

А. Я. ААРНА, К. Э. УРОВ

## РАЗВИТИЕ СЛАНЦЕВОЙ ХИМИИ В ГОДЫ СОВЕТСКОЙ ВЛАСТИ

Фундамент возникновения сланцевой химии был заложен многочисленными работами химиков, геологов и инженеров еще до Великой Октябрьской социалистической революции. На территории тогдашней Российской империи были открыты многочисленные залежи горючих сланцев: в бассейне р. Печоры, на р. Ухте, в Прибалтике, в Восточном Казахстане, в бассейне р. Волги, на Кавказе, Украине и в Западной Сибири. Особое место среди них занимают высококачественные горючие сланцы Прибалтийского бассейна, свойства которых были подробно исследованы петербургскими и тартускими учеными в XIX и в начале XX столетий.

Впервые острый практический интерес к горючим сланцам возник в период первой мировой войны в связи с резким ухудшением снабжения Петрограда топливом. Он еще более возрос после Октябрьской революции, когда Петроград оказался отрезанным от всех топливных баз фронтами гражданской войны. К этому периоду относятся замечательные исследования палеофитолога М. Д. Залесского и работы геологов А. Н. Розанова, А. Д. Архангельского, Н. Ф. Погребова и др. Тогда же В. К. Вальгисом на газовом заводе при Петроградском политехническом институте были проведены первые опыты по газификации прибалтийских горючих сланцев.

В 1918 г. рвутся экономические и культурные связи между Россией и Эстонией. В Петрограде в это время создается научный центр по изучению и применению горючих сланцев и торфа. В нынешнем Государственном институте прикладной химии, Политехническом и Технологическом институтах и в специально организованной лаборатории «Битумсланец» проводились обширные исследования (в меньшей степени — в Москве). Практической их реализацией стало, в частности, введение в строй в 1922 г. Осташковского сланцеперерабатывающего завода. В целом проблемами горючих сланцев в этот период занимались как известные ученые, так и молодые специалисты: геологи Н. Ф. Погребов, И. М. Губкин, А. Н. Розанов, геолог и химик Н. М. Попов, теплотехники Г. Ф. Демник, А. С. Лошмаков, А. М. Решнер, технологи В. К. Вальгис, Л. Ф. Фокин, Б. К. Климов, Б. В. Цванцигер и др.

В 30-е гг. в Ленинграде был организован Всесоюзный научно-исследовательский институт газа и искусственного жидкого топлива (ВНИГИ), в котором разрабатывались основы химико-технологических процессов переработки горючих сланцев на газ, жидкое топливо, стройматериалы и различные химические продукты. В результате была разработана технология производства бытового газа в камерных печах, за которую ее авторы В. И. Жунко, Л. С. Заглодин и М. И. Подклетнов были удостоены Государственной премии. Вопросы получения моторного топлива и химических продуктов во ВНИГИ и других научных учреждениях Ленинграда занимались

А. Ф. Добрянский, Н. А. Клюквин, А. С. Браун, Я. И. Хисин, Н. В. Ершов, Н. И. Зеленин, А. В. Кожевников, А. К. Митюрёв, В. А. Наздрев, В. П. Ефремов, В. Ф. Полосов, М. О. Прейс, Е. Е. Феофилов, С. С. Семенов и др.

В Эстонии в период 1917—1941 гг. научные исследования по химии горючих сланцев были сосредоточены в Тартуском университете (после 1936 г. — в Таллинском техническом университете) и в лаборатории сланцеперерабатывающего предприятия в Кохтла-Ярве. Всего таких предприятий в республике было четыре, и в 1940 г. они производили 175 тыс. т сланцевой смолы.

Из эстонских химиков-сланцевиков первого поколения необходимо особо отметить академика Академии наук Эстонской ССР П. К. Когермана (1891—1951) — одного из основоположников сланцевой химии. Первые его работы были посвящены термическому разложению сланца-кукерсита. Впоследствии он занимался исследованиями химической структуры керогена горючего сланца и непредельных углеводородов сланцевой смолы. В организованном П. К. Когерманом в 1947 г. Институте химии АН ЭССР, первым директором которого он был, в послевоенные годы и сконцентрировались работы по химии горючих сланцев. Еще в 1948 г. П. К. Когерман выделил три основных направления развития химической науки в республике — теоретическую органическую химию, органический синтез и сланцехимию, которая не утратила своих позиций и поныне.

