчет стоимости установки для гидрогенизации сланцевых смол и вероятной себестоимости бензина, полученного методом гидрогенизации этих смол, дает следующие результаты.

б) К расчету установки для гидрогенизации сланцевой смолы.

Стоимость инсталляций для крекинга, работающих в настоящее время в Грозном исчисляется в следующем размере³⁾:

¹⁾ „Справочник американской промыш. и торговли“, „Амторг“, 1932 г., стр. 775-776.

²⁾ „Справочник америк. пр-сти и торговли“, Амторг, 1932 г. стр. 176, 177.

³⁾ „Нефтяное хоз-во“ № 2 за 1932 г. статья Дунаева и Звягина „Технико-экономич. показатели работы крекинг-установок“, стр. 74.

Система крэкинга	Мощность в тоннах сырья в год	Капит. стоимость в рублях	Тоже на тонну сырья в руб.
Виккерс-Кох № 1-2	339.818	3.020.190	8,9
Дженкинс	91.303	2.633 378	26,8
Виккерс	76.169	1.444.659	18,9
В среднем	—	—	18,0

Проф. Саханов в своей статье „Экономические возможности получения искусственных жидких топлив в условиях СССР“¹⁾ указывает, что так как в отличие от крекинг-установок ответственные части гидрогенизационной аппаратуры (трубы и реакц. камеры) делаются не из углеродистой, а из хромо-никелевой стали, то они стоят в 7 раз дороже. В виду того, что эта часть аппаратуры составляет всего около 30% от общей стоимости установки, полная стоимость гидрогениз. установки должна быть в $\left(\frac{30 \times 7}{100} + 70 \right) = \frac{280}{100} = 2,8$ раза дороже крекинг-установки.

Принимая во внимание удорожание и некоторых других частей аппаратуры, проф. Саханов определяет стоимость гидрогениз. установки в целом в 3,5 раза дороже крекинг-установки.

Следовательно, при средней стоимости крекинг-установки в 18,0 руб. на тонну перерабатываемого в год сырья, получаем стоимость гидрогениз. установки в 18 р. $\times 3,5 = 63$ рубля.

В действительности, поскольку высокая стоимость гидрогениз. установки зависит от замены материала части аппаратуры хромо-никелевой сталью вместо углеродистой стали, не должно иметь место такое удорожание.

По материалам к проекту Днепровского комбината²⁾ стоимость спец. сталей на заводах этого комбината при их полной загрузке выразится в следующих величинах:

Сталь	Углеродистая	Хромо-никелевая	Отношение
Крупно-сортная	141 р. 36 к.	220 р. 07 к.	1,56
Средне-сортная	234 р. 70 к.	321 р. 54 к.	1,38
Мелко-сортная	237 р. 10 к.	324 р. 03 к.	1,37

¹⁾ „Нефт. Х-во“—№ 2 за 1930 г., стр 166 и след.

²⁾ См. „Днепровский комбинат“, изд. Гипрнефть, 1929 г., стр. 40.

Примем наиболее высокое отношение стоимости хромо-никкелевой стали к углеродистой: 1,56 со следующей поправкой. Средневожжский край во второй 5-летке будет получать хромо-никкелевую сталь на Халиловском заводе.

Благодаря содержанию хрома и никкеля в самой руде, стоимость одной тонны хромо-никкелевой стали на Халиловском заводе будет по сравнению с Днепровским комбинатом ниже на стоимость того количества никкеля, которое в обычных условиях приходится добавлять в сплав; в среднем это удешевит тонну хромо-никкелевой стали (игнорируя экономию на переделе) Халиловского з-да на 30 р.

Таким образом, тонна, скажем, крупно-сортной хромо-никкелевой стали с Халиловского завода обойдется при прочих равных условиях, примерно, в 190 р. 07 к. и будет только в $\frac{190 \text{ р. } 07 \text{ к.}}{141 \text{ р. } 36 \text{ к.}} = 1,35$ раза

дороже углеродистой стали. При этой поправке на соотношение стоимости указанных видов специальной стали, стоимость гидрогениз-установки можно принять в целом, примерно, только в 2 раза дороже крекинг-установки (против 3,5 раза по проф. Саханову). Капитальные затраты на 1 тонну перерабатываемого в год сырья в этом случае составят: $18 \times 2 = 36$ рублей.

Принимаем условно, для грубой прикидки, стоимость¹⁾ капитальных затрат по гидрогениз. заводу для переработки сланцевой смолы в тех же размерах, как и для переработки нефтяных остатков; тогда капитальные затраты на завод для переработки 102 тыс. тонн смолы составят по I варианту 6,4 мил. руб.
 " II " 3,7 . . .

Для расчетов принимаем среднюю стоимость установки в 5 мил. руб. По тем же данным ¹⁾ количество рабочих на заводе такой мощности можно принять в 40—50 человек, учитывая также большую сложность процесса при гидрогенизации по сравнению с крекингом.

в) Себестоимость гидрогенизац. бензина.

Для примерной ориентировки можно также рассчитать стоимость продуктов гидрогенизации сланцевой смолы по аналогии с расчетом, приведенным проф. Сахановым в указанной выше статье (для нефтяных остатков).

¹⁾ Цитированные статьи: проф. Саханова и Дунаева и Звягина.

№ п/п.	СМЕТА ПРОИЗВОДСТВА	I вариант	II вариант
		(в тысячах рублей)	
1	Сырье : 32 р. 74 к. х 102000 . . . ¹⁾	3340	3340
2	Топливо—20% от сырья	670	670
3	Амортизация—15%	960	555
4	Ремонт—5%	320	185
5	Пар и энергия	165	165
6	Раб. сила 1800х45	81	81
7	Надзор и управление	30	30
8	Очистка бензина	315	315
9	Водород 6—7% (5 к. × 70.000.000) .	3500	3500
	Итого	9381	8841
10	Отходы, газ (Зкоп. х 17000000)	510	510
	Всего	8871	8331

Выход продукции: 70 тыс. тонн бензина.

Стоимость (средняя) одной тонны:

$$\text{I вариант} . . . \frac{8871}{70} = 127 \text{ рублей}$$

$$\text{II вариант} . . . \frac{8331}{70} = 119 \text{ рублей}$$

Для сравнения приводим современные отпускные цены Средне-Волжского Райнефтобторга на бензин разных сортов франко—Самара (за тонну):

Бензин прямой гонки 1-го сорта для пр-сти . . .	315 р. 60 к.
То же для тракторов	198 р. 40 к.
Бензин II сорта и коксинг бензин для пр-сти . . .	255 р. 30 к.
То же для тракторов	161 р. 80 к.
Авиационный бензин	400 р. 40 к.

¹⁾ Стоимость смолы— по данным Сланцепроекта.

г) Гидрогенизация твердого сланца.

Для оценки перспектив гидрогенизации волжских сланцев значительный интерес представляет также следующее обстоятельство.

Инж. Хисин, на основании ряда опытов, проделанных Научно-исследовательским институтом сланцевой пр-сти и его Ленинградским филиалом, предлагает подвергать гидрогенизации не сланцевую смолу, а непосредственно твердый сланец.

Если этот метод гидрирования оправдает себя в процессе дальнейшей исследовательской работы и, в частности, при испытании на опытной гидрогенизационной установке, которую предполагается поставить на Кашпирском з-де, то он будет иметь целый ряд преимуществ перед гидрированием сланцевой смолы.

Основное из них заключается в том, что при низкотемпературной перегонке сланца выход смолы составляет около $\frac{1}{3}$ от органической массы сланца, при гидрогенизации твердого сланца выход смолы повышается до 70% от органической массы.

Следовательно, возможность гидрогенизации в первой ступени непосредственно твердого сланца позволит получить двойной выход всех жидких продуктов.

VI. Производство минеральных удобрений в связи с синтезом аммиака на базе водорода сланцевых газов.

Потребность Средне-волжского края в минеральных удобрениях во втором пятилетии, согласно последних подсчетов НИУ (Института удобрений), определяется в следующих размерах (в тысячах тонн; в пересчете на чистое питательное вещество):

P_2O_5 (фосфорная кислота)	152,4 тыс. тонн
N (азот)	80,7 " "
K_2O	136,5 " "

Для развертывания во второй пятилетке в Средне-волжском крае производства минеральных удобрений (азотных и фосфорных) в крупном масштабе имеются все предпосылки в двух районах.

1. В Орско-Халиловском районе на базе коксовой химии и в связи с промышленностью цветных металлов.

2. В центральной части края на базе сланцевой химии.

В центральной части края организации производства удобрительных туков благоприятствуют следующие условия:

- 1) наличие весьма значительных запасов фосфоритов;
- 2) возможность получения водорода из газов высоко-температурной перегонки сланцев для синтеза аммиака;
- 3) дешевые энергия и пар намеченных к постройке во второй пятилетке мощных тепло-электро-централей на сланцах.

а) Получения водорода из сланцевого газа.

В отдельной главе дается подробная характеристика и приведены анализы газа, получаемого при высокотемпературной перегонке сланцев; выход этого газа при T° перегонки около 900° составляет 200 м^3 для кашпирских сланцев и 320 м^3 для сыртовских. При относительно невысокой стоимости (2,72 коп. за 1 м^3 очищенного газа, или 0,52 коп. за 1000 калорий в газе сыртовских сланцев против 2,16 коп. за 1 м^3 газа или 0,57 коп. за 1000 калорий в газе из подмосковного угля франко завод в Бобриках ¹⁾) — сланцевый газ высокотемпературной перегонки по содержанию водорода приближается к обычным коксовальным газам. Содержание водорода в очищенном высокотемпературном газе из сланцев Общего Сырта составляет 42,3%, в газе Кашпирских сланцев — 42,7%, повышаясь соответственно до 48,2% и 47,2% в очищенном от сероводорода и углекислоты газе.

Таким образом, сланцевый газ является прекрасным исходным материалом для синтеза аммиака на базе извлекаемого из этого газа водорода, а следовательно и для организации производства азотных туков.

Извлечения водорода из сланцевых газов предполагается по системе Клода, как наиболее распространенной в настоящее время, методом глубокого охлаждения.

б) Себестоимость энергии и пара.

Себестоимость энергии и пара на проектируемых во втором пятилетии в Средней Волге сланцевых тепло-электро-централях, вычисленная ²⁾ по параметрам Энергоцентра выражается в следующих величинах (для Общего Сырта и Кашпира):

Мощность станций	СТОИМОСТЬ	
	1 квт-часа в коп.	1 тонны пара в рублях
500 тыс. квт.	1,21	2,44
250 "	1,45	2,67
150 "	1,54	2,78
100 "	1,70	2,84
50 "	1,82	2,93

¹⁾ По материалам топливной конференции.

²⁾ По подсчетам группы перспективного планирования бия. Средне-Волж КрайСНХ

Во втором пятилетии по наметкам Средне-волжского крайплана в Самаро-Сызранском районе предполагается постройка электроцентральной следующих мощностей:

Название станции	Полная мощность в тыс. кв.	Топливо
Самгэс (расширение)	36	мазут/сланец
Безымянская	36	сланец
Кашпирская (две очереди)	75	"
Чепавская	12	"
Екатериновская	25	"
Обще-Сыртовская	50	"

в) Фосфориты.

Общие запасы фосфоритов в Средне-волжском крае определяются различными авторами в пределах 450—500 мил. тонн, в т. ч. на Общем Сырте—около 300 мил. тонн. Хорошо известно, что во всех трех сланцевых месторождениях Среднего Поволжья фосфоритовые залегаания сопровождают горючие сланцы. Поэтому неоднократно возникал и ставился вопрос о попутной добыче фосфоритов вместе с горючими сланцами.

Наибольший интерес представляет собою открытое и разведанное геологической партией Н. И. У. в 1930 году „Тарпановское“ месторождение фосфоритов. Это месторождение расположено в непосредственной близости, на расстоянии, примерно, 40 км. от площадки „А“ на Общем Сырте, где находятся наиболее разведанные и изученные сланцы Общего Сырта. При высокой продуктивности Тарпановского фосфоритного месторождения, несколько менее половины залегающих здесь фосфоритов доступны для добычи открытыми работами.

Согласно отчета НИУ ¹⁾ Тарпановское месторождение характеризуется следующими данными.

Геолого-поисковыми работами здесь в 1930 г. была охвачена поверхность в 2.500 кв. км. и обнаружена площадь, содержащая фосфориты, доступные как для подземной, так и для открытой добычи, всего

¹⁾ Составленного геологом Кудиновым, начальником геолого-разведочной партии НИУ: „Исследование фосфоритных руд и горючих сланцев в районе Общего Сырта в 1930 году.“

—в 90 кв. клм. Полезные ископаемые (кроме фосфоритов—горючие сланцы и мергеля) сосредоточены в с.-з. углу планшета № 39-128 в окрестностях сел Тарпановки, Даниловки, Гришкина и Бобровки. Все месторождение может быть разбито на три основных участка: Тарпановский, Гришкинский и Бобровский.

В результате поисковых работ запасы фосфоритов на этих участках были установлены в следующем размере:

Участки	Площадь	Вероятные запасы
Тарпановский . . .	65—70 кв. клм.	49 мил. тонн
Гришкинский . . .	15 кв. клм.	9 мил. тонн
Бобровский	5 кв. клм.	3 мил. тонн
Итого . .	85—90 кв. клм.	61 мил. тонн

Содержание фосфорной кислоты по этим данным не превышает 15—17%, продуктивность на кв. метр в среднем равняется 720 кгр.

Детальная разведка в том же 1930 г. была проведена на площади в 23 кв. клм. у села Тарпановки и поселков Первомайского и Горного и внесла в эти данные некоторые уточнения.

По категории А₂ детальной разведкой установлены следующие запасы фосфоритового концентрата выше 4 мм., доступные для открытых работ:

Тарпановский участок	4 607 тыс. тонн.
Первомайский "	4 991 " "
Горный "	1 807 " "
Прочие "	2 500 " "

Итого . . 13.905 тыс. тонн.

По категории В₂+С:

Участки	Площадь в кв. клм.		Запасы концентрата выше 4 мм.		
	Для откры- тых работ	Для подзем- ной добычи	Для откры- тых работ	Для подзем- ной добычи	Всего
в мил. тонн.					
Тарпановский	20,0	50,0	10,9	40,0	50,9
Бобровский	3,8	0,8	1,9	0,6	2,5
Гришкинский	5,2	6,4	3,0	4,5	7,5
Ивановский	—	3,0	—	2,1	2,1
Итого	29,0	60,2	15,8	47,2	63,0

Общие запасы по категориям A_2+B_2+C , в 76,9 млн. тонн показывают, таким образом, что мы имеем дело здесь с весьма мощным и концентрированным фосфоритовым месторождением.

