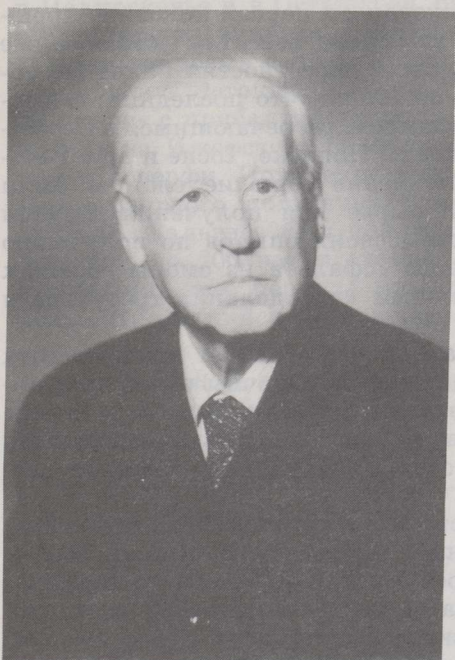


А. В. КОЖЕВНИКОВ

**К ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ХИМИЧЕСКОЙ
ПЕРЕРАБОТКИ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ
В РОССИИ И В ЭСТОНИИ**

A. V. KOZHEVNIKOV

**ON THE HISTORY OF OIL SHALE
CHEMICAL PROCESSING IN RUSSIA AND IN ESTONIA**



A. V. Kozhevnikov

A. V. Kozhevnikov, Professor, Doctor of technical sciences, Laureate of State Prize of the U.S.S.R. (born in October 1, 1911) began his work in 1933 at the Leningrad Oil Shale Institute and attested the birth of the new branch of science on oil shale. His most known works used on industrial scale concern coking of higher fractions of oil shale tar, synthesis of ion exchangers, and improvement of the quality of fuels for marine engines.

A. V. Kozhevnikov was one of those Soviet scientists who in the 30ies visited the Estonian Republic and was acquainted with Prof. P. Kogerman from Tallinn Technical University.

His first monograph "Oil Shale" was published in Tartu in 1947. On the whole he has written more than 200 scientific papers, 4 manuals and 3 monographs. Under his direction 16 candidate and 3 doctor theses have been accomplished.

Горючие сланцы известны людям с древних времен. В старинных легендах рассказывается, например, о пастухе, который обогревался огнем костра из «горючих камней», о сложенных из таких «камней» печах, которые сгорали вместе с дровами.

Первый этап развития переработки горючих сланцев — это история познания и первые попытки использовать полученные знания на практике.

В 1697 г. русский царь Петр Первый приказал отправить образцы горючего сланца из России в Голландию на исследование (прив. по [1]).

В 1809 г. корреспондент С.-Петербургской Академии наук Т. С. Борноволоков описал в «Технологическом журнале» физико-химические свойства горючих сланцев, залегающих в бассейнах рек Печоры и Ухты [2]. Годом позже, в 1810 г., известный в то время берлинский химик Клапрот опубликовал в «Горном журнале» статью о горючем сланце «из Вологодской губернии» (прив. по [1]).

Что касается эстонских горючих сланцев, то еще до упомянутых выше публикаций, в 1808 г., в «Техническом журнале» академик С.-Петербургской АН В. М. Севергин сообщил о том, что «Ревельская дымящаяся гора» представляет собой горящие в пласте горючие сланцы, распространяющиеся на восток «по всей Эстонии до Нарвы» [3]. По предложению академика С.-Петербургской АН Энгельгардта эти сланцы уже в 1789 г. исследовал академик той же академии И. Георги, который в 1791 г. представил результаты в «Трудах Вольноэкономического общества».

В Эстонии первые письменные сведения о горючих сланцах относятся к XVIII веку; эстонский публицист, языковед и краевед А. В. Гупель (1737—1818) упоминал в своих записках о горючих сланцах в окрестностях Йыхви. Позднее профессор Тартуского университета А. Петцольд охарактеризовал химический состав горючего сланца, отобранного близ Ранна-пунгерья и Вяйке-пунгерья (сведения музея г. Кохтла-Ярве). Судя по работам академика С.-Петербургской АН Г. Гельмерсена, которые были опубликованы в первой половине прошлого столетия [4, 5], к тому времени уже были известны естественные выходы горючих сланцев по берегам рек в окрестностях Санкт-Петербурга. Об эстонском горючем сланце он пишет, что последний «совершенно сходен с горючим глинистым сланцем, встречающимся в окрестностях С.-Петербурга на речках Пулковке, Поповке, Тосне и др.» Гельмерсен сообщает о том, что прибалтийские горючие сланцы были исследованы как твердое топливо и сырье для получения жидкой смолы. Он также описывает результаты своих опытов по получению дорожных покрытий типа современного асфальта из смолы горючих сланцев, которые оказались подходящими «для делания тротуаров и в особенности кровель».