Условия залегания фосфоритов весьма благоприятны. Фосфоритовая серия имеет слабо-волнистый характер с углом падения не выше 1° и представлена 4 слоями, весьма сближенными между собой. Наибольший интерес представляет третий слой мощностью в 0,3—0,4 метра, для этого слоя характерны крупные (до 0,3 метра в диаметре) песчанистые желваки, местами сливающиеся в сплошную фосфоритовую плиту. Глубина вскрыши большей частью не превышает 10 метров.

Продуктивность концентрата большего 4 мм, залегающего в ненарушенном состоянии и чистого от пустой породы, близка к 1000 кгр. на кв. метр.

Из 76,9 млн. тонн доступны для открытых разработок—29,7 млн. тонн.

Анализы фосфоритов (для 36 проб) дают довольно пеструю картину, при чем содержание P_2O_5 в концентрате меньшем 10 мм. весьма низкое. Исключая этот концентрат и несколько анализов концентрата выше 10 мм. не являющихся, повидимому, характерными, получаем для грубой ориентировки средне-арифметический процент фосфорной кислоты, примерно, в 13,5—14,5% в концентрате от 10 мм и выше.

При этом для значительной части месторождения является характерным более высокое качество фосфоритов. Так, для зоны вскрыши до 3 метров, класс фосфоритов от 10 мм и выше содержит по указаниям геолога Кудинова 16,5-17,6% фосфорной кислоты.

Следует также отметить, что А. Н. Розанов в своей более давней работе, охватившей весь обширный район Общего Сырта ¹⁾ отмечает содержание P_2O_5 в фосфоритах около с. Тарпановки в размере 21,8%, а около с. Гришкина—21,0%—21,8%.

Анализы НИУ из средней пробы месторождения у с. Тарпановки дают для фосфоритов, залегающих над Волжскими отложениями и для фосфоритов из всей серии келовейско-оксфордского возраста, по данным геолога Кудинова, содержание P_2O_5 от 14,5% до 17,6%. Анализы НИУ, по тем же данным, для фосфоритов из залегания у с. Гришкина показывают содержание фосфорной кислоты в 21,5%.

Таким образом, содержание фосфорной кислоты, принятое нами в среднем в 14%, можно, очевидно, считать нижним пределом для всей массы концентрата от 10 мм и выше.

Концентрат этого рода составляет в среднем около 80% всех подсчитанных запасов, следовательно, около:
$$\frac{76,9 \times 80}{100} = 64,5 \text{ млн. тонн.}$$

Исключая отсюда 20% на пустую породу, получаем не менее 52 млн. тонн промышленных запасов по всем 3-м категориям.

¹⁾ „Геолог. исслед. залеганий фосфоритов в ю.-в. части Бузулукск. уезда, Сам. губ., сев.-зап. части Уральской губ. и т. д.“.

Подсчитывая таким же образом запасы категории А₂, получаем около 9 мил. тонн. промышленных запасов, доступных добыче только открытым способом. Только эти запасы одного Тарпановского месторождения вполне могут обеспечить работу крупнейшего тукового комбината на 10—15 лет, а промышленные запасы всех 3-х категорий — больше, чем на 60 лет.

Ход разведочных работ на Общем Сырте показывает, что фосфоритовая база для тукового производства в Средней Волге в действительности неизмеримо шире.

Так, по последним сведениям, на одном только детально разведанном участке у с. Сергиевки на Общем Сырте при исследовании горючих сланцев на небольшой площади обнаружено значительное залегание фосфоритов, расположенное под сланцевой свитой и характеризующееся продуктивностью около 1000 килогр. на квадратный метр. Здесь, на площадке всего в 4 кв. килом, запасы фосфорита составляют от 4 до 5 мил. тонн. Содержание фосфорной кислоты: 20-22%.

г) Перспективы развития туковой промышленности на базе переработки горючих сланцев.

Часть потребности Ср.-Волжского края в минеральных удобрениях на конец второй пятилетки может быть покрыта за счет продукции Орско-Халиловского комбината черной и цветной металлургии и химической промышленности.

Согласно последних наметок краевых организаций, можно принять производство удобрительных туков по этому комбинату в следующих размерах (в 1937 г., в тысячах тонн):

Название удобрений	В натур. выражении	В пересчете на чистое питательное вещество	
		P ₂ O ₅ (фосфорная кислота)	N (азот)
Амофос	150	63,8	15
Двойной суперфосфат	120	49,7	—
Сульфат-аммония	145	—	29
Итого	—	113,5	44

Следует, однако, иметь в виду, что довольно значительная часть туковой продукции Орско-Халиловского района пойдет на удовлетворение потребности ряда соседних районов, снабжение которых минеральными удобрениями во второй пятилетке можно себе представить в следующем виде.

Районы расположенные к северу от Ср. Волги будут удовлетворены фосфорными удобрениями за счет Хибинских апатитов, азотными—за счет Бобриковского комбината, Урало-Кузбасса и других источников; районы, расположенные к северо-востоку от края, будут снабжаться азотными удобрениями за счет Урало-Кузбасса и фосфорными за счет Вятско-Камских фосфоритов. Напротив, Северный Казакстан, Южный Урал, Башкирия, орошаемые площади Заволжья и Нижняя Волга будут снабжаться фосфорными удобрениями за счет Актюбинских фосфоритов (включая сюда также продукцию фосфатных удобрений Орско Халиловского тукового комбината на базе Актюбинских фосфоритов); наконец, часть азотных удобрений, которые будут производиться в составе Орского комбината, также пойдет на орошаемые поля Заволжья.

Таким образом, из общей массы удобрений, которая будет вырабатываться в Орско-Халиловском комбинате, на внутренние нужды Средне-волжского края можно будет бросить, вероятно, только несколько менее половины, ориентировочно—40—50 тыс. тонн фосф. кислоты и 15—20 тыс. тонн азота.

За вычетом этого количества остается непокрытая потребность края в минеральных удобрениях (на 1937 г.) в размере, примерно, 100 тыс. тонн фосфорной кислоты и 60 тыс. тонн азота.

За счет производства фосфоритовой муки кустарно-промысловой кооперацией и трестом „Фосфорит“, которое должно во II пятилетии достигнуть, примерно, 100 000 тонн в год, приведенные цифры сократятся еще на 15 тыс. фосфорной кислоты (принимая % содержания P_2O_5 в волжских фосфоритах в среднем равным 15%).

За вычетом этих 15 тыс. тонн фосфорной кислоты, получаем непокрытую потребность края в минеральн. удобрениях в следующих размерах (в пересчете на чистое питательное вещество):

Фосфорной кислоты	85 тыс. тонн
Азота	60 „ „

При наличии целого ряда условий, благоприятствующих развитию в Средней Волге крупной туковой промышленности на базе химической переработки сланцев с использованием рядом расположенного Тарпановского месторождения фосфоритов,—вполне естественным было бы и наиболее целесообразным с народно-хозяйственной точки зрения запроектировать во втором пятилетии развертывание внутри края производства минеральных удобрений в таких размерах, которые позволили бы не только покрыть весь дефицит в удобрениях по краю, но даже организовать частично снабжение тех соседних областей, которые во втором пятилетии должны будут завозить к себе минеральные удобрения из других краев (так, Ц. Ч. О. во втором пятилетии предъявит большие требования на завоз азотных туков).

На практике такая установка встречает определенные препятствия, прежде всего—в трудности развернуть в такой короткий срок

и в таких масштабах весь комплекс химической переработки сланцев, с которым неразрывно связано производство минеральных удобрений.

С другой стороны, объем тукового производства неизбежно в сланцевом комбинате ограничивается экономической целесообразностью развития в том или ином размере всех остальных связанных с ним производств (так, напр. при отборе водорода для синтеза аммиака будут получаться весьма значительные количества ценного технологич. газа, который было бы нецелесообразно сжигать под топками котлов и т. д.). Наконец, общие лимитные соображения по капитальным затратам на II-ое пятилетие также заставляют ограничивать размер проектировок по минер. удобрениям.

Исходя из этих соображений, мы останавливаемся для наших расчетов на таком объеме производства минеральных удобрений в составе сланцевых комбинатов, при котором будет покрыта только половина выявленного нами недостатка в минеральных удобрениях на конец второй пятилетки, т. е. будет удовлетворена потребность края в следующем количестве чистых питательных веществ:

Фосфорная кислота	42,5 тыс. тонн.
Азот	35,0

Возможность комплексного использования Тарпановских низкопроцентных фосфоритов и аммиака сланцевых комбинатов создает благоприятные условия к организации здесь не чисто фосфорных удобрений, как, напр., преципитат, а таких смешанных, высоко-концентрированных удобрений, как амофос, содержащий около 42 % фосфорной кислоты и 10% азота, на производство которого могут идти фосфориты со средним содержанием фосфорного ангидрида, т. е. фосфориты того типа, который преобладает в Средней Волге и к числу которых относятся также фосфориты Тарпановского месторождения.

С учетом этого соображения производство удобрительных туков в составе сланцевых комбинатов по видам удобрений можно распределить след. образом:

Виды удобрения	В натуральном выражении	В пересчете на чистое питательное вещество	
		P ₂ O ₅	N ₂
В тысячах тонн			
Амофос	100	42,5	10,3
Сульфат-аммоний	60	—	12,0
Прочие	50	—	13,0
Всего	—	42,5	35,3

Для производства 100 тыс. тонн аммофоса потребуется по коэффициенту 3,5-4,0 (принимая средний % содержания P_2O_5 в Тарпановских фосфоритах равным 14%) от 350 до 400 тыс. тонн необогащенного фосфорита.

Одно только Тарпановское месторождение обеспечивает производство аммофоса в таких размерах, как уже было указано, на много десятков лет.

Расход аммиака (100%-го) принимаем по следующим нормам:

на 1 тонну аммофоса 125 кг.

„ „ сульфат-аммония 250 „

Отсюда получаем общую потребность в аммиаке в 45,7 тыс. тонн. Необходимое количество аммиака может быть получено из двух источников: из подсмольной воды (при перегонке сланцев) и синтетическим путем.

Подсмольная вода—один из продуктов сухой перегонки сланцев,— по данным Сланцепроекта содержит от 0,3% (при низко-температурной перегонке, при условии дожига полукокса) до 0,4% (при высокотемпературной перегонке) аммиака

Следовательно, для тукового производства может быть использован частично аммиак из подсмольной воды.

Остальное количество аммиака может быть получено синтетическим путем, для чего потребуется водород сланцевых газов.

Состав комбината для производства минеральных удобрений на базе Тарпановских фосфоритов и водорода сланцевых газов представится в таком виде:

Завод аммофоса с годовой производительностью в 100 тыс. тонн (должен находиться на Общем Сырте, откуда будет доставляться фосфоритовый концентрат, или в непосредственной близости от Общего Сырта).

Завод сульфат-аммония с годовой производительностью в 87,5 тыс. тонн.

Завод аммиачной селитры: для переработки на лейна-селитру.

Завод азотной кислоты для производства аммиачной селитры.

Завод лейна-селитры.

Завод синтетического аммиака и, как его цех, завод азота.

Для синтеза аммиака и гидрогенизационной установки требуется 180 мил. кубо-метров водорода, которые могут быть получены из сланцевого газа при переработке 1,3 мил. тонн Сыртовских сланцев.

При увеличении масштаба производства представляется вполне естественным распределить производство минеральных удобрений на два комбината: на Общем Сырте и на Кашпире. Вывоз части тукового производства на Кашпир тем более рационален, что на ближайшее время основным потребителем минер. удобрений является не восточная, а западная половина края (правобережье).

При развитии же в очень крупном масштабе переработки сланцев Общего Сырта возникает проблема переноса Сыртовского сланце-химического комбината к Волге или к р. Самарке, к воде—в вилу сложности вопроса о водоснабжении на Общем Сырте при большой потребности в воде.

Получение в больших количествах газа, содержащего при том высокий % водорода, является одной из основных химических и топливных проблем сланцевой промышленности. На этом вопросе мы останавливаемся более подробно.

VII. Состав и выхода различного газа из сланцев.

Основные направления переработки горючих сланцев: гидрогенизация сланцевой смолы и производство азотных и смешанных удобрений, как мы только что видели, требуют весьма значительного количества водорода.

С этой точки зрения, вопрос о возможности получения водорода из сланцевого газа, о составе и выходах газа, получаемого из волжских сланцев при различных методах переработки, о пригодности остаточного (после отбора водорода) газа для бытовых и промышленных целей, о выгодности получения и применения этого газа и о потребителях остаточного газа—приобретает решающее значение для выбора направления переработки горючих сланцев.

В настоящей работе мы останавливаемся на трех основных способах получения сланцевого газа:

1. Путем сухой перегонки сланцев без доступа воздуха при относительно низких температурах (примерно, при 500°), или методом „швелования“.

2. При сухой перегонке без доступа воздуха при высоких температурах (от 900° до 1100°), т. е. при, так называемом, „коксовании“ горючих сланцев.

3. Путем газификации сланцев при непосредственном их горении в газогенераторах с продуванием или без продувания водяным паром.

а) Сланцевый газ, получаемый при низко-температурной перегонке.

Анализ газа, получающегося в случае перегонки сланцев при низких температурах (450° — 500°) был произведен в Институте им. Карпова в 1929 г. По данным проф. Раковского ¹⁾ состав этого газа следующий:

¹⁾ Сбор. материалов I-й конфер. по изучению производ. сил Ср-Волж. края „Энергетика и промышленность“, изд. Крайплана, статья проф. Раковского „Химия и технология сланцев“, стр. 55-56.