Тогда же геолог Соболевский писал об известных и применяемых по сей день способах раскисления и удобрения почвы золой прибалтийских сланцев. Он отмечал, что «сланец может быть с пользою употреблен к удобрению полей, для чего его надлежит складывать в кучи и по сгорании рассыпать остаток на полях, наипаче песчаных».

В 1839 г. Гельмерсен опубликовал статью, в которой были изложены результаты изучения эстонских сланцев Соболевским, Евреиновым и Ивановым. В ней впервые упоминалось о работе Иванова по термическому разложению горючего сланца с целью получения газа для освещения. Иванов обосновал возможность получения около 150 nm^3 газа из 1 т сланца. Это составляет примерно половину от выхода газа, получаемого в современных камерных печах. Позже, в 1898 г., проф. В. Алексеев предлагал использовать прибалтийские горючие сланцы как топливо для кораблей Балтийского флота [6].

В России изучение и использование горючих сланцев в XIX веке продолжилось и расширилось. Так, в 1864 г. геолог Г. Романовский указал на необходимость организовать систематическую разведку на нефть и сланцы от Казани до Вольска по берегам Волги [7].

Следует отметить, что население, проживавшее в районах сланцевых месторождений, пользовалось сланцами как топливом, добывая их в местах их естественного выхода на поверхность. Одновременно велись и более серьезные разработки. Так, на Кендерлыкском угольно-сланцевом месторождении горючие сланцы эксплуатировались с 1884 по 1924 г. Добыча составляла от 164 до 393 т сланца в год, добытый сланец отправлялся в г. Зайсан. Горючие сланцы Чернозатонского месторождения в Западном Казахстане сжигал под паровыми котлами еще в 1876 г.

Кустарным способом разрабатывали Улычловское, Кашпирское, Обще-Сыртовское месторождения горючих сланцев, залежи по р. Куль

в бассейне р. Кашка-Дарьи в Средней Азии, в Гунибском районе Дагестана и в других местах (прив. по [1]).

Итак, в истории развития сланцепереработки XVIII и XIX столетия были временем геолого-географических открытий сланцевых месторождений, периодом накопления первоначальных научных представлений о физико-химических свойствах этих ископаемых. Из работ этого периода следует особо отметить глубоко содержательную публикацию проф. Л. Ф. Фокина «О строении и продуктах распада битуминозных горных пород» [8].

В 1916—1917 годах начался качественно иной, второй этап изучения горючих сланцев и попыток их использования в промышленном масштабе. В условиях военных трудностей и революционных событий проблема горючих сланцев получила новое социально-экономическое значение.

В годы первой пятилетки старые кустарные заводы, работавшие в Подмосковье и в Осташкове, были заменены новыми, построенными в Кашпире и Ленинграде. Добыча сланцев возрастала (таблицы 1 и 2).

В это же время к промышленной разработке горючих сланцев приступили и в Эстонии, и летом 1916 г. в Петроград поступили первые 22 вагона с прибалтийскими сланцами. Опыты по их сжиганию проводили на Ижорском, Балтийском, Металлическом заводах, на Северной судовой верфи. Получение бытового газа изучали на газовом заводе Петроградского политехнического института, где под руководством проф. В. Вальгиса был получен газ с содержанием 5300 ккал/нм^3 и выходом до $200 \text{ нм}^3/\text{т}$ сланца [11]. Наиболее полное представление о событиях того периода можно почерпнуть из работы Н. Ф. Погребова «Прибалтийские горючие сланцы», изданной в 1929 г.

Таблица 1. Суммарная ежегодная добыча горючих сланцев в СССР в период 1919—1934 гг., тыс. тонн

Год	Добыча	Год	Добыча
1919	4,45	1927	5,21
1920	30,62	1928	0,56
1921	19,13	1929	16,61
1922	18,21	1930	27,19
1923	20,54	1931	150,00
1924	6,01	1932	318,15
1925	1,90	1933	174,25
1926	1,87	1934	206,43

Таблица 2. Ежегодная добыча горючих сланцев в СССР в период 1929—1934 гг. по отдельным рудникам, тыс. тонн (прив. по [10])

Рудник	1929	1930	1931	1932	1933	1934
Веймарнский (Веймарское месторождение)	7,37	9,29	30,51	40,15	—	—
Алексеевский (Веймарское месторождение)	—	—	9,27	32,85	—	—
Ундровский (Ульяновское месторождение)	—	0,11	11,50	12,62	—	—
Захарьевский (Ульяновское месторождение)	—	0,53	19,36	39,68	10,73	41,5
Савельевский	—	—	6,77	76,68	47,95	41,5
Кашпирский	9,25	17,26	72,58	119,78	107,99	107,7
Гдовский	—	—	—	—	7,58	57,1
Всего	16,61	27,19	150,00	318,15	174,25	206,4

В Санкт-Петербурге сложился научный центр по изучению и использованию горючих сланцев и торфа. В теперешнем ГИПХе, Политехническом и Технологическом институтах и в специально организованной лаборатории «Битумсланец» проводились обширные и плодотворные научные исследования. В Москве также было организовано подобное изучение. В 1922 г. начал работу Осташковский сланцеперерабатывающий завод.