Составные части газа	Веймар	Ундоры	Кашпир	Общий Сырт
(В объемных процентах)				
Сероводород H_2S	24,1	18,9	27,4	38,81
Углекислота CO_2		15,9	14,5	11,34
Кислород O_2		0,69	—	—
Окись углерода CO		3,79	3,56	9,46
Водород H_2	21,5	23,24	21,97	15,67
Непредельные угле- водороды C_nH_m	16,8	5,05	5,56	5,05
Метан CH_4	2,0	10,01	13,69	(13,17)
Этан C_2H_6	21,2	5,05	6,57	(6,50)
Азот N_2	6,6	17,31	6,48	6,50
Выход газа в % к весу сланцев	Не указан	5,6%	10,1%	13,8%

Обращает на себя внимание исключительно высокий % содержания в шель-газе сероводорода — отличительная особенность волжских сланцев. Это обстоятельство открывает широкие возможности получения больших количеств кристаллической серы при очистке газа от сероводорода.

После обязательной очистки от сероводорода и углекислоты должен получиться газ следующего состава (в объемных % %):

Название компонента	Ундоры	Кашпир	Общий Сырт
CO	5,8	6,2	16,8
O_2	1,1	—	—
H_2	35,7	38,0	27,8
C_nH_m	7,7	9,6	9,0
CH_4	15,4	23,7	23,4
C_2H_6	7,7	11,3	11,5
N_2	26,6	11,2	11,5
Итого	100,0	100,0	100,0
В % % от неочищ. газа	65,14	57,88	52,8

На основании данных о составе газа, вычисляем его теплотворную способность обычными способами:

Происхождение сланца	Теплотворная способность в калориях на кубометр	
	Сырого газа	Очищенного газа
Ундоры	4.022	4.570
Кашпир	5.046	6.150
Общий Сырт	5.578	6.090

Таким же образом можно вычислить вес кубометра полученного газа (в кгр.):

	Сырой газ	Очищенный газ
Ундорские сланцы	1,14	0,83
Кашпирские	1,14	0,74
Сыртовские	1,30	0,93

Зная вес газа в кгр. на кубометр, не трудно пересчитать данные проф. Раковского о выходе газа в % к весу сланца на выход газа в кубометрах на 1 тонну сланца:

**Выход швель-газа в кубометрах на тонну переработанного
сланца:**

	Сырой газ	Очищенный газ
Для Ундорских сланцев . . .	49	32
„ Кашпирских „ . . .	89	51
„ Сыртовских „ . . .	106	56

Необходимо, однако, учитывать, что для Ундорских и Кашпирских сланцев данные получены применительно к средним пробам,

а для сланцев Общего Сырта приведены данные, которые относятся к наиболее богатому сланцу (теплотворная способность—3.980 калорий). Поэтому будет более осторожным брать выход газа из 1 тонны Сыртовских сланцев в среднем не 106 куб. метра, а 90—100 куб. метров, учитывая в тоже время и более высокое в среднем качество сланцев Общего Сырта по сравнению с Кашпирскими сланцами. ¹⁾

Как видно из приведенных анализов, содержание водорода в газе, полученном при низко-температурной перегонке сланцев (в „швель-газе“), весьма невелико и остается низким даже после очистки газа от сероводорода и углекислоты: 38% водорода в очищенном газе Кашпирских сланцев и 27,8% в очищенном газе Сыртовских сланцев.

Современная практика производства синтетического аммиака обычно имеет дело с коксовальными газами, в которых содержание водорода значительно выше, чем в сланцевом швель-газе, и достигает 45—50%. Поэтому извлечение водорода из сланцевых газов низко-температурной перегонки не представляется целесообразным. Этот вывод усиливается тем соображением, что, при невысоком выходе очищенного швель-газа на тонну перерабатываемого сланца, потребовалось бы подвергнуть перегонке десятки миллионов тонн сланца для получения из газа необходимых количеств водорода.

Относительно все-же большие количества швель-газа, которые будут получаться в качестве отхода при „смоляном“ направлении переработки сланцев, т. е. при низко-температурной перегонке с целью получения сланцевой смолы, должны получить иное использование. Этот газ, после его очистки от сероводорода и углекислоты с попутным извлечением серы, представляет собой высокоценное топливо, не только не уступающее по своим качествам обычному осветительному газу, но даже превосходящее его по своей теплотворной способности.

Приводим для сравнения анализ светильного газа крупнейших Европейских центров:

¹⁾ В одном из последних ММ журнала „Горючие сланцы“ (№5-6 за 1932 г.) химиком Нихамовым опубликованы новые анализы „швель-газа“ из веймарских и волжских сланцев. Эти анализы мало меняют качественную характеристику швельгаза (с точки зрения его состава), но показывают меньший выход газа, чем в приведенных нами выше данных. Однако, по сообщению инж. Цванцигера на 2-ой топлив. конференции, опубликованные Нихамовым сведения еще нуждаются в исправлениях.

Состав газа	Очищенный газ из сланцев		Средний состав светильного газа по г. г. Лондону, Парижу, Берлину и Москве ¹⁾
	Кашпира	Общего Сырта	
CO	6,2	16,8	8,5
H ₂	38,0	27,8	51,0
Cn H _{2n}	9,6	9,0	4,1
CH ₄	23,7	23,4	27,5
C ₂ H ₆	11,3	11,5	—
N ₂	11,2	11,5	6,0
CO ₂	—	—	1,9
O ₂	—	—	0,7
Итого	100,0	100,0	100,0

Теплотворная способность очищенного сланцевого швель-газа, как уже было указано, составляет больше 6.000 калорий на кубометр против обычных 4.500 калорий для светильного газа.

Таким образом, очищенный швель-газ из сланцев должен найти себе применения в качестве превосходного топлива для бытовых целей и технологических нужд промышленности.

б) Газ, получаемый при высокотемпературной перегонке сланцев.

Газ, получаемый при высоко-температурной перегонке, т.е. в условиях аналогичных тем, в которых производится коксование каменного угля, или протекает производство светильного газа, значительно отличается от швель-газа как по своему химическому составу, так и по выходам на тонну перерабатываемого сырья (сланца).

Исследование этого газа было произведено в 1931 году Ленингр. филиалом Сланцевого научно-исследовательского института; газификации подвергались сланцы веймарские, кашпирские и Общего Сырта при T° в 900°, 1000° и в 1100° причем, получился газ следующего состава ²⁾ (в объемных % %):

¹⁾ Проф. Вильямс „Основные свойства топлива“, ГИЗ, 1924 г. стр. 71-72.

²⁾ Анализы представлены нам инж. Хисиями.

	Веймар			Кашпир			Общий Сырт		
	ТЕМПЕРАТУРА КОКСОВАНИЯ								
	900°	1000°	1100°	900°	1000°	1100°	900°	1000°	1100°
H ₂ S+CO ₂ .	7,8	5,4	1,6	9,5	12,5	10,8	9,7	10,1	7,7
CnHm	11,6	5,6	1,3	4,9	3,4	3,8	6,3	1,2	0,2
CH ₄	34,9	29,1	18,4	28,9	20,6	15,9	28,2	17,7	13,9
CO	5,7	9,8	16,6	10,9	16,7	24,4	13,5	21,8	26,3
H ₂	40,0	49,8	61,9	42,7	45,1	44,6	42,3	49,2	51,9
Выход газа в куб. метрах на 1 тонну . .	250	360	480	200	250	400	320	410	510

На основании этих данных легко установить выход газа очищенного от сероводорода и уголекислоты и остаток очищенного газа в случае извлечения из последнего водорода (в куб. метрах):

	Веймар			Кашпир			Общий Сырт		
	900°	1000°	1100°	900°	1000°	1100°	900°	1000°	1100°
Выход очищенного газа (без $H_2S + CO_2$).	230	340	470	180	215	350	290	360	470
Остаток в случае извлечения водорода	130	160	175	95	105	175	150	165	200

Вычисляя теплотворную способность газа высокотемпературной перегонки по его химическому составу, получаем следующий результат:

Теплопроизводительная способность 1 куб. метра	Веймар			Кашпир			Общин Сырт		
	ТЕМПЕРАТУРА КОКСОВАНИЯ								
	900°	1000°	1100°	900°	1000°	1100°	900°	1000°	1100°
а) сырого газа	5960	4925	3850	4740	4070	3840	4945	3737	3390
б) очищен. „	6300	5125	3900	5040	4450	4250	5250	4000	3620
в) газа, после извлечения Н ₂	9160	7950	6150	7300	6450	5900	6400	5700	5000

Как видно из этих таблиц, выход газа с повышением температуры коксования резко возрастает. Средний выход газа при T^0 от 1000^0 до 1100^0 довольно значительно превышает выход газа при коксовании каменного или даже специально газового угля.

С другой стороны, при коксовании каменного угля получается ряд побочных ценных продуктов, содержащихся в смоле, и кокс, служащий топливом; при высокотемпературной же перегонке сланца, во-первых, горючего кокса не получается, и, во-вторых, выход смолы резко падает, примерно до 4% от веса сланца при 900^0 , до 3% в условиях перегонки при 1000^0 и до 2% при 1100^0 ¹⁾ против 10—15%, получаемых при перегонке до 500^0 ²⁾. Эта смола может быть использована в качестве сырья для производства пластических масс и искусственного асфальта.

В качестве отходов производства газа высокотемпературной перегонки, помимо смолы, будем иметь серу (не менее 1% от веса перерабатываемого сланца) и сланцевый кокс, как сырье для производства стройматериалов.

Основное отличие очищенного газа высокотемпературной перегонки сланцев от обычного светильного или коксового газа заключается в более высоком % окиси углерода (CO). По остальным компонентам очищенный сланцевый газ высокотемпературной перегонки (в особенности, газ полученный при 900^0) почти не отличается от обычного коксового или светильного газа. Высокий % содержания окиси углерода в сланцевом газе возрастает еще более значительно после очистки от сероводорода и уголекислоты и извлечения водорода. Соответствующие изменения представлены в следующей таблице:

Процент содержания CO в газе	ТЕМПЕРАТУРА ПЕРЕГОНКИ		
	900°	1000°	1100°
I. Очищенном от $H_2S + CO_2$			
Кашпир	12,0	19,1	27,4
Общий Сырт	15,0	24,2	28,5
II. Очищенном и после извлечения водорода.			
Кашпир	24,8	39,4	54,7
Общий Сырт	28,1	53,6	65,1

¹⁾ Согласно указаний полученных нами от инж. Хисина, дирек. Кашпирского филиала научно-исслед. института сланцевой промышленности.

²⁾ Преф. Раковский — „Химия и технология сланцев“, статья в сборнике „Энергетика и промышленность“, стр. 55.

Вопрос об окиси углерода в светильном газе рассматривается обычно с санитарной точки зрения, т. к. высокий % окиси углерода создает угрозу тяжелых отравлений при употреблении такого газа.

Еще в 1897 г. в Англии предполагалось установить предельную норму содержания СО в газе в 20%. Эта норма, однако, не была выдержана. В практике газовых заводов довольно широко применяется примешивание водяного газа; последний же содержит до 40-42% ¹⁾ окиси углерода. Примесь водяного газа на заводах Англии в 1926 г. (в связи с угольной забастовкой) достигала 60-70% ²⁾; при этом содержание СО в смешанном газе должно было достигнуть от 27% до 34%. В Германии в отдельных случаях количество водяного газа достигает 50%, а % содержания СО, следовательно, 23—25%. Наконец, в Америке ряд городов снабжается карбюрированным газом, содержащим окись углерода в размере до 30% ³⁾.

Таким образом, на практике установился предел содержания СО в светильном и отопительном газе, примерно, в 30%. А отсюда можно сделать следующие выводы для сланцевого газа высокотемпературной перегонки:

а) газ, очищенный от H_2S и CO_2 (сероводорода и углекислоты) по своему составу и содержанию СО (не выше 28,5%) может найти себе непосредственное применение, как обычный светильный газ;

б) газ, получаемый в остатке в больших количествах после очищения от H_2S и CO_2 и выделения водорода (для других производств) может быть использован в качестве светильного или отопительного газа только в случае перегонки сланца при T^0 в 900^0 , т. к. в случае перегонки при 1000^0 и выше процент содержания окиси углерода повышается до 40-50-60%, значительно превышая установившуюся на практике предельную норму содержания СО в газе и делая, очевидно, невозможным применение такого газа (после извлечения водорода) в сетях общего пользования.

Так как сланцевый газ в качестве топлива будет использоваться уже после отбора водорода для синтеза аммиака и гидрогенизации, то после сказанного, очевидно, что наиболее рациональное направление переработки сланцев для получения газа заключается в высокотемпературной перегонке, иначе говоря, в коксовании, при температуре в 900^0 .

Процент содержания водорода в очищенном газе высокотемпературной перегонки кашпирских сланцев достигает 47,2%, сыровских сланцев—48,3%, т. е. средней нормы содержания водорода в светильном или коксовальном газе.

в) Генераторный газ из сланцев.

Вопрос о получении из сланцев генераторного или двойного газа, или газа, получающегося при пропуске через горящий в гене-

¹⁾ Проф. Окнов "Топливо и его сжигание", стр. 113, 122.

²⁾ Материалы I топливной конференции, г. II. Газификация подмосковного угля", стр. 14.

³⁾ См. там же, стр. 15.

раторе сланец струи воздуха или струи воздуха и водяного пара, не представляется достаточно ясным.

При испытании Кашпирских сланцев в Эстонии, в генераторе сист. Пинча, инж. Хисин получил следующие результаты: ¹⁾

Выход—730 м³ на 1 тонну сланца

Q—900 калорий

Состав газа:

CO ₂	20,4%	H ₂	9,6%
H ₂ S	1,0 „	CH ₄	1,1 „
CnH _{2n}	0,7 „	C ₂ H ₆	0,5 „
O ₂	0,6 „	N ₂	58'0 „
CO	8,0 „		

Кроме того было получено 7% смолы (Q-9292 калорий) и 56,6% полукокса (Q—447) при и. п. д. в 67,8%.

Как видно из этих цифр при генераторном способе получается газ весьма низкой калорийности.

Еще менее благоприятные результаты, судя по краткому сообщению (№ 624) в № 24 „Новостей техники“ получились при газификации сланцев в генераторе сист. Тиссен, В то время, как при опытах с веймарскими сланцами удалось получить газ калорийностью в 1200 калсрий в кубометре, что является уже удовлетворительным результатом для генераторного (воздушного) газа, газ из Кашпирских сланцев оказался весьма бедным—600 кал. (в м³. Химического состава газа из Кашпирского сланца не приведено. Выхода также не показаны.

Наконец, в справочнике Шарова и Кирпичникова ²⁾ приводится расход дробленого сланца на 1000 м³ генераторного газа—0,81 тонна; следовательно, из 1 тонны сланца по этим данным получается около 3200 куб. метров. Однако, такой выход генерат. газа из сланцев не внушает никакого доверия.