В течение этого времени над проблемой горючих сланцев трудились как известные крупные ученые так и начинающие специалисты. Это геологи Н. Ф. Погребев, И. М. Губкин, А. П. Розанов, геолог и химик А. П. Петров, А. Ф. Добрянский, Н. А. Клюквин.

В том же году в Сызрани, в непосредственной близости к местам разработки кашпирских горючих сланцев, решено было организовать учебный комбинат для подготовки техников и инженеров. В новом химико-сланцевом техникуме готовили химиков-технологов, тепло-техников, горных механиков и горно-эксплуатационников. Первый выпуск состоялся в 1933 г.

В Эстонии тоже появилась целая плеяда ученых-сланцевиков. Первым по праву следует назвать П. Когермана (1891—1961) — одного из основателей сланцевой химии как науки. Исследованием фенолов и пирогенетического разложения сланцевой смолы занимался Н. Вейдерпасс (1887—1971). К. Лутс (род. в 1882 г.), руководитель крупного сланцевого предприятия, был одновременно и автором труда о термических превращениях горючих сланцев, М. Виттлих (1866—1933) посвятил себя изучению элементного состава горючих сланцев по пластикам.

В 1919 г. в России начал издаваться журнал «Нефтяное и сланцевое хозяйство», который объединил исследователей горючих сланцев и сосредоточил внимание ученых на этой проблеме. Это было значительным событием для своего времени. Хотя деятельность треста «Битумсланец», в ведении которого находилась проблема горючих сланцев, в 20-е гг. не привела к заметному развитию сланцехимической промышленности, именно тогда сформировался потенциал научных исследований, обобщений, конструкторских разработок, доведенный в 30-х гг. до такого уровня, при котором стала возможной разработка конкретных химико-технологических процессов и их опытно-промышленная реализация.

В 1930 г. было образовано объединение «Союзсланец» и создан Научно-исследовательский сланцевый институт — НИСИС — с филиалом ЛОНИСИС в Ленинграде. В Москве в этом институте работали такие известные ученые, как С. С. Наметкин, Г. Л. Стадников, А. М. Беркингейм, в Ленинграде — Б. К. Климов, Н. А. Орлов, В. А. Ланин.

Среди первого поколения эстонских ученых следует особенно отметить П. К. Когермана — академика АН Эстонии. В 1922 г. ему была присвоена ученая степень магистра за диссертацию, которую его последователи считают «первым обстоятельным исследованием химических свойств горючих сланцев, сохранившем свое значение до наших дней». В 1925 г. под руководством П. К. Когермана, в то время профессора Тартуского университета, на средства промышленности при Институте химии университета была организована первая специальная исследовательская лаборатория горючих сланцев, впоследствии, в 1936 г., переведенная в организованный к тому времени Таллиннский технический институт. Следует отметить, что в середине 30-х г. П. К. Когерман работал в лаборатории известного лауреата Нобелевской премии Л. Ружичка, где защитил докторскую диссертацию с присвоением ученой степени доктора технических наук. В 1945 г. решением ВАК СССР ему была присвоена ученая степень доктора хими-

ческих наук. Он создал в Таллине Институт полезных ископаемых и был председателем Совета этого института (1937 г.).

После возвращения из сталинской ссылки, в 1945 г., П. Когерман стал заведующим кафедрой органической химии Таллиннского политехнического института, а в 1946 г., в период организации АН Эстонской ССР, он был назначен академиком и первым директором Института химии АН Эстонской ССР. Вероятно, правомерно считать П. К. Когермана основоположником научной школы эстонских химиков-сланцевиков.

В России первые опыты по промышленной переработке горючих сланцев были осуществлены в 20-е гг. в Москве, на Кусковском химическом заводе. В 20-х—в начале 30-х гг. на Осташковском сланцеперерабатывающем заводе, оборудованном вертикальными ретортами шотландского типа, перерабатывали волжские горючие сланцы. Смолу из сланцев Кашпирского рудника на Осташковском заводе сульфировали для получения медицинских препаратов типа ихтиола.

В Ленинградской области весной 1932 г. первые промышленные партии горючих сланцев были получены на опытной шахте под Гдовом; это дало возможность широко развить исследование как этих, так и прибалтийских сланцев в лабораториях ЛОНИСИСа и на его укрупненных установках.

В 1934 г. был введен в действие Кашпирский сланцеперерабатывающий завод.

В 1934 г. Ленинградское отделение НИСИСа было реорганизовано в Институт газа и искусственного жидкого топлива (ВНИГИ), в котором были созданы научные основы и химико-технологические методы переработки сланцев в газ, жидкое топливо, строительные материалы и различные химические продукты. В те годы в Ленинграде были самостоятельно и оригинально решены главнейшие вопросы химической технологии горючих сланцев. Получение бытового газа в 1931—1933 гг. изучали в лабораторных условиях Н. М. Попов, В. П. Цибасов и М. И. Подклетнов; в 1932 г. В. И. Жунко и Л. С. Заглодин предложили конструкцию камерной печи, за которую были удостоены Государственной премии СССР.

На опытном заводе ВНИГИ были сооружены в натуральную величину и успешно испытаны камерная печь, туннельная печь для переработки сланцев и смолоразгонный цех, а также, несколько позднее, газогенератор с жидким шлакоудалением. Вопросами получения моторного топлива и других химических продуктов во ВНИГИ и в других научных учреждениях Ленинграда занимались А. Ф. Добрянский, Н. А. Клюквин, А. С. Броун, Я. И. Хисин, Н. В. Ершов, Н. И. Зеленин, А. В. Кожевников, А. К. Митюрёв, В. А. Ноздрев, В. Ф. Полозов, М. О. Прейс, Е. Е. Феофилов, С. С. Семенов и многие другие. В. П. Шемяков в своих работах убедительно доказал, что из прибалтийских горючих сланцев можно получать цемент и другие строительные материалы в виде искусственных камней.

Отдельно следует отметить исследование по термической битумизации горючего сланца, осуществленные В. А. Ноздревым. Они были достаточно зрелы и в инженерном отношении — им были созданы оригинальные конструкции заводских агрегатов, однако промышленного внедрения они не получили.

В основу проектирования Гдовского сланцеперегонного и битумного завода (сокращенно «Стройбитум») легли базовые научные исследования, в число которых вошли многочисленные работы, осуществленные в начале 30-х гг. в Ленинградском филиале ВНИГИ, в ДОРНИИ, а также в Институте горючих ископаемых (ИГИ) АН СССР — группой проф. Б. К. Климова.

Проектирование и строительство сланцеперерабатывающего завода в г. Сланцы состояло из двух этапов — довоенного и послевоенного. Строительство было начато в 1936 г. на базе шахт им. Кирова и № 2. Проектированием и организацией промышленной переработки горючки ИГИ АН СССР. Впоследствии главный инженер проекта завода ИГИ АН СССР. Впоследствии главный инженер проекта завода В. А. Даниленко описал работу по созданию завода в [13].

Организатором опытно-промышленных и проектных работ по созданию сланцеперерабатывающей промышленности в трехзонных газогенераторных печах был профессор ЛХТИ Б. К. Климов (ныне покойный), который одновременно возглавлял лабораторию переработки сланцев и сапропеля Института горючих ископаемых АН СССР.

На основе весьма немногочисленных тогда (1936 г.) сведений об эстонской сланцеперерабатывающей промышленности, о газогенераторах и туннельных печах он наметил новое направление в сланцеперерабатывающей промышленности — создать газогенераторную печь с технологическим процессом, близким к процессу в туннельных печах. По образному выражению профессора Б. К. Климова, надо было горизонтальную туннельную печь поставить вертикально и получить в результате такой трансформации трехзонную газогенераторную печь, то есть с подсушкой сланца в верхней зоне, с полукоксованием в средней зоне и газовым охлаждением в нижней зоне. Основную зону полукоксования при этом намечалось обеспечить нагревом посредством газа-теплоносителя при однократном прохождении его через калорифер. На дальнейший период опытно-промышленных испытаний намечалось и замкнутое многократное прохождение газотеплоносителя через калорифер.

В то время имелись лишь скудные сведения о пластификации сланцев в процессе термического разложения, и поэтому у специалистов-сланцевиков того времени были разноречивые мнения о возможности создания такой (то есть трехзонной) газогенераторной печи. Возникшие разногласия надо было разрешать путем постановки опытов.

Опытно-промышленные испытания по переработке гдовского сланца были организованы Б. К. Климовым на торфо-коксовальном заводе при станции Редкино Октябрьской железной дороги. Испытания проводились дважды — в июле и в ноябре 1936 г.

Во время опытов в Редкино в июле было переработано 100 тонн сланца, в ноябре — 600 тонн. Первый опыт был поисковым, второй — определяющим и решающим. Была достигнута производительность печи в 100 т/сут, выход смолы 88 % от лабораторного потенциала, содержание бензиновой фракции 10 %. При этом было установлено самое главное: во время процесса в шахтной печи не происходит битуминизации, спекания и обказования «козлов». Благодаря этим опытам было навсегда покончено с легендой о спекании сланца в шахтных печах.

На основании успешных опытов по переработке гдовского сланца в Редкино, в ИГИ АН СССР было принято решение о срочном строительстве Гдовского сланцеперерабатывающего и битумного завода. Заказчиком явилось Главное управление шоссейных дорог.