В таких, примерно, количествах генераторный газ получается при переработке каменного угля (до 4000—4500 кубометров); но выход генераторного воздушного или водяного газа, в отличие от газа сухой перегонки, как известно, зависит не от летучей части, а от содержания углерода в исходном материале; количество же свободного углерода в сланцах незначительно.

Таким образом, материалы по генераторному газу из сланцев нуждаются еще в дополнительных исследованиях.

Следует лишь отметить, что этот газ вообще не пригоден для целей синтеза аммиака, благодаря ничтожному содержанию водорода. С этой точки зрения более интересным явилось бы получение двой-

¹⁾ „Материалы к технико-экономическому обоснованию Кашпирского комбината“ стр. 30. Всехимпром 1930 г.

²⁾ „Расходные коэффициенты и основные показатели по главнейшим химич. производствам“ ГНТИ, Ленинград, 1931 г. стр. 30.

ного водяного газа из сланцев с содержанием водорода от 40 до 45% ¹⁾ Но технологическая возможность получения водяного газа из Волжских сланцев пока еще не проверена.

С другой стороны, генераторный газ (как воздушный, так и двойной водяной), благодаря низкой теплотворной способности не годится для дальнейшей передачи по газопроводам и для применения в сетях общего пользования (средняя теплотворная способность светильного газа составляет от 4000 до 4500 калорий).

Поэтому, основной интерес генераторный газ может представить лишь с точки зрения его смешения с богатым газом, получаемым при швелевании или коксовании сланцев, для понижения теплотворной способности последнего до принятых на практике норм, а также для использования газа на месте при газификации сланца на некоторых предприятиях (кирпичные, известковые заводы) ²⁾.

Из этих соображений в дальнейших расчетах мы основываемся, преимущественно, на данных о швель газе и газе высокотемпературной перегонки сланцев.

г) Газ, получаемый при гидрогенизации сланцевой смолы.

Заканчивая характеристику газа, получаемого при переработке сланцев, следует сказать также несколько слов о газе, который будет получаться в качестве отхода при гидрогенизации сланцевой смолы. При однократной гидрогенизации Кашпирской смолы получается газ такого состава ³⁾:

В объемных %	
$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S}$	2,4
C_nH_m	0,1
O_2	0,9
CH_4 ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$)	61,7
H_2	34,8

Газ такого состава обладает теплотворной способностью (игнорируя первое слагаемое) около 6,200 калорий на 1 куб. метр. Уд. вес газа = 0,664. Общий выход газа (вместе с потерями) определяется Тиличевым и Селедзиевым при нескольких повторных гидрогенизациях около 25% от веса смолы ³⁾.

¹⁾ „Краткий очерк Кашпирского сланцевого строительства“, стр. 51, Сланцепроект, 1931 г.

²⁾ В настоящее время опыты с положительным результатом по газификации Волжских сланцев в генераторах собственной системы ведутся Поволжским отделением Всесоюз Теплотехнич. Института (ПОВТИ); официальные отчеты об этих работах, однако, еще не опубликованы.

³⁾ Тиличев и Селедзиев: „Крекинг и гидрогенизация сланцевых смол“, статья в журнале „Химия твердого топлива“, № 2 за 31 г. стр. 10-11.

Выход газа при первичной гидрогенизации составляет 90,5 куб. метр. на тонну перерабатываемой смолы, или около 7,8% по весу. Принимая во внимание довольно значительные потери, достигавшие при опытах по гидрогенизации 10-15%, можно, очевидно, принять чистый выход газа при нескольких повторных процессах гидрогенизации около 15-16% от веса смолы, что в пересчете на куб. метры дает около 170 куб. метров газа на каждую тонну смолы.

VIII. Себестоимость газа при высокотемпературной перегонке сланца.

В настоящей работе мы рассматриваем себестоимость газа только при том способе переработки сланцев, при котором газ является ведущим продуктом и при котором, согласно ранее изложенным соображениям, будет получаться основная масса газа, т. е. при высокотемпературной перегонке (при „коксовании“) сланцев.

При подсчете себестоимости этого газа мы отчасти исходим из калькуляций Сланцепроекта, приложенных к „Предварительному технико-экономическому обоснованию энерго-химического комбината на Общем Сырте“ (том II, стр. 104-113), внося в них ряд существенных коррективов. При этом мы основывались на следующих соображениях:

1. Стоимость сланца принята в 5 р. 50 к. за тонну франко-печь в соответствии с имевшимися до сих пор официальными установками Союзсланца на второе пятилетие¹⁾.

2. Расход активированного угля и сернистого аммония для очистки газа от сероводорода и для извлечения серы взят по данным Сланцепроекта по калькуляции газа низкотемпературной перегонки с поправкой на содержание сероводорода в газе высокотемпературной перегонки.

3. Выход смолы взят в размере 4% от веса сланца, согласно приведенных выше данных.

4. Выход серы взят в размере 1,1% от веса перерабатываемого сланца, что составляет 70% от действительного содержания серы в газе в форме сероводорода (1,65% сероводорода от веса сланца, в том числе 1,56% серы).

5. Выход подсмольного аммиака принят в размере 0,4% согласно указанной работы Сланцепроекта²⁾.

6. Расход сланца в качестве топлива принят в том же отношении к перегоняемому сланцу, как и в калькуляциях Сланцепро-

¹⁾ По расчетам Средневолжской к-ры Союзсланца перспективная себестоимость сланца составит 7 р. 30 к. По проектным данным, коммерческая себестоимость сланца на Кашпирском механизир. руднике в 1 млн. тонн составит 5 р. 88 к. (см. журнал „Горючие сланцы“, № 5-6 за 1932 г., статьи В. Шевелева. „О себестоимости сланцев“). Инж. Шевелев (там же) определяет скорректированную себестоимость отсортированного и обогащенного Кашпирского сланца франко-вагон станция отправления в 6 р. 58 коп.; то же для сланца Общего Сырта--в 6 р. 50 к. Инж. Цванцигер (см. его доклад в химич. секции 2-ой топливной конференции) подсчитывает перспективную себестоимость сортированного Кашпирского сланца в размере 5 р. 98 к. за тонну. По его же указанию себестоимость сортированного сланца на Общем Сырте не должна будет превысить 4 р. 90 к.-5 р. за тонну.

²⁾ Том II, стр. 29.

экта, т. е. около 25%, так как эта норма соответствует, примерно, принятым в литературе данным. Так, по Метцгеру ¹⁾ для газификации сланцев требуется на 1 тонну около 450 тыс. калорий, или (в переводе на условное топливо)—64 кгр.; в переводе на сланцы это составит:

При Q (теплотвор. способности)=2500 кал.—180 кгр., или 18% от веса перегоняемого сланца.

При $Q=2000$ кал.—225 кгр., или 22,5% перегоняемого сланца.

Обычный же расход топлива на перегонку составляет от 12 до 28% от загруженного в реторту угля ²⁾.

7. Расход энергии, принят по материалам Сланцепроэкта для Кашпирского и Сыртовского комбинатов в 10 кв. часов на 1 тонну сланца; стоимость энергии взята по расчетам группы перспективного планирования б. КрайСНХ с некоторым увеличением за счет стоимости передачи.

8. Расход воды взят также по материалам Сланцепроэкта, но с поправкой на добавочную воду, в количестве всего 3,3 куб метра на 1 тонну перерабатываемого сланца; стоимость кубометра принята в 25 коп. по расчетам Сланцепроэкта в случае расположения завода на Общем Сырте.

9. При расчете капитальных затрат мы, в отличие от Сланцепроэкта, ориентирующегося на установку с ретортными печами, остановились на печах коксовального типа; помимо того, что при этом типе печей весьма значительно понижаются все затраты на капитальное строительство, мы исходим из тех соображений, что высокотемпературная перегонка в сущности ничем не отличается от обычного коксования, а также из данных о новейшей практике немецкой газовой промышленности.

Действительно, получившие большое распространение в Германии, „камерные газовые печи (горизонтальные и наклонные) почти не отличаются от коксовых печей, в которых, кроме получения кокса, улавливаются все продукты разложения угля“ ³⁾.

О распространении в Германии коксовальных печей в газовом производстве имеются также следующие сведения ⁴⁾.

„Применение коксовальных печей в газовом производстве стало возможным с 1911 года при замене коксовального газа генераторным для обогрева печей. Газовые заводы во Франкфурте, Дюссельдорфе, Берлине, Штутгарте перешли на коксовальные печи. В Штутгарте недавно окончилась постройка батареи из 120 печей с суточным газованием до 500 тонн угля“.

„Коксовальные печи имеют более высокий коэффициент полезного действия и более высокую среднюю выработку на 1 рабочего, чем газовые печи“.

¹⁾ Бейшлат „Пути использования бурых углей и сланцев“, стр. 98.

²⁾ Технич. энциклопедия, том IV, стр. 927.

³⁾ Техническая энциклопедия, том IV, стр. 925-926.

⁴⁾ См. Забродин и Былинкин „Состояние газовой промышленности Германии и газовое хозяйство Берлина“, отчет о заграничной командировке летом 1930 года, М. 1930, стр. 10-12.

„Мощные газовые заводы переходят на камерные печи“.

Напротив:

„Реторные печи дальнейших перспектив не имеют“ ¹⁾.

Для определения размера капитальных затрат по сланцевому газовому заводу с коксовальными печами были приняты в расчет следующие данные по материалам проектов современных коксо-бензольных установок на крупнейших строящихся в настоящее время предприятиях Союза, а также материалы к проекту Бобриковского комбината:

Название предприятия	Количество переработыв. топлива в тонн. в год	Капитальные затраты	
		Всего в тыс. руб.	На 1 тонну перерабат. топлива в рублях
1. Коксо-бензольные установки Магнитогорского завода: ²⁾			
а) 3 батареи по 63 печи . .	970.000 тонн Кузнец. угля	9.000	—
б) цех улавливания побочных продуктов	—	4.381	—
в) газоочистка	—	4.372	—
г) прочие затраты (газгольдеры, компрессия и т. д.) . .	—	1.100	—
д) транспорт (ориентиров. 1/4 затрат на транспорт по всему заводу)	—	1.500	—
Итого . . .	970.000	20.353	21,0
2. Коксо-бензольные установки по проекту Тельбесского завода: ³⁾			
а) 2 батареи по 38 печей .	392.000 тонн	5.520	—
б) цех улавливания побочных продуктов	—	3.375	—
Итого . . .	392.000 тонн .	8,895	22,7

¹⁾ Там же.

²⁾ Проект Магнитогорского завода, стр. 630-633, Гипромет, 29 г.

³⁾ „Тезисы к экономическому обоснованию проекта Тельбесского завода“.

Название предприятия	Количество переработки топлива в тонн. в год	Капитальные затраты	
		Всего в тыс. руб.	На 1 тонну переработки топлива в рублях
3. Коксо-бензольные установки Криворожского завода: 1)			
а) коксовальн. цех	1.175.900 тонн угля	10.836	—
б) цех улавливания побочных продуктов	—	5.388	—
в) газгольдеры	—	1.280	—
г) склад угля	—	1.328	—
д) транспорт (ориент.)	—	2.500	—
Итого	1.175.900 тонн угля	21.332	18,1
4. Газификация подмосковн. угля—завод в Бобриках производительностью в 660 млн м ³ карбюрированного газа в год в газогенераторах 2)	961.000 тонн угля плюс 110.000 тонн масла	24.103	22,5
5. Тоже по предв. расчетам Москвугля 3)	960.000 тонн угля плюс 110.000 тонн смолы	29.000	27,3

На основании всех приведенных цифр принимаем для капитальных затрат из осторожности наиболее высокое соотношение—28 р. на тонну перерабатываемой в год продукции. Эта цифра значительно превышает все те нормы, которыми мы располагаем, как

¹) Проект Криворожского металлургич. завода, стр. 360-364, Гипромез, 1929 г.

²) Из материалов Москманинвостроя к I Всесоюзной топливн. конференции; т. II "Газификация подмосковн. угля" (стр. 16-17).

³) Из материалов к I Всесоюзн. топливн. конференции (т. I, К решению проблемы топливоснабжения", стр. 23).

Таким образом, при масштабе производства в 370—380 млн. кубометров очищенного газа (с целью получения 180 млн. м³ водорода) и переработке для этой цели 1.300 тыс. тонн сланцев потребуется капит. затрат в сумме всего 36,4 млн. рублей.

оборудование	25,3
--------------	------

10. Совершенно аналогично устанавливаем количество рабочих.

По тем же проектным данным имеем:

1) Проект Магнитогорского завода, стр. 287.

²⁾ Тезисы к экономическому обоснованию Тельбесского завода.

2) Проект Криворожского завода, стр. 177 и 349

*) Материалы к топливной конференции, т. II, Газификация подмосковного угля, стр. 17.

Расход рабочей силы можно также установить на основе данных о ретортных печах, которые однако, как только, что указывалось, дают более низкую среднюю выработку на 1 рабочего. Количество угля перерабатываемого одним рабочим при газификации в ретортах выражается в следующих количествах (в сутки).

В горизонт. ретортах с механизированной погрузкой и выгрузкой	до 6 тонн
Наклонные реторты	до 9 „
Вертикальные	до 40 „ ¹⁾

Если исходить из нормы в 9 тонн на 1 раб. в сутки и переработки 100 тыс. тонн топлива в год, то получается следующий расчет:

$$\frac{100.000}{267 \text{ (дней)} \times 9} = 42 \text{ (рабочих.)}$$

Для наших расчетов принимаем наиболее высокие соотношения и по рабочей силе, из осторожности еще более их увеличивая и округляя до 45 чел. на 100 тыс. тонн перерабатываемого в год топлива.

Количество служащих и административно-технического персонала для калькуляционных расчетов принято в 16% от числа рабочих.

11. Все прочие нормы приняты после проверки калькуляций Сланцепроекта с официальными нормами Химпроекта и ПЭУ Всехимпром²⁾.

В результате всех этих соображений ориентировочная себестоимость 1 кубо-метра очищенного от сероводорода и уголекислоты газа может быть подсчитана следующим образом:

Ориентировочная калькуляция сланцевого газа высокотемпературной перегонки.

Условия перегонки: 1) Температура—900°.

2. Сырье—сланцы Общего Сырта с теплотворной способностью в 3.000-3.500 калорий.