Выбор промплощадки был осуществлен в августе 1936 г. группой в составе профессора Б. К. Климова (председатель группы), профессора В. А. Ланина (зам. председателя), инженера В. А. Даниленко (главный технолог), главного инженера шахт Г. П. Бакинова (представитель шахт).

В качестве промплощадки был выбран участок примерно в 60 гектаров, ограниченный железной дорогой Сланцы—Рудничная и железнодорожными путями шахты № 2. Таким образом, промплощадка

прилегалла непосредственно к шахте № 2, что позволяло в перспективе принимать сланец от дробильно-сортировочных устройств шахты № 2 непосредственно в печной цех будущего завода.

Участок представлял собой заболоченный луг с кустарником, используемый шахтой № 2 для отвала пустой породы и для шахтного водоотлива.

Вслед за выбором площадки профессор Б. К. Климов организовал проектно-изыскательские работы. Для этого было создано «Проектное бюро по проектированию Гдовского сланцеперегонного и битумного завода» во главе с начальником бюро Б. К. Климовым. Помещением для проектного бюро послужил малый конференц-зал Академии наук СССР на Васильевском острове. В качестве главного консультанта от нефтяной промышленности (из Баку) был привлечен инженер-технолог нефтяник В. Г. Денисевич.

Опытно-промышленная печь № 1 была построена и подготовлена к опробованию в октябре 1939 г. Пробные пуски печи состоялись в четвертом квартале 1939 г., когда в основном проверялось взаимодействие всех механизмов.

Последующие два пуска состоялись в марте 1940 г., в течение 12 рабочих дней, и в мае-июне 1940 г., в течение 35 рабочих дней. В ходе первого было переработано 1060 т сланца, второго — 2700 т.

Полученную во время опытно-промышленных испытаний сланцевую смолу в срочном порядке переработали для получения первых тонн автобензина из сланцев. Силами сотрудников ЛенВНИИГИ было подготовлено два укрупненных образца автобензина. Один из образцов разрабатывала группа А. Ф. Добрянского — Н. В. Ершов, А. В. Кожевников и С. С. Семенов: они оптимизировали режимы обработки исходной бензиновой фракции сланцевой смолы серной кислотой, соответствующей отмывки последней и последующей стабилизации очищенного бензина фенолами, выделенными из сланцевой смолы. Второй образец сланцевого бензина из той же сланцевой смолы разрабатывала группа Н. А. Клюквина — В. П. Ефремов и Е. Е. Феофилов: заранее четко отобранную фракцию стабилизировали ректификацией, а затем эту фракцию стабилизировали гидрированием водородом под давлением.

Оба образца полностью соответствовали техническим требованиям на автобензин. Вслед за этим на первом отечественном сланцевом бензине состоялся автопробег Ленинград—Москва.

Полученные при двукратном испытании печи результаты явились исходными данными для дальнейшей разработки технического проекта. В результате работы опытно-промышленной установки, закончившейся в июне 1940 г., были получены следующие опытно-промышленные данные:

Выход товарной смолы, % от лабораторного	82,4
Выход всей смолы, вместе с фусами, %	87,5
Плотность суммарной смолы	0,9796
Пределы выхода отдельных фракций:	
Начало кипения, °С	108
Выкипает, % (об.):	
до 120 °С	3,0
до 180	6,0
до 200	10,0
до 220	14,5
до 250	21,0
до 300	35,5
до 330	45,0
Остаток	52,0

Концентрация газового бензина в газе после прохождения холодильников, г/м³

В проект были заложены такие данные, как использование горючего сланца с влажностью 12 % и содержанием керогена ≈ 30 %. При этом ожидаемые выходы основных продуктов полукоксования были приняты следующими, в расчете на сланец, %:

Бензин (до 180 °С)	1,34
Лигроин (180—225 °С)	0,93
Дизельное топливо (225—325 °С)	3,10
Битумный остаток (325 °С)	6,69

Всего жидких продуктов 12,06

Проект предусматривал строительство трехзонных сдвоенных шахтных печей мощностью 2×125 т/сут, то есть рассчитанных на переработку 250 т сланца в сутки. Составление технического проекта в уточненном и скорректированном виде было закончено в апреле 1941 г. Реализации этого проекта помешало начало Великой Отечественной войны.

В 1940 г. правительственная комиссия специалистов наметила широкую программу создания топливно-энергетической базы Северо-Запада и Прибалтики на основе горючих сланцев. Развернулось большое строительство шахт на Гдовском месторождении и заводов в районе Веймарна и Гдова для снабжения газом и жидким топливом Ленинграда и Северо-Запада СССР. Война нарушила эти планы.

Началом третьего этапа можно считать время после окончания Великой Отечественной войны.

10 июня 1945 г. было принято Постановление Правительства «О восстановлении и развитии сланцевой промышленности Эстонской ССР и Ленинградской области и об обеспечении газом города Ленинграда». К тому времени был уже создан головной проектный институт «Ленгипрогаз» и осуществлялось его комплектование. Из г. Соликамска был привезен технический архив бывшего Гдовского сланцеперетонного и битумного завода. Предстояло использовать промплощадку с сохранившимися сооружениями (дорогами, инженерными сетями, разрушенными зданиями, фундаментами недостроенных зданий и т. д.) для строительства газосланцевого завода. Итоги инвентаризации сохранившихся сооружений оказались следующими: сумма затрат по генеральной смете на 1 января 1941 г. 30 млн. руб. (в ценах того времени), стоимость сохранившихся сооружений примерно 12 млн. руб. На промплощадке завода остались только разрушенные здания, фундаменты и подземные сети. Все оборудование, включая оборудование шахт и электростанции, было вывезено на территорию Эстонии в район эстонских сланцеперерабатывающих заводов.

Постановлением от 10 июня 1945 г. и решением IX сессии Ленгорсовета от 18—19 июля 1945 г. предусматривалось следующее: построить три газосланцевых завода в Сланцах, Кохтла-Ярве и Ахтме; построить газопровод длиной 262 км от газосланцевых заводов до Ленинграда; восстановить Ленинградский газовый завод и довести его мощность до 95 млн. м³ газа в год; одновременно с газовыми заводами построить сланцеперерабатывающие генераторы производительностью 715 тыс. т сланцевой смолы в год и еще многое другое. Предусматриваемое грандиозное строительство обеспечивалось объемом капиталовложений около 2,5 млрд. руб.

Первоочередной задачей при развертывании строительных работ было использование сохранившихся фундаментов и каркасов зданий как по своему первоначальному назначению, так и по измененному новому назначению.

По первоначальному назначению были отстроены все здания адми-

нистративно-хозяйственного назначения — заводоуправление, столовая с погребом, пожарное депо, прирельсовый склад, технические мастерские, гараж и многоквартирный 4-этажный жилой дом. Каркас печного цеха был использован для сооружения заводской ТЭЦ, здание парокотельной было перестроено в транспортно-сортировочный узел. Были полностью использованы основные трассы ливневой канализации, водопроводы и другое. Все вместе взятое позволило значительно сократить подготовительный и первоначальный периоды строительства для дальнейшего сооружения основных цехов будущего газосланцевого и сланцеперерабатывающего завода.

В 1945—57 гг. во ВНИИПСе и «Ленгипрогазе» был разработан комплекс, который все прошедшие годы служил основным фундаментом промышленного сочленения сланцеперерабатывающих газогенераторов с камерными печами. Этот промышленный комплекс сыграл особую роль в послевоенном обеспечении Ленинграда и Таллина бытовым газом. В те же годы полное развитие получили все сланцеперерабатывающие заводы с техникой на основе генераторов и камерных печей: в Кохтла-Ярве, Сланцах, а также в Кивиули и Кашпире.

К началу 60-х гг. отслужили свою службу такие агрегаты полукоксования, как вертикальные реторты, вращающиеся реторты, малопроизводительные газогенераторы Пинча, тоннельные печи. При этом нельзя не упомянуть о большом значении последних агрегатов в развитии технологии полукоксования и о талантливой работе в Таллинне конструкторов эстонского варианта тоннельных печей М. Кульжинского и П. Шелоумова.

Работами ВНИИПС было установлено, что сланцевая смола представляет собой сложный взаимный раствор не только углеводов, но прежде всего кислородсодержащих и в меньшей мере иных гетероатомных соединений. Были разработаны схемы переработки смолы топливного профиля от бензинов и дизельных топлив до мазутов и топлив для газовых турбин.

Особое значение придавалось выделению и использованию водорастворимых и смоляных фенолов. Работы по исследованию дистиллятной части смолы, начатые во ВНИИПСе проводились также московскими и эстонскими учеными. Во ВНИИПСе они были связаны в основном с именами Н. И. Зеленина, С. С. Семенова, Е. Е. Феофилова, А. В. Кожевникова, Р. К. Платонова, О. С. Куратовой, Г. Н. Гарновской, Б. И. Иванова, Г. В. Сиповского, С. М. Битука и многих других. Переработка высших фракций сланцевой смолы коксованием была предложена, разработана и доведена до реализации А. В. Кожевниковым и С. М. Битуком, а в производстве реализована коллективом СПК в Кохтла-Ярве.

В конце 40-х — начале 50-х гг. возникло оригинальное направление исследований горючего сланца — непирогенное направление: обогащение керогена сланца с целью дальнейшего рассмотрения обогащенного керогена как своеобразного, ранее неизвестного исходного вещества для различных химических взаимодействий с получением целевых продуктов химического направления. Основоположниками его стали в ЛТИ В. А. Проскураков и А. Г. Рембацневский. Оно получило дальнейшее развитие. Реальностью стал не только кероген-70, но и кероген-90. Производственная опора этого направления — СПЗ «Сланцы». Многие исследования показали возможность путем окисления химическими окислителями или воздухом получать оксидат керогена, содержащий гамму карбоновых кислот.