Выход продукции: газа сырого—415 млн. кубометров, очищенного газа—375 млн. кубометров.

¹⁾ Техническая энциклопедия, том IV, стр. 927.

²⁾ См. справочник Шарова и Кирпичникова, стр. 106-107.

	Расход	Цена в руб. цехах	Сумма в тыс. руб.
А. Основные расходы:			
Основные материалы:			
Сланец в тоннах	1.300.000	5 р. 50 к.	7.150
Уголь активиров. в тоннах	440	800 р.	352
Сернистый аммоний „	1 070	400 р.	428
Итого по основным материалам	—	—	7 930
Отходы:			
Смола (4%) в тоннах	52.000	40 р.	2.080
Сера (1,1%) „	14.300	150 р.	2.140
Подсмолян. аммиак (0,4%) „	5.200	250 р.	1.300
Зола (50%) в тоннах	650.000	3 р.	1.950
Итого отходов	—	—	7.470
Топливо, энергия, вода			
Сланец в тоннах	325.000	5 р. 50 к.	1.790
Энергия в тыс. кл. час	13.000	2,2 к.	286
Вода, в тыс. куб. мет.	4.360	25 к.	1.075
Работа.			
Произв. и вспом. раб.	585	112 р. × 12 к.	785
Начислен. (26,5%)	—	—	208
Итого по „А“ — основные расходы	—	—	4.604

	Расход	Цена в руб- лях	Сумма в тыс. руб.
Б. Наилладные расходы:			
Цеховые расходы			
Администр. и инж.-тех. персонал	94	275 р. × 12	310
Начисления (26,5%)	—	—	81
На всю зарплату. } Накл. расх. 6,4%	—	—	70
} Охрана труда 9,5%	—	—	104
Содержание машин и оборудо- вания—0,85%	—	—	215
Текущий ремонт:			
а) зданий и сооруж. 1%	—	—	111
б) оборудован. 5%	—	—	1 265
Амортизация			
а) зданий и сооруж. 2,7%	—	—	300
б) оборудования 8,9%	—	—	2 250
Страховка 0,15%	—	—	55
Прочие расходы (5% цеховых расходов)	—	—	238
Итого цех. расхо- дов	—	—	4.999
Цеховая себест.	—	—	9.603
Общезаводские расходы (6% цеховой себестоимости)	—	—	576
Всего	—	—	10.179

Отсюда—себестоимость 1 м³ очищенного газа:

$$\frac{1.017.900.000}{375.000.000} = 2,72 \text{ коп.,}$$

—при теплотворной способности газа равной 5.250 калорий.

Себестоимость 1000 калорий	0,52 коп.
„ газа в переводе на 4000 кал.	2,07 коп.
„ „ „ 4500 кал.	2,33 коп.

Сопоставляя полученные цифры с вероятной себестоимостью газа на Бобриковском комбинате по материалам Мосхимэнергостроя ¹⁾, получаем такой результат:

Стоимость 1 куб. метра газа, содержащего 3.800 калорий, в Бобриках (франко-завод)	2,16 коп.
Себестоимость 1 куб. метра сланцевого газа в пересчете на 3.800 калорий	1,96 коп.

Таким образом, на базе сыртовских сланцев получится газ во всяком случае не дороже, чем газ строящегося в Бобриках энерго-химического комбината на подмосковном угле.

В случае переноса сланцевого энерго-химического комбината на Волгу—ближе к воде, к основным потребителям продукции и газа, остающегося после отбора водорода, например, в Екатериновку, в расчет себестоимости потребуется внести некоторые изменения:

1. Расстояние от рудников на Общем Сырте до Липягов—по данным, изложенным в спец. записке Средволэнерго по вопросу перенесения энерго-химического комбината с Общего Сырта к Волге (по трассе жел. дороги: Кряж, Яблонов Овраг и по левому берегу реки Мочи до площадки на Общем Сырте)—составляет 160 км. Далее имеем:

Расстояние от Липягов до Безенчука	47 км.
„ „ Безенчука до Екатериновки	12 „

Таким образом все расстояние до Екатериновки составляет 219 км.

Себестоимость перевозок сланца можно принять, примерно, по 0,6 коп. за тонно-километр во второй пятилетке ²⁾.

¹⁾ Материалы к I Всесоюзной топливной конференции, т. II „Газификация подмоск. угля“, стр. 40.

²⁾ См. „Методол. инст. по производству экономических исследований“, изд. НКПС, 1931 г.

Тогда одна тонна сырцового сланца в Екатериновке франко-станция обойдется в следующую сумму:

Стоимость 1 тонны франко-вагон	5 р. 50 к.
„ перевозки— $0,6 \times 219$	1 р. 31 к.
Раструска 3%	17 к.

Итого 6 р. 98 к.

Принимаем стоимость 1 тонны на газовом заводе с доставкой от станции (франко-бункера) кругло—в 7 р. 50 коп.

2. Стоимость воды для проектируемых электро-центральных по справке Средволэнерго составит во втором пятилетии от 3 до 8 коп. за м³ (без стоимости очистки), в среднем, следовательно, 5 коп. за м³; прибавляя сюда ориентировочно 3 коп. на каждый м³ для очистки, получим стоимость очищенной воды около 8 коп. за м³. Путем введения дифферен. тарифа стоимость воды для пр-сти может быть снижена на 2-3 коп., т. е. примерно до 5 коп. за м³ ¹⁾.

Остальные статьи калькуляции при переносе комбината в Екатериновку останутся без изменения; внося соответствующие поправки, подсчитываем себестоимость газа при постройке завода в Екатериновке:

В тыс. руб.

А. Основные расходы:	4.604
Увелич. стоим. сланца $2 \text{ р. } 00 \text{ к.} \times 1.300.000$	2.600
Уменьшен. стоим. воды $20 \text{ к.} \times 4.300.000$	860

Итого основных расходов . . . 6.344

Б. Накладные расходы.

В тыс. руб.

Цеховые расходы	4.999
---------------------------	-------

Цеховая себестоимость 11.343

Общезаводские расходы 6%	680
------------------------------------	-----

Всего 12.023

¹⁾ Что еще довольно значительно превышает стоимость воды по проектам крупных новостроек, а именно: мы имеем стоимость 1 кубометра воды для производства по проекту Криворож. з-да—0,87 к. (питьевая вода 7,3 к.) (стр. 341), по проекту Тельбесского завода—0,6 к. (стр. 100 и 72),—но соответствует стоимости воды по Вобриковск. комбинату („Газифик. подм. угля“, стр. 18.).

Откуда получаем себестоимость одного кубометра газа на заводе в Екатериновке:

$$\frac{1.202.300.000}{375.000.000} = 3,21 \text{ коп.}$$

Себестоимость 1000 калорий 0,61 коп.
газа в пересчете на 4000 калорий . . 2,44 коп.

Стоимость газа в пересчете на теплотвор. способность
Бобраз. газа (3800 калорий) 2,32 коп.

IX О методе очистки газа от сероводорода и получения серы

а) Окисление сероводорода газов до серы на твердом поглотителе (активированном угле)

В приведенных нами расчетах себестоимости газа принят метод очистки газа от сероводорода при помощи активированного угля.

Все методы очистки газов от сероводорода разделяются на две основные группы: способы мокрой очистки и способы сухой очистки. Мокрые способы заключаются в промывании газов через различные растворы. Сухой способ до сих пор заключался в пропускании светильного газа через болотную руду. Последний способ, однако, неприменим в предприятиях большого масштаба как из-за громоздкости очистной аппаратуры, так и из-за его дороговизны.

Последнее время получает все большее распространение метод сухой очистки газа от сероводорода при помощи активированного угля. Активированными углями обычно называют—древесный уголь, уголь из скорлупы орехов и т. п., обработанные водяным паром, вследствие чего, во первых, из них удалена значительная часть смолистых веществ, а, во вторых, достигается большая пористость.

Такие угли обладают большой способностью поглощать или удерживать на себе (почему они называются „адсорбентами“) сероводород. При пропускании неочищенного газа через активированный уголь происходит одновременно выделение сероводорода на адсорбенте и его окисление кислородом воздуха, примешиваемого к газу в соответствующем количестве. Реакция идет в этом случае по следующей формуле:¹⁾



Извлечение серы из активированного угля затем производится четыреххлористым углеродом, при помощи сернистого аммония или другим реактивом.²⁾

¹⁾ Проф. Раковский, Сажин и Юдкевич: „Сера из горючих сланцев“, статья в журн. „Химия твердого топлива“ № 1 за 1932 г., стр. 64.

²⁾ Там-же, стр. 68-70.

По указанию проф. Раковского, очистка газа окупается уже в том случае, если содержание серы составляет 6-7 грамм в кубометре газа.¹⁾

Такое содержание серы соответствует, примерно, 0,5% объемного содержания сероводорода в газе. Очистка газа при помощи активированного угля выгодна уже при содержании серы в 3 грамма на кубометр,²⁾ т. е. при содержании серы в десятки раз меньшем, чем в газе волжских сланцев. При этом большая концентрация серы не мешает реакции выделения.

Отсюда, как будто-бы, сам собою напрашивается вывод о несомненной выгоде выделения серы при очистке сланцевого газа, содержащего в таких огромных количествах сероводород (до 39% в шведь газе сырцовских сланцев). Вместе с тем в газе волжских сланцев открывается почти неисчерпаемый источник получения кристаллической серы.

Стоимость активированного угля в наших условиях пока очень высока, достигая 2000—2500 рублей за тонну. В наших расчетах стоимость его была принята в 800 руб., согласно предположений Сланцепроекта о необходимом снижении его стоимости при переходе к крупным масштабам производства.

Вопрос об активированном угле для очистки сланцевого газа практически, однако, разрешается гораздо проще. По опубликованным проф. Раковским данным,³⁾ для получения активированного угля вполне применим сланцевый полукокс, содержащий в среднем при низко-температурной перегонке сланцев от 14 до 16% связанного углерода. В среднем, при ряде опытов, произведенных со сланцевым полукоксом, подвергнутым активации обычным способом, оказалось, что такой полукокс удерживает серы до 56% от своего веса.

Согласно полученных нами дополнительных указаний от директора Каширского филиала научно-исслед. института сланцевой промышленности, Хисина, будем считать, что сланцевый полукокс улавливает серу при пропускании через него газа в размере только 40% от своего веса, и что он может быть подвергнут только двукратной регенерации (восстановлению), т. е., что каждая порция активированного сланцевого полукокса служит лишь три раза для очистки газа, а затем идет в отвал. Тогда стоимость очистки сланцевого газа при помощи сланцевого же полукокса представится в следующем виде:

стоимость 1 тонны полукокса	3 рубля
„ активизации (продувание водяным паром)	5 „
„ двукратной регенерации	10 „
Итого	18 руб.

¹⁾ Там же, стр. 61.

²⁾ Там же, стр. 66.

³⁾ Там же, стр. 67 и след.

После трехкратного использования в качестве активированного угля полукокс может пойти, как и весь остальной сланцевый полукокс, для пр-ства строит. материалов; будем, однако, считать его стоимость еще ниже, чем та цена, по которой в наших расчетах отпускается сланцевая зола—не по 3 рубля, а только по 2 рубля. За вычетом этих 2 рублей, сланцевый полукокс при трехкратном обороте для очистки газа обойдется в 16 рублей; из осторожности принимаем его стоимость в 18 рублей за тонну. Количество поглощенной серы при трехкратном обороте составит $0,4 \times 3 = 1,2$ тонны, что соответствует извлечению из газа, примерно, 1,27 тонны сероводорода, или—

$$\frac{1,27 \times 1000}{1,52} = 835 \text{ кубо-метров сероводорода.}$$

Следовательно, на тонну полученной серы, стоимостью около 150 рублей, расходуется всего на

$$\frac{18}{1,2 \times 0,70} = 21,4 \text{ рубля}$$

активированного сланцевого полукокса, даже если допустить, что извлекается только 70% серы, переходящей на поглотитель (активиров. полукокс).

В приведенной нами калькуляции для очистки 415 млн. куб. мтр. сырого газа при содержании в нем 14,1 млн. кубо-метров сероводорода потребуется:

$$\frac{14 \cdot 100.000}{835} = 17 \text{ тыс. тонн}$$

активного сланцевого полукокса; при стоимости последнего с двукратной регенерацией в 18 рублей это составит:

$18 \text{ р.} \times 17.000 = 306 \text{ тыс. рублей}$ против принятых нами в калькуляции стоимости активированного угля в 352 тыс. рублей.

б) Изменение состава сланцевого газа в зависимости от очистки при помощи активированного угля.

Для очистки при помощи активированного угля газ перед пропусканьем через уголь смешивается с воздухом для окисления сероводорода кислородом воздуха. В результате, $\frac{1}{5}$ количества примешанного воздуха в виде кислорода уходит на реакцию с сероводородом, а, примерно, $\frac{4}{5}$ в виде инертного азота примешиваются к газу, понижая его теплотворную способность и соответственно увеличивая объем.

Нетрудно подсчитать, что теоретически при этом объем, напр., швель-газа из сыровских сланцев, содержащего до 39% сероводорода, увеличится, приблизительно, на 72%, т. е., в 1,72 раза и во столько же раз снизится его теплотворная способность; следовательно, при этом способе очистки мы получим очищенный газ, разбавленный азотом, с теплотворной способностью в:

$$\frac{6.090}{1,72} = 3.520 \text{ калорий.}$$

На практике объем газа увеличится, а теплотворная способность снизится больше, т. к. количество воздуха которое надо будет при-
мешивать к газу для его очистки при пропускании через активиро-
ванный уголь, разумеется, будет превышать теоретически необходи-
мое количество.

Тем не менее увеличение объема газа за счет инертного азота
воздуха при одновременном понижении его теплотворной способности
не представляет собою сколько нибудь неприятного явления. В рас-
смотренном только что примере мы оперировали с сыртовским швель-
газом—наиболее богатым сероводородом; уже в кашпирском швель-
газе содержание сероводорода значительно меньше, а в газах высо-
котемпературной перегонки содержание сероводорода понижается, при-
мерно, до 3,3%—3,4%. Следовательно, для окисления потребуется
примешивать значительно меньше воздуха, чем в случае с швель-га-
зом сыртовских сланцев; соответственно в газ перейдет значитель-
но меньше азота, меньше увеличится его объем и меньше понизится
калорийность.