Всеми известны плодотворные работы проф. А. М. Беркенгейма и его сотрудников по химии и технологии препаратов типа ихтиола и альбихтола на основе кашпирских горючих сланцев. Нельзя не отметить многочисленные исследования волжских горючих сланцев, активно

проводимые профессором В. Г. Каширским и коллективом его сотрудников в Саратовском политехническом институте.

Положительное значение в обобщении знаний о горючих сланцах и их химии и технологии в послевоенные годы имели монографии А. Ф. Добрянского «Горючие сланцы СССР» [14] и А. В. Кожевникова «Горючие сланцы» [15]. Важительным явлением стало издание книги Н. И. Зеленина, В. С. Файнберга и К. Б. Чернышевой «Химия и технология сланцевой смолы».

В 1968 г. в Таллинне был проведен Международный симпозиум по проблемам горючих сланцев, что стало еще одним признанием достижений наших сланцехимиков как в области теории, так и в области практики.

В последние годы перед сланцехимиками встали новые задачи — научное обоснование в технической реализации промышленных процессов нового поколения.

Главным результатом этого должно быть не только достижение экономической эффективности, но и создание новых безотходных, экологически обеспеченных химических технологий, что для многозольных горючих сланцев представляет большие сложности.

На наш взгляд, в настоящее время наметились и развиваются три основных принципиально новых направления химической сланцепереработки, способных стать малоотходными или безотходными и достаточными для удовлетворения природоохранных требований.

Это:

- полукоксование сланца с одновременным получением клинкера [16], предложенное сотрудниками ВНИИнефтехима (Г. А. Ластовкин, И. Л. Глезин, Г. А. Тимофеев и др.);
- полукоксование сланца в генераторах смолы с одновременным получением карбида кальция и ацетилена [17], предложенное учеными СЗПИ (А. В. Кожевников, С. А. Апостолов и В. П. Зайцев);
- непирогенное использование керогена горючих сланцев в ряде процессов химического и биохимического направления, предложенное учеными ЛТИ (В. А. Проскураков, В. И. Яковлев и др.).

На наш взгляд, все эти направления имеют черты оригинальности, экологичности и ожидаемой высокой экономической эффективности и достойны всяческого внимания.

A. V. KOZHEVNIKOV

ON THE HISTORY OF OIL SHALE CHEMICAL PROCESSING IN RUSSIA AND ESTONIA

Summary

The first period of oil shale history began as early as 1697, when tsar Peter I ordered to send samples of oil shale to Holland for examination. At the beginning of the XIX century, Russian scientists T. S. Bornovolokov and V. M. Severgin, along with a German scientist Klaprot, published the results of their investigations of Estonian and Russian oil shales.

In Estonia, the first written information on oil shale was published by A. V. Hupel (1737—1818). Later, a professor at Tartu University, A. Petzholdt (1810—1889), published his works on the chemical composition of Estonian oil shale. Investigations of oil shales from Estonia and the St. Petersburg area were published by academician Gelmersen in 1830.

Local inhabitants have used oil shale as a fuel for ages in Russia, Kazakhstan and Daghestan.

The second period began in 1916—1917. The first shipment of Estonian oil shale was sent to Petrograd in 1916. Domestic gas was produced from it there. The centre of oil shale investigations was established in Petrograd. During

the first five-year plan new oil shale processing plants were built in Kashpir and Leningrad. Lenin highly appraised oil shale investigations and ordered to give state support to these works.

The Estonian scientist P. Kogerman (1891—1951) was one of the founders of oil shale chemistry. In the 1930-s, he worked in the laboratory of the Nobel-prize winner L. Ruzicka and maintained a thesis for a Doctor's degree there.

In 1934 the oil shale processing plant was put into operation in Kashpirsk. Methods for producing gas, liquid fuel, construction materials and many chemicals from oil shale were developed in Leningrad. A full size box furnace, a tunnel furnace and a semicoking generator with fluid slag disposal were built and successfully tested at the same time. In 1936 production tests of Gdov area oil shale were carried out in the shaft furnace under the guidance of Prof. Klimov. The daily throughput of the furnace was 100 t, the yield of the oil was 88 % of the laboratory output. These tests ascertained that bituminization and coking do not take place during oil shale processing in the shaft furnace. On the ground of these tests it was decided to build a plant for processing Gdov area oil shale at Redkino. The building of the first furnace was finished at the end of 1939. The first oil was used to produce motor gasoline. Because of the war, further building of the plant was stopped.

The third period began after the war. In 1945 the government of the USSR decided to restore oil shale processing in the Leningrad district and Estonia in order to produce domestic gas for Leningrad. It was decided to build 3 new oil shale processing plants in Slatoi (Russia), Kohtla-Järve and Ahtme (Estonia) and a gaspipeline from plants to Leningrad 262 km long. It was also decided to rebuild the gas plant in Leningrad.

Generators and box furnaces were used in oil shale processing plants in Kohtla-Järve, Kiviõli (Estonia), Slantsoi and Kashpir (Russia) at this time.

In the beginning of the 60-s, processing was stopped in such units for semicoking as vertical retorts, revolving retorts, Pitsh retorts and tunnel furnaces.

It was established that shale oil is the complex solution, comprising not only hydrocarbons, but first of all oxygenated and other heterogeneous compounds. Special attention was paid to separation and using of water-soluble and shaly phenols. The processing of higher fractions of shale oil by means of coking was worked out by A. V. Kozhevnikov and S. M. Butkov and introduced into production at the Kohtla-Järve plant.

It has been shown by many investigations that oxidated kerogen may be obtained by oxidation of oil shale with oxidizers or air. The product contains carboxylic and dicarboxylic acids.

The most important information sources on oil shale chemistry and processing are: "Oil shale of the USSR" by A. F. Dobryanski (1947) (in Russian), "Oil shale" by A. V. Kozhevnikov (1947—48) (in Russian) and "Chemistry and processing of shale oil" by N. I. Zelenin and others (1968) (in Russian).

Nowadays great attention must be paid to creating new wasteless treatments, which is difficult because of the high ash content of oil shale. Up to now, a convincing method of processing oil shale with low waste or without waste does not exist. In our opinion there are 3 new directions for chemical treatment of oil shale which may be wasteless and respond to the demands of environmental protection:

1. Semicoking of oil shale with simultaneous producing of clincer (Oil Shale, 1982, No. 2);
2. Semicoking of oil shale in generators with simultaneous producing of calcium carbide and acetylene; and
3. Nonpyrogenic processing of kerogen of oil shale for chemical and biochemical purposes.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кожевников А. В. Из истории исследования горючих сланцев // Природа, 1951. № 9.
2. Борноволоков Т. С. 1. О доманите или вологодском смоляном сланце (шифере) // Технологический журнал. 1809. Т. 6, ч. 2. С. 111.
2. О приготвлении из доманита черного мела, или карандаша для рисования // Там же. С. 118—122.

3. Севергин В. М. Известия о Ревельской дымящейся горе // Там же. 1808. Т. 5, ч. 1. С. 157—169.
4. Гельмерсен Г. Отчет по исследованиям, произведенным в 1838 году майором Гельмерсеном над месторождениями горючего сланца, открытого в Эстляндской губернии // Горный журнал, 1838. Т. 3, № 8. С. 258—265.
5. Гельмерсен Г. О месторождении смолистого глинистого сланца и вновь открытому горючем минерале // Там же. 1839. Т. 3, № 8. С. 149—185.
6. Алексеев В. К вопросу о снабжении Балтийского флота русским топливом // Там же. 1898. Т. 2, № 5. С. 258—264.
7. Романовский Г. Нефть, асфальт и горючие сланцы волжских берегов // Там же. 1864. Т. 3, № 10. С. 421—424.
8. Фокин Л. Ф. О строении и продуктах распада битуминозных горных пород Эстляндии // Там же. 1913. Т. 3, № 5. С. 117—142.
9. Погребов Н. Ф. Прибалтийские горючие сланцы // Естественные производительные силы России. Т. 4. 1920.
10. Кожевников А. В. Горючие сланцы. Ч. 1. Тарту, 1947. С. 8—9.
11. Вальгис В. К. Светильный газ из сланцев // Бюлл. Статбюро химотдела Петрогр. Комитета Военно-технической помощи. № 10, 1917. С. 272.
12. В. И. Ленин. Соч. 1. Т. 35. С. 476. Изд. 4. — М., 1950.
13. Даниленко В. А. Газета «Знамя труда», г. Сланцы, № 210 (7065), 21 окт. 1977.
14. Добрянский А. Ф. Горючие сланцы СССР. Л. 1947.
15. Кожевников А. В. Горючие сланцы. 1. Генезис, распространение и химический состав. 2. Швеллгазы, их состав и методы. 3. Крекинг, пиролиз и амортизация средних фракций сланцевой смолы. 4. Швелевание и переработка смолы. — Тарту, 1947, 1948.
16. Ластовкин Г. А., Глезин И. Л., Тимофеев Г. А. и др. Инф. серия «Горючие сланцы». 1982, № 2. С. 24.
17. Кожевников А. В. Безостаточная термическая и электротермическая переработка прибалтийских горючих сланцев // Сб. тр. СЗПИ, № 32. С. 52. Л., 1975.

Представил В. Ефимов
Поступила в редакцию
06.01.92

Presented by V. Yefimov
Received January 6, 1992