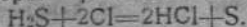
А так как во всех случаях будет получаться высококалорийный
газ (швель газ—после очистки, коксовальный газ—после очистки и
и отбора из него водорода) в 6000 и более калорий, при чем очи-
щенный швель-газ и остаточный коксовальный газ после отбора во-
дорода перед пуском в газопроводы для бытового и промышленного
потребления могут смешиваться, то некоторое понижение теплотвор-
ной способности такого смешанного газа должно рассматриваться лишь
как один из способов разведения газа азотом и понижения его теп-
лотворной способности до обычной нормы светильного газа—4.000
—4500 калорий в кубометре.

Менее желательной может оказаться только очистка активиро-
ванным углем газа высокотемпературной перегонки, т. к. добавление
азота к газу, предназначенному для дальнейшей обработки глубоким
охлаждением по методу Клода, может оказаться невыгодным вследст-
вие понижения относительного % содержания водорода в кубометре
газа.

в) Очистка газа хлором.

Имеются, однако, способы, при которых очистка газа может
производиться без понижения его теплотворной способности. Одним
из таких методов является очистка сланцевого газа при помощи
хлор-газа.

При очистке газа хлором происходит следующая реакция:



которая показывает, что мы получим, помимо серы, соляную
кислоту.

Расход хлора по этому методу не трудно вычислить. Расход
хлора теоретически составит:

$$\frac{35,5 \times 2}{34} = 2,1 \text{ количества сероводорода, подлежащего извлечению}$$

из газа.

В приведенной нами калькуляции при очистке 415 млн. кубометров газа потребуется удалить 14,1 млн. кубометров сероводорода весом в 21,5 тыс. тонн. Необходимое количество хлора составит:

$$21.500 \times 2,1 = 45 \text{ тыс. тонн.}$$

По расчетам к проекту Днепровского комбината тонна хлор-газа на современных установках будет стоить 92 р. 50 коп. за тонну.¹⁾ Следовательно, расход на хлор в нашем случае выразится в сумме:

$$92 \text{ р. } 50 \text{ к.} \times 45.000 = 4.170.000 \text{ рублей.}$$

В отходе получим: HCl (хлористый водород) в таком отношении:

$$\frac{2\text{HCl}}{\text{H}_2\text{S}} = \frac{73}{34} = 2,15, \text{ или } 21.500 \times 2,15 = 46 \text{ тыс. тонн, что в переводе на обычную соляную кислоту крепостью в } 20-22^\circ \text{ по Боме составит около } 130 \text{ тыс. тонн.}$$

При условии реализации этого количества соляной кислоты по $\frac{4.170.000 - 352.000}{130.000} = 29$ рублей за тонну, очистка хлором представляется не менее эффективной, чем активированным углем.

Х. Экономическая эффективность применения газа в сравнении с твердым топливом.

а) Стоимость транспорта газа.

Для определения стоимости передачи газа с Общего Сырта в Самару исходим из данных, приведенных в материалах по газопроводу Бобрики—Москва²⁾.

Последний расчет на передачу 657 млн. м³ газа в год на расстояние в 235 км. В предшествующих расчетах мы исходили из постройки на Сырте газового завода производительностью в 375 млн. м³ очищенного газа. После отбора водорода для химических производств будем иметь в остатке около 200 м³. Кроме того, при низкотемпературной перегонке 800 тыс. тонн сланца может быть получено еще 40 млн. м³ очищен. газа и около 17 млн. м³—от гидрогенизации. Принимая во внимание возможность и необходимость дальнейшего расширения газавого производства, рассмотрим вариант постройки газопровода с пропускной способностью в 300 млн. м³ газа на расстояние в 170 км. (магистраль Общий Сырт—Самара).

Стоимость передачи газа на дальнейшее расстояние складывается из двух основных моментов: из стоимости компрессии (сжатия газа) и стоимости транспортирования (перекачка газа) Для расчета Бобриковского газопровода приняты следующие исходные моменты: начальное дав-

¹⁾ „Днепровский комбинат“, Гипромез, II. 1929 г., стр. 65; в проектировках Богдистрой принимается несколько более низкая стоимость хлор-газа, а именно: 85 руб. за тонну.

²⁾ Материалы „Москванергострой“ к топливной конференции, т. II „Газификация подмоск. угля“, стр. 18 и след.

ление—15 атм., конечное—от 3 до 5 атм., компрессия—двухступенчатая.

В виду значительной длины газопровода, в случае передачи газа с Общего Сырта в Самару, давление и ступени компрессии принимаем такие же, как в Бобриковском комбинате.

Тогда, при капитальных затратах на постройку компрессорной станции производительностью в 35 тыс. м³ газа в час в размере около 1.500 тыс. руб., стоимость компрессии 306 млн. м³ газа в год составит около 1.120.000 рублей, а, исключая % на капитал,—1 030.000 руб., или 0,336 коп. на 1 м³, при стоимости энергии в 2,2 коп. за квт.-час.

Для получения стоимости транспортирования газа определяем размер капитальных затрат при прокладке газопровода длиной в 170 километров. Диаметр труб выбираем для расчета в 16 дюймов. Вес одного метра таких труб 109,2 килогр.

Стоимость труб на 1 килом. 43.680 р., полная стоимость прокладки километра газопровода 58.180 р. ¹⁾ В таком случае имеем:

Прокладка газопровода— 58.180×170	9.880 тыс. руб.
Сторожевые будки по одной на каждые 10 килом. по 7500 рублей	128 " "
Ремонтные мастерские 4 шт.	140 " "
Телефонная связь 170 км.	85 " "
Транспорт—8 автомоб.	40 " "

Итого затрат по газопроводу . . 10.273 тыс. руб.

Таким же образом рассчитываем и эксплуатационную стоимость транспортирования газа соответственно расстоянию в 170 километров:

Рабочая сила:

Сторожа— $17 \times 12 \times 60$	12.240 руб.
Ремонт. бригады $4 \times 6 \times 12 \times 75$	21.600 руб.
3 бригад. $3 \times 12 \times 100$	3.600 руб.
9 шоффер. $9 \times 12 \times 90$	9.720 руб.
Накладные расходы на зарплату (26,5%)	12.500 руб.
Отчисления на расходы по предприят. (2%)	205.460 руб.
Ремонт (0,5%)	50.136 руб.
Амортизация (4%)	410.920 руб.

Итого 726.176 руб.

¹⁾ Там же стр. 19, 24, 25.

—расходов на передачу 306 млн. м³, или на 1 м³:

$$\frac{72.617.600}{306.000.000} = 0,237 \text{ коп.}$$

Следовательно, полная стоимость передачи одного куб. метра газа с Общего Сырта в Самару составит следующую величину:

Компрессия 0,336 коп.

Перекачка 0,237 „

Итого 0,673 коп.

Стоимость 1 куб. метра газа калорийностью в 5250 кал. в Самаре, таким образом, складывается из следующих величин:

Стоимость газа на Общем Сырте 2,72 коп.

Действительная утечка (1%) 0,03 „

Перекачка газа 0,67 „

Итого 3,42 коп.

—или несколько выше стоимости газа, получаемого в случае переноса комбината с Общего Сырта к Волге (3,21 коп. в Екатерининке).

б) Сравнительная выгодность перевозки сланца и передачи газа.

Сопоставим вариант передачи газа и перевозки сланцев на большие расстояния, в данном случае—с Общего Сырта в Самару. Расстояние—около 170 килсм. Трассу предполагаем совпадающей для жел. дороги и газопровода (по длине). Тогда имеем:

Сланец франко—вагон 5 р. 50 к.

Стоимость перевозки $0,6 \times 170$ 1 р. 02 к.

Раструска (3%) — 17 к.

Итого 6 р. 69 к.

Во всех расчетах необходимо принимать во внимание, что в качестве топлива может быть пущен сыртовский сланец со средней теплотворной способностью не выше 2500 калорий, так как рациональная организация сланцевой промышленности требует, чтобы лучшие сорта сланца были использованы для химической промышленности. При теплотворной способности в 2500 калорий коэффициент перевода в условное топливо составит 2,8, а тонна условного топлива франко—ст. Самара в виде сыртовского сланца обойдется в

$$(6 \text{ р. } 69 \text{ к.} \times 2,8) = 18 \text{ р. } 75 \text{ к.}$$

Тонна же условного топлива в видега за, переданного в Самару с Общего Сырта, при стоимости последнего в Самаре в 3,42 коп за кубометр будет стоить в следующем размере:

$$\frac{3,42 \times 7.000}{5250} \times 1000 = 45 \text{ р. } 70 \text{ коп.}$$

Однако, при сравнении стоимости твердого сланца и сланцевого газа, при сжигании для различных целей должен быть учтен еще ряд условий.

в) Твердый сланец и сланцевый газ в топках крупных котельных установок.

При сравнении экономичности применения того или иного вида твердого топлива и газа под топками котлов следует иметь в виду крупное различие в расходах, связанных с обслуживанием топок. В случае, когда мы имеем дело с твердым топливом, расходы, связанные с его сжиганием включают в себя такие статьи, как хранение топлива, расходы по подаче топлива, по золоудалению и проч., не имеющие места при отоплении газом, не говоря уже о том, что при пользовании газом упрощается вообще весь уход за топкой, регулирование температуры и т. п.

По материалам, представленным I топливной конференции тов. Флаксерман¹⁾, суммарная стоимость всех видов обслуживания крупных котельных установок (включая сюда все расходы от вагона на станции назначения до топки, расходы по содержанию кочегаров и т. п.) в зависимости от топлива выражается в следующих цифрах:

Для каменного угля на тонну натур. топлива . . . 3 руб. 50 коп.

Для газа, на 1000 калорий — 20 коп.

В переводе на тонну условного топлива это составит:

Для сланца (при $Q=2500$) $3,50 \times 2,8$ 9,8 руб.

Для газа 1,4 руб.

Присоединяя эти расходы, получаем стоимость 1 тонны условного топлива в твердом сланце и в газе франко-топиа:

Сыртовский сланец.

Стоимость франко-станция Самара 18 р. 75 к.

Расходы по обслуживанию топки 9 р. 80 к.

Минус стоимость золы²⁾ 3 р. 78 к.

Итого 24 р. 77 к.

Газ с Общего Сырта.

Стоимость франко-Самара 45 р. 70 к.

Расходы по обслуживанию 1 р. 40 к.

Итого 47 р. 10 к.

¹⁾ Том I, „К решению проблемы топливоснабжения“, стр. 21.

²⁾ См. записку группы перспек. планир. КСНХ о себестоим. энергии и пара на сланцевых станциях.

Необходимо внести еще один корректив. Для современных крупных котельных с совершенным оборудованием и механизированными топками—коэффициент полезного действия всей установки для твердого топлива (каменного угля) колеблется от 83,5% до 89%, для подмосковного угля он составляет около 84% и для сланца (кашпирского)—78%¹⁾; для сыртовского сланца прием тот-же коэффициент, как и для кашпирского, т. е. 78%.

Для газа коэффициент полезного действия можно принять в 90,5%. Следовательно, коэффициент полезного действия твердого сланца в котельном агрегате на $\frac{(90,5-78,0) \times 100}{90,5} = 13,9\%$ ниже, чем газооб-

раз. топлива. Принимая во внимание это различие, вычисляем стоимость такого количества сланца в твердом виде, которое эквивалентно полезно затраченной тонне условного топлива в виде сланцевого газа под топками крупных котельных в Самаре:

$\frac{24 \text{ р. } 77 \text{ к.} \times 100}{(100-13,9)} = 28 \text{ р. } 75 \text{ к.}$, что все еще на 39% дешевле условной тонны газа (47 р. 10 к.).

Очевидно, что на основе этих расчетов предположения об использовании сланцевого газа в качестве топлива для крупных котельных установок безусловного отпадают.

Совершенно иная характеристика должна быть дана экономике применения сланцевого газа для бытовых целей и в качестве технологического топлива в промышленных печах.

г) Экономика применения сланцевого газа для бытовых целей.

При достигнутом в настоящее время очень высоком коэффициенте полезного действия усовершенствованных крупных котельных установок, различие в применяемом топливе особого влияния, как мы только что видели, на эффективность его сжигания в котельном агрегате не оказывает. Напротив, на основании различных источников, можно принять что коэффициент использования топлива в бытовых установках (кухонные плиты, ванне колонки и т. п.) при переходе с твердого топлива на газ повышается в среднем в 2-2½ раза.

Для сравнения выгоды применения в условиях Средней Волги для бытовых целей того или иного вида топлива, примем условно накладные расходы на доставку сланца со станций жел. дороги на склад и со склада потребителю, расходы по хранению сланца, вывозке золы и т. п. в том же размере, как для мелких котельных установок, т. е., в 4 руб. 90 к. с натуральн. тонны твердого топлива²⁾. Тогда имеем:

¹⁾ Генплан электрификации СССР, т. 7, стр. 51, М. 1932 года.

²⁾ Цифра взята из доклада Флаксермана на I Топливной конференции (Материалы, т. II): К решению проблемы топливоснабжения, стр. 21; для нашего случая она является безусловно резко преуменьшенной.

Стоимость условной тонны сырового сланца франко-станция в Самаре 18 р. 75 к.

Накладные расходы (доставка и т. п.) 4 р. 90 к. $\times 2,8$. 13 р. 70 к.

Итого (франко-топка потребителя) . . 32 р. 45 к.

Исключать стоимость золы в этом случае, очевидно, не приходится.

Для газа имеем следующие дополнительные расходы. При стоимости городского газового кольца в 3,5 млн. р. ¹⁾ на 600 млн м³ газа в год, 4% амортизационных составят 140 тыс. руб., или 0,023 коп. на 1 м³ газа; 0,0044 к. на 1000 калорий в газе; 0,031 коп. — на 7000 калорий и, наконец, $0,031 \text{ к.} \times 1000 = 31 \text{ к.}$ на эквивалент 1 тонны условного топлива.

Эксплуатац. расходы по газов. кольцу принимаем в 0,04 коп. на 1000 калорий²⁾ или $0,04 \text{ коп.} \times 7 \times 1000 = 2 \text{ р. 80 к.}$ на тонну условного топлива.

Итак, потребителю газ обойдется по следующей цене:

Стоимость франко-Самара 45 р. 70 к.

Амортизация городского кольца 31 к.

Эксплуатационные расходы 2 р. 80 к.

Итого эквивалент 1 тонны усл. топлива . 48 р. 81 к.

В пересчете на 1 м³ газа с теплотворной способностью в 4000 калорий получаем: $\frac{4881 \times 4000}{1000 \times 7000} = 2,79 \text{ коп.}$

По существующему в Москве тарифу за такой газ уплачивается в настоящее время потребителями для бытовых целей по 11 к. ³⁾

По материалам Мосхимэнергостроя газ Бзбриковского комбината более низкой теплотворной способности (в 3.800 калорий) будет стоить в Москве 3,08 коп. за кубометр ⁴⁾.

Принимая теперь к. п. д. для газа в бытовых условиях равным в среднем 70%, а для твердого топлива 30%, — получаем:

1. Стоимость полезно-использованных 1000 калорий сожженного кускового сланца:

$$\frac{3245 \times 100}{1000 \times 7 \times 30} = 1,55 \text{ коп.}$$

2) То же — для газа:

$$\frac{4881 \times 100}{1000 \times 7 \times 70} = 1,00 \text{ коп.}$$

¹⁾ Из материалов к Топливной конференции.

²⁾ Там же, т. II „Газификация подмосковного угля“, стр. 40.

³⁾ Там же.

⁴⁾ Там же, том II.

Следовательно, для бытовых целей газ дальнейшей передачи в $1\frac{1}{2}$ с лишним раз дешевле кускового сланца, не касаясь вопроса обо всех удобствах замены твердого топлива, да еще такого многозольного, как сланец,—газом.

Не лишен интереса также следующий подсчет:

Основным видом топлива для бытовых целей в настоящее время в Ср. Волге служат дрова.

Существующие на данный момент цены Средволснабсбыта за 1 м^3 дров франко-склад Самара (1932 г.):

Твердой породы 16 р. 80 к.

Мягкой 13 р. 75 к.

Принимая минимальную стоимость доставки 1 м^3 дров в Самаре—по тарифам Союзтранса—на среднее расстояние в 5 км. от пристани в 9 р. 60 к. за 1 тонну или 2 м^3 , получаем стоимость дров у потребителя:

$$13 \text{ р. } 75 \text{ к.} + \frac{1}{2} \cdot 9 \text{ р. } 60 \text{ к.} = 18 \text{ р. } 55 \text{ к. за } 1 \text{ м}^3, \text{ или в пе-}$$

$$\text{реводе на условное топливо за тонну: } \frac{18 \text{ р. } 55 \text{ к.}}{0,188} = 98,7 \text{ р.}$$

Каждая тысяча полезно-сожженных калорий, даже игнорируя расходы по эксплуатации дровяной топки в бытовых условиях (распиловка, расколка, хранение дров и т. п.), обходится потребителю:

$$\frac{9870 \times 100}{7 \times 1000 \times 30} = 4,70 \text{ коп. т. е.}$$

в три раза дороже, чем ему будет стоить твердый сланец, в 4,7 раза дороже, чем газ.

д) Газ в промышленных печах.

Промышленность должна явиться наиболее крупным потребителем газа для технологических целей.

Газ в качестве топлива для указанных целей находит применение в самых различных отраслях промышленности, в частности:

В металлургии,

„ стеклянном производстве,

„ производстве электро лампочек,

„ текстильных предприятиях (для опаливания и отделки тканей),

„ типографиях

На кондитерских фабриках,

„ хлебозаводах.

В производстве строительных материалов и т. д.

Коэффициент полезного действия различных промышленных печей варьирует в очень широких границах; так, к. п. д. для обычного кузнечного горна составляет 4,16%, шахтной печи для обжига известняка—

42,8%, нагревательных печей для слитков стали—31%, для печей Гофмана—71%, для мартеновских печей—29% и т. д. ¹⁾

Тринкс в своей работе „Промышленные печи“ ²⁾ указывает для ряда металлургических печей средний термический к. п. д. в пределах от 5,2% (штамповочная печь) до 32,6% (прокатная печь непрерывного действия). Там же он отмечает, что в зависимости от различных условий могут иметь место колебания в расходе топлива в одну и другую сторону на 50-60%.

Понятно, что при большом разнообразии промышленных печей и пестроте к. п. д. сжигаемого в них топлива, дать какой-либо общий для всех отраслей промышленности показатель, характеризующий, как меняется этот коэффициент в зависимости от того, в каком топливе применяется виде (твердом, жидком, газообразном), было бы весьма затруднительно.

С другой стороны, в промышленных печах мы имеем дело, во первых, с довольно низким в среднем к. п. д. сжигаемого топлива, и, во вторых, с весьма значительными колебаниями в его расходе в зависимости от условий сжигания. Таким образом, естественно предположить, что здесь к. п. д. отдельных печей может изменяться в довольно широких границах в зависимости от того, в каком именно виде подается топливо: твердом, жидком или газообразном, т. к. это является одним из важнейших условий полезного использования топлива. Для наших целей достаточно определить примерные колебания к. п. д. топлива в промыш. печах в ту и в другую сторону, в зависимости от вида топлива.

По материалам, приведенным в известном труде проф. Павлова „Металлургические печи“ ³⁾ можно сравнить в некоторых случаях к. п. д. печей в зависимости от вида топлива. Так, например, в случае горни для плавки стали в тиглях на коксе коэффициент полез. действия составляет только 2,1%, а в тигельном горне с колосниками Нобеля, приспособленном для получения стали на нефти, при прочих равных условиях (та же температура нагрева—1600°) к. п. д. уже поднимается до 7,8%, превышая, следовательно, почти в четыре раза к. п. д. для твердого топлива (кокса—в данном случае).

Павлов отмечает, что для промышленных печей вообще „дорогое топливо имеет особые преимущества, которые окупают переплату за даваемое ими количество тепла. . . упрощает и удешевляет как конструкцию печей, так и уход за ними, позволяя с выгодой, особенно когда требуется достижение высоких температур, им пользоваться. Таким же часто оказывается и газообразное топливо“ ⁴⁾

Вообще говоря, к. п. д. для газообразного топлива должен быть даже выше, чем для жидкого топлива; при почти одинаковых условиях сжигания того и другого, газообразное топливо обладает еще тем

¹⁾ Павлов—„Металлургические печи“, стр. 81 и след. Л. 1931 г.

²⁾ Стр. 302.

³⁾ Проф. Павлов „Металлургические печи“, Л. 1931 г., стр. 92.

⁴⁾ Там же, стр. 84-85.

преимуществом, что его пламени можно придавать любую форму, необходимую, например, для обработки металла, или концентрировать его на очень ограниченной площадке.

В тех случаях, когда промышленные печи могут работать только на газообразном (или жидком) топливе, как, например, мартеновские печи или печи в стекольном производстве, преимущество применения газа получаемого с крупного центрального газового завода выступает особенно наглядно.

Расход твердого топлива в Газогенераторе на 1 кгр. расплавленного стекла в ваннах печах составляет 0,9—0,95 условного кгр. для оконного стекла и 1,05—1,15 усл. кгр. для бутылочного стекла.

Расход нефти составляет 0,3—0,4 натур. кгр. для оконного стекла и 0,3—0,5 нат. кгр. нефти для бутылочного стекла ¹⁾, что в пересчете на условное топливо составляет соответственно: 0,5—0,6 кгр. и 0,5—0,8 кгр. на 1 кгр. расплавленного стекла, т. е. примерно, в 17/10 раза или на 40% меньше, чем при употреблении твердого топлива. Если обычный коэффициент пол. действия твердого топлива в стекольном производстве колеблется около 11-12%, то для жидкого топлива он, очевидно, поднимается до 19-20%.

Принимая условно для готового газа в стекольных печах к. п. д. также в 20%, рассчитываем сравнительную экономичность применения в стекольном производстве твердого топлива или газа с центрального газового завода.

До сих пор основным видом топлива для стекольных заводов в Ср.-Вол. крае являлись дрова.

По ценам Средволснаббита стоимость 1 куб. метра дров мягкой породы составляет в настоящее время 13 р. 75 к.; стекольным заводам дрова обходятся несколько дешевле, и 13 р. 75 к. можно принять за стоимость 1 м³ дров смешанной породы франко-топка на стекольном заводе.

Тогда, принимая во внимание к. п. д., получаем стоимость 1 условн. тонны полезно-использованного топлива в дровах на стекольном заводе:

$$\frac{13 \text{ р. } 75 \text{ к.} \times 100}{0,188 \times 12} = 608 \text{ р.,}$$

игнорируя при этом расходы, связанные с обслуживанием заводского газогенератора для дров.

Выше мы видели, что стоимость газа в случае передачи его с Общего Сырта, выразится в Самаре в 3,42 коп. за м³.

Принимая стоимость обслуживания промышленных печей на газе условно в том же размере, как в случае крупных котельных установок, т. е. по 1 р. 40 к. на тонну условного топлива, — вычисляем стоимость 1 условной тонны полезно-использованного топлива в газе для стекольного завода, в случае постройки его где-либо около Самары:

$$\left(\frac{3,42 \times 7.000 \times 1000}{5.250} + 140 \right) \times \frac{100}{20} = 235 \text{ р.,}$$

т. е. почти в три раза дешевле дров.

Стоимость 1 условной тонны топлива в виде твердого сланца при перевозке с Общего Сырта в Самару на расстояние в 170 км. составит, как мы видели выше, 18 р. 75 к. франко-станция.

Принимая накладные расходы на доставку сланца, его хранение, обслуживание топки в том же размере, как и для крупных котельных установок, имеем для дальнейших расчетов стоимость 1 условной тонны сланца в Самаре франко-газогенератор стекольного завода в 24 р. 77 к. за вычетом стоимости золы. Пересчитывая на условную тонну полезно—использованного топлива, получаем:

$$\frac{24 \text{ р. } 77 \text{ к.} \times 100}{10} = 247 \text{ р. } 70 \text{ к.,}$$

где к. п. д. генераторной установки на стекольном заводе приняты нами несколько ниже для сланца, чем для других видов топлива.

Таким образом, твердый сланец обойдется стекольным заводам также дешевле, чем дрова: в два с половиной раза; но по меньшей мере на 5% дороже газа¹⁾.

Если золу сланцев из под генераторов промышленных печей нельзя будет утилизировать в виду относительно меньшего размера и распыленности использования сланцев по сравнению с электроцентралями, то приведенные цифры по использованию твердого сланца на стекольном заводе возрастут до:

$$\frac{28 \text{ р. } 55 \text{ к.} \times 100}{10} = 285 \text{ р. } 50 \text{ к.,}$$

что уже на 21% дороже газа. Мартеновские печи являются другим типом промышленным печей работающих на газе. Для этих печей мы не станем повторять расчетов, аналогичных тем, которые приведены выше для сравнения экономичности применения генераторного газа или готового газа.

Насколько большое значение имеет топливо для экономики мартеновского процесса видно хотя бы из того, что суточная производительность мартеновских печей (в расчете на 1 м³ емкости печи) в зависимости от условий работы и, особенно, качества газа изменяется от 4 до 6 тонн, т. е. в полтора раза²⁾.

Поэтому если бы проектировавшийся в Самаре металлургический завод на газе от пиритных хвостов работал на привозном коксе, не имея собственных коксовых батарей, то наиболее рациональным было бы использовать для мартеновского (а также прокатного) производства этого завода газ с центрального газового завода, при чем, очищенный газ с такого завода имел бы все те преимущества перед обычным генераторным газом, которые так важны для нормальной работы мартеновской печи: постоянство состава при высокой калорийности и отсутствие вредных примесей (вроде H₂S).

Приведенные расчеты и соображения показывают, что выгоды от перехода в печах промышленного типа с твердого топлива на

¹⁾ В действительности больше, чем на 5%, если принять во внимание эксплуатационные расходы по газогенер. установке на стекольном заводе.

²⁾ Павлов „Металлургич. печи“ Л. 1931 г., стр. 102

газообразное по отношению к коэффициенту полезного использования топлива можно оценивать без всякого преувеличения в 1½-2 раза.

Принимая средний коэффициент полезного действия промышленных печей в 20% на твердом топливе ¹⁾, имеем для газообразного топлива к. п. д. в среднем от 30—40%

Пользуясь этими коэффициентами, подсчитываем стоимость одной полезно-использованной тонны условного топлива в твердом сланце в печах промышленного типа (в Самаре):

а) при утилизации золы:

$$\frac{24 \text{ р. } 77 \text{ к.} \times 100}{20} = 123 \text{ р. } 85 \text{ к.}$$

б) без использования золы:

$$\frac{28 \text{ р. } 55 \text{ к.} \times 100}{20} = 142 \text{ р. } 75 \text{ к.}$$

То же в виде газа (с Общего Сырта):

$$\frac{47.10 \text{ к.} \times 100}{40} = 118 \text{ р.}$$

Таким образом уже при допущении, что коэффициент полезного использования топлива в промышленных печах возрастает в два раза при переходе с твердого сланца на газ, является экономически вполне выгодной замена твердого сланца газом.

Между тем, на примере горна для плавки стали в тиглях мы видим, что к. п. д. при переходе на высоко-качественное топливо может возрасти в отдельных случаях не в два раза, а почти в четыре раза.

Если, наконец, учесть, что значительная часть промышленных печей требует высокосортного топлива и сланец в твердом виде в них просто неприменим, то становится очевидным, что в области промышленности открываются самые широкие перспективы применения сланцевого газа, и сжигание газа в печах промышленного типа, или, вообще, его использование для технологических целей должно быть признано наиболее рациональной формой его применения.

Вместе с тем, проблема топлива для центральной части края получит разрешение не только с точки зрения энергетики, но и с точки зрения удовлетворения наиболее строгих требований в технологическом топливе, за счет местных ресурсов, при газификации сланца.

XI Потребление газа.

Наиболее крупными потребителями газа в районе развития сланцевой промышленности (Общий Сырт—Самаро-Сызранский район) могут явиться следующие запроектированные во втором пятилетии промышленные предприятия.

¹⁾ По материалам Топливной конференции.

Завод синтетического каучука на Кашпире производительностью в 10 тыс. тонн. Потребность в технологическом топливе—35 тыс тонн условного топлива в год, в пересчете на газ (с теплотворной способностью в 4000 калорий на кубометр)—61 мил. м³. Завод начинается постройкой в 1933 году.

Стекольный завод на Кашпире на 45 тыс. тонн стекла. Потребность в технологическом топливе—34 тыс. тонн в год, в пересчете на газ—59 мил. м³. Завод намечается построить в начале второй пятилетки.

Группа металлозаводов в Самаре (действующие предприятия и новостройки: Станкостроительный завод, „Металлоштамп“, завод транспортеров, завод кино-аппаратуры, завод паровозных деталей „Сажерез“, Карбюраторный завод, завод дорожных машин, завод оборудования промышленного строительства, завод тяжелых грузовиков, центральная литейная и проч.) в конце второй пятилетки потребует до 45—50 тыс. тонн условного топлива, или в переводе на газ—до 90 мил. м³, не считая прочих промышленных потребителей газа в Самарском районе.

Что касается бытового потребления газа, то его можно рассчитать, исходя:

1) из очень низкого процента охвата газификацией существующего жилфонда, а, следовательно, и населения (в среднем 20 %);

2) из полного охвата газификацией всего нового рабочего жилищного строительства и рабочего населения в развивающихся промышленных населенных пунктах в районах размещения сланцевых комбинатов по норме в 200 кубометров газа (в пересчете на газ теплотворной способности в 4000 калорий).

В таком случае потребность в газе для бытовых нужд в этих пунктах в порядке грубой прикидки определится в следующем размере (на конец 2-ой 5 летки):

Общий Сырт	10 мил. м ³
Самара с Безымянкой	30 „ „
Чепавск	5 „ „
Сызрано-Кашпирский район	15 „ „

Итого 60 мил. м³.

XII. Низкотемпературная перегонка сланцев.

Последнее из трех основных направлений переработки сланца заключается, как было указано в самом начале, в низкотемпературной перегонке без последующей обработки полученной при этом смолы водородом под высоким давлением. Это—чисто „смоляное“ направление переработки сланцев.

Рассмотрим вариант переработки этим методом 1 млн. тонн кашпирского сланца.

Перегонка 1 млн. тонн кашпирского сланца при T⁰ не превышающей 500—550° по данным проф. Раковского должна дать около 100 тыс тонн смолы.

Предполагая всю эту смолу подвергнуть дальнейшей разгонке и переработке по следующей схеме (рекомендованной нам инж. Хисиним), получим в результате:

Продукты разгонки смолы	Выход в % от исходной смолы	В тысячах тонн
Первичный бензин	15%	15
Кислая часть (фенолы-крезолы)	15%	15
Солярка (тяжелая смола)	42%	42
Пек	20%	20
Потери	8%	8
Всего	100%	100

Получаемая при разгонке тяжелая фракция смолы („солярка“ — по аналогии с нефтяными продуктами) в количестве 42 тыс. тонн смолы может быть подвергнута дальнейшей переработке, напр., паровым крекингом по методу Дубровя.

Двукратный крекинг по этому способу должен дать следующую продукцию:

Название продуктов крекинга	Выход в % от исходной смолы	В тысячах тонн
Крекинг-бензин	50%	21
Крекинг-мазут	30%	13
Газ	10%	4,2
Сажа	2%	0,8
Потери	8%	3
Всего	100%	42,0

Согласно предварительного сообщения в № 1 журнала „Горючие сланцы“ за 1932 г.¹⁾, Научно-исследовательскому институту сланцевой промышленности удалось снизить содержание серы (в бензине) волжских сланцев с 9—11% до 0,3—0,57%, при сравнительно низких выходах очищенного бензина (29—36,5%) методом гидрогенизации при нормальном давлении, с болотной рудой в качестве катализатора. При изменении условий опыта и понижении температуры удалось повысить выход очищенного бензина до 78—79% при содержании серы в 3—4%. По позднейшим данным, полученным нами от автора указанной работы—инж. Хисина, можно вполне рассчитывать на выход бензина в размере 80% с содержанием серы в 0,8%, что уже делает этот бензин, с точки зрения последних научных данных,²⁾ вполне пригодным в качестве легкого моторного топлива (для автомобилей).

Имея всего 36 тыс. тонн бензина (15 тыс. тонн первичного бензина и 21 тыс. тонн крекинг-бензина), после гидрогенизации при нормальном давлении по этому способу получим 29 тыс. тонн очищенного бензина (80%).

Пек, получаемый при разгонке смолы в количестве 20% (20 тыс. тонн) вместе со смолой, получаемой при высокотемпературной перегонке сланцев, найдут себе применение, частью для производства пласт. масс, частью для производства искусст. асфальта.

Сланцевый пек и смола высокотемпер. перегонки являются превосходным сырьем для производства пластических масс во всех тех случаях, когда от последних требуется не особая механическая прочность, а хорошие изоляционные свойства или кислотоупорность. Поэтому, пластические массы из сланцевых пека и смол найдут себе применение в производстве различных изделий электротехнической пром-сти, в производстве аккумуляторных баков, предметов домашнего обихода, галантерей и т. п.

Смола высокотемпературной перегонки может быть также использована для производства гудрона из сланцевой смолы путем окисления воздухом. По этому методу получают „битумы, удовлетворяющие техническим условиям САСШ и СССР и по качеству не уступающие лучшим нефтяным битумам“³⁾. Выход окисленных битумов, считая на сланцевую смолу, равен 35%. Целесообразность производства искусственного гудрона из сланцевых смол ясна сама собой, если учесть, что современные отпускные цены на природный гудрон (Бахловского завода и заводов Средневолжского Вязтреста) достигают 400 руб. за тонну. Цена же тонны исходного сырья для произ-

1) См. статью Я. Хисина и П. Санина: „Обессеривание бензинов волжских сланцев“.

2) См. работы проф. Гиттис (Дизельный институт)—статья в журнале „Химия твердого топлива“ № 5 за 1931 год и брошюра „Сланцы и сланцевые смолы как топливо для двигателей внутреннего сгорания“, Энергоиздат, 1932 г.

3) Об этом способе см. статью 4-х авторов (Файнгар, Тишина, Ефремова, Урусов) „Получение битумов из сланцевой смолы“ в № 1 журнала „Горючие сланцы“ за 1932 г.

водства сланцевого гудрона (смола высокотемпературной перегонки) не превысит 30-40 рублей.

Фенол и крезолы, которых по принятой нами схеме получится 15 тыс. тонн, найдут обеспеченный сбыт, представляя собой остро-дефицитную продукцию.

По контр. цифрам на 1932 г. и подсчетам Госплана Союза удовлетворение потребности в фенолах и крезолах характеризуется в настоящее время след. цифрами (в тоннах): ¹⁾

	Производство	Потребление	% удовлетворение
Крезолы	1650	4.500	36,6%
Фенолы	1515	5.500	27,5%

По данным Ю. Калистратова, к 1933 г. дефицит по крезолам возрастет еще более, и потребность в последних будет удовлетворена всего только на 15,6%. ²⁾

В последующие годы мы будем иметь, с одной стороны, все возрастающий спрос на фенолы и крезолы со стороны таких отраслей промышленности как производство пластических масс, пр-ство антисептических средств, консервирующих дерево составов, а, с другой стороны, переход коксо-химической промышленности на быстроходные печи приведет к относительному сокращению выхода побочных продуктов коксования.

Можно считать, что потребность в фенолах и крезолах в течение второго пятилетия возрастает в десятки раз.

Фенольно-крезольная фракция сланцевой смолы найдет себе применение, главным образом, для следующих целей: для производства различных антисептических средств, для производства консервирующих дерево составов, для производства церолита (состав, прибавление которого в количестве 15% сообщает обычному цементу свойства водонепроницаемости; на 1 млн. бочек цемента расходуется около 6 тыс. тонн выших фенолов), и, в случае удачного завершения ведущихся опытных работ, — для производства пластмасс карболитового типа.

¹⁾ Ю. Калистратов: «Народно-хоз. баланс фенолов и крезолов», статья в № 1 журн. «Химия и соц. х-ство» за 1932 г., стр. 48.

²⁾ Там же, стр. 47.

XIII Основные показатели по предприятиям сланцевой промышленности.

Химические предприятия, рассмотренные нами при различных вариантах переработки сланцев, характеризуются следующими показателями:

Наименование предприятий	Мощность в натуральном выражении	Валовая продукц. в ценах 26/27 г. в млн руб	Капитальные затрат. в млн руб (включая жилищно-строительство)	Число рабочих при полной нагрузке
Сланце-перегонный завод на Кашпире	1 млн тонн сланца (100 тыс. тонн смолы)	43,6	31,0	500
Сланце-перегонный завод на Общем Сырте	0,8 млн тонн сланца (112 тыс. тонн смолы)	18,1	24,8	400
Газовый завод на Общем Сырте	1,3 млн тонн (415 млн. м ³ сырого газа)	138,7	37,6	585
Гидрогенизационный завод	102 тыс. тонн сырой смолы	20,6	5,1	45
Завод аммофоса	100 тыс. тонн	15,4	5,1	175
Завод сульфат-аммония	87,5 тыс. тонн	8,3	1,6	90
Газопровод Общий Сырт - Самара (170 км)	300 млн м ³ газа в год	—	11,8	77

Кроме того в состав комбинатов войдут заводы: аммиачной селитры, лейна-селитры, синтет. аммиака, азотной кислоты.

Основная продукция всех этих предприятий представлена в следующей таблице:

Название продукции	Ед. измер.	Количество
Авиаци. бензин	тыс. тонн	12
Автомоб. бензин	" "	29
Моторное топливо	" "	58
Крекинг-мазут	" "	13
Амофос	" "	100
Сульфат-аммония	" "	60
Пек	" "	20
Смола высокотемпературной перегонки	" "	52
Сажа	" "	0,8
Очищенный газ в переводе на 4000 калорий	млн. куб. метров	419)

Кроме того в значительных количествах будут получены: лейнаселитра, сера, аммиак, фенолы, ароматики и др. продукты.

В настоящей работе мы рассмотрели на основании данных научно-исследовательских изысканий ряда институтов—главные направления химической переработки волжских сланцев. Вслед за исследовательскими работами до проектирования предприятий и практического использования богатейших месторождений горючих сланцев Средней Волги должны быть проведены испытания в полувзводском масштабе. Для волжских сланцев—это необходимый этап, в силу целого ряда их специфических особенностей, как-то: высокая сернистость, большая зольность.

Однако, уже сейчас несомненно все народно-хозяйственное значение горючих сланцев, для индустриального развития Средневолжского края—в частности. Горючие сланцы являются собственной топливно-энергетической базой края, освобождающей в дальнейшем, по крайней мере, центральную его часть от постоянной зависимости

1) После отбора водорода из газа высокотемпературной перегонки.

по отношению к дальнепривозному топливу. Химическая переработка горючих сланцев, как мы только что видели, связана с производством минеральных удобрений. По этой линии развитие сланцевой химической промышленности тесно увязывается с индустриализацией сельского хозяйства Союза. Сельскому хозяйству края сланцевая промышленность сможет дать также значительные количества тракторного топлива. С развитием газификации сланцевая промышленность даст целому ряду производств высокоценное технологическое топливо—газ. Наконец, такая продукция сланцевой промышленности, как кристаллич. сера, авиационный бензин, ароматические углеводороды, фенолы, крезолы, дезинфекционные средства, консервирующие дерево составы—все это послужит ценным вкладом в народное хозяйство всего Союза.

Таким образом становится все очевиднее народно-хозяйственная необходимость скорейшего перехода от лабораторных изысканий и исследований к эксплуатации сланцев в промышленном масштабе.



The first of these is the fact that the
 country is a very large one, and the
 population is very numerous. The second
 is that the country is very fertile, and
 the soil is very rich. The third is that
 the climate is very warm, and the
 weather is very pleasant. The fourth
 is that the country is very beautiful,
 and the scenery is very attractive. The
 fifth is that the country is very healthy,
 and the air is very pure. The sixth
 is that the country is very safe, and
 the people are very friendly. The seventh
 is that the country is very cheap, and
 the cost of living is very low. The
 eighth is that the country is very
 convenient, and the facilities are very
 good. The ninth is that the country is
 very interesting, and the people are very
 interesting. The tenth is that the
 country is very modern, and the
 buildings are very new. The eleventh
 is that the country is very clean, and
 the streets are very clean. The
 twelfth is that the country is very
 quiet, and the noise is very low. The
 thirteenth is that the country is very
 peaceful, and the people are very
 peaceful. The fourteenth is that the
 country is very happy, and the people
 are very happy. The fifteenth is that
 the country is very good, and the
 people are very good.

35071888

PC-3

101

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	Стран.
Предисловие	3
I. Сырьевая база	7
II. Общие замечания о перспективах промышленного использования горючих сланцев	8
III. Гидрогенизация сланцевой смолы	10
IV. Перспективы переработки горючих сланцев Средней Волги во втором пятилетии методом гидрогенизации	13
V. Экономика гидрогенизации	—
а) Общие замечания	14
б) К расчету установки для гидрогенизации сланцевой смолы	15
в) Себестоимость гидрогенизац. бензина	17
г) Гидрогенизация твердого сланца	19
VI. Производство минеральных удобрений в связи с синтезом аммиака на базе водорода сланцевых газов	19
а) Получение водорода из сланцевого газа	20
б) Себестоимость энергии и пара	20
в) Фосфориты	21
г) Перспективы развития туковой пр-сти на базе переработки горючих сланцев	24
VII. Состав и выхода различного газа из сланцев	28
а) Сланцевый газ, получаемый при низко-температурной перегонке	28
б) Газ, получаемый при высокотемпературной перегонке сланцев	32
в) Генераторный газ из сланцев	35
г) Газ, получаемый при гидрогенизации сланцевой смолы	37
VIII. Себестоимость газа при высокотемпературной перегонке газа	38
IX. О методе очистки газа от сероводорода и получения серы	—
а) Окисление сероводорода газов до серы на твердом поглотителе	48
б) Изменение состава сланцевого газа в зависимости от очистки при помощи активного угля	50
в) Очистка газа хлором	51

X. Экономическая эффективность применения газа в сравнении с твердым топливом	52
а) Стоимость транспорта газа	52
б) Сравнительная выгода перевозки сланца и передачи газа	54
в) Твердый сланец и сланцевый газ в топках крупных котельных установок	55
г) Экономика применения сланцевого газа для бытовых целей	56
д) Газ в промышленных печах	58
XI. Потребление газа	62
XII. Низкотемпературная перегонка сланцев	63
XIII. Основные показатели по предприятиям сланцевой промышленности	67

np2010