В ведении другого видного специалиста — К. Лутса — находились сланцеперегонный завод и химическая лаборатория в Кохтла-Ярве. Там он занимался изучением химических свойств горючего сланца и его термического разложения. Монография К. Лутса по химии и технологии горючего сланца, как и труды П. К. Когермана и Ю. Хюссе, была издана и в Советском Союзе.

В 20—30-е гг. в вузах и на сланцеперерабатывающих предприятиях Эстонии трудилась целая плеяда химиков-сланцевиков. Н. Вейдерпасс исследовал фенолы и пиролиз сланцевой смолы, Я. Копвиллем — ее гидрогенизацию, Ю. Хюссе — кислородные соединения, А. Кыльль — физико-химические свойства, М. Виттлих — элементный состав горючих сланцев, И. Уск — сланцевые битумы, Х. Т. Раудсепп — химическое строение керогена и т.д.

Великая Отечественная война приостановила научные работы по сланцевой химии. Часть химиков-сланцевиков работала в эвакуации при сланцеперерабатывающем заводе в Кашпире (Куйбышевская обл.). После освобождения Ленинградской области и Эстонской ССР от немецко-фашистской оккупации началось восстановление сланцевой промышленности, возобновились научно-исследовательские работы по сланцам.

В июне 1945 г. было принято постановление правительства об обеспечении Ленинграда бытовым газом и жидким топливом из горючих сланцев. Подготовительные работы проводились Всесоюзным научно-исследовательским институтом по переработке сланцев (ВНИИПС) и Ленгипрогазом. Созданный в результате новый промышленный сланцеперерабатывающий комплекс сыграл положительную роль в послевоенном обеспечении Ленинграда и Таллина бытовым газом и стимулировал научные исследования по сланцевой химии. В их проведении и реализации отличились коллективы, которыми руководили В. И. Жунко, Л. С. Заглодин, М. И. Подклетнов, А. К. Митюрёв, А. С. Синельников, Я. И. Вайнштейн, М. О. Прейс, Э. С. Безмозгин, Г. А. Исаков, С. Л. Терехов, Н. Д. Серебрянников, И. С. Квашин и др.

Исследования, проведенные во ВНИИПСе, показали, что сланцевая смола является сложной смесью углеводородов и кислородсодержа-

щих соединений; в институте были разработаны схемы переработки смолы на бензин, мазуты, дизельное и газотурбинное топливо. Решением важной проблемы выделения и использования водорастворимых и смоляных фенолов занимались Н. И. Зеленин, С. С. Семенов, Е. Е. Феофилов, А. В. Кожевников, Р. К. Платонов, О. С. Куратова, Г. Н. Гарновская, Б. И. Иванов, Г. В. Сиповский, С. М. Битук и др. Из их многочисленных разработок испытание временем выдержал процесс коксования высших фракций сланцевой смолы, предложенный, разработанный и доведенный до промышленного освоения А. В. Кожевниковым и С. М. Битуком при участии химиков и технологов Кохтла-Ярвского сланцеперерабатывающего комбината им. В. И. Ленина. Успешно был освоен и пиролиз газбензина камерных печей для получения ароматических углеводородов, предложенный С. С. Семеновым с сотрудниками.

В конце 40-х гг. в Ленинградском технологическом институте (ЛТИ) им. Ленсовета, благодаря усилиям В. А. Проскурякова и А. Г. Рембашевского, родилось новое направление исследований — обогащение керогена для дальнейшего использования его в качестве химического сырья. В настоящее время большой коллектив сотрудников ЛТИ, возглавляемый В. А. Проскуряковым и В. И. Яковлевым, успешно занимается исследованиями в области получения из керогена сланца разнообразных биохимических продуктов.

Проблема битуминизации сланцев в сочетании с их последующим растворением в жидких продуктах битуминизации разрабатывалась в Москве в Институте горючих ископаемых (ИГИ): сначала под руководством М. К. Дьяковой, затем А. Б. Воль-Эпштейном с сотрудниками. Волжские сланцы исследовали В. Г. Каширский и коллектив сотрудников Саратовского политехнического института.

В Эстонской ССР с 1944 г. исследованиями в области сланцевой химии начали заниматься в Таллинском политехническом институте (ТПИ). Первые работы были посвящены сероочистке сланцевых газов (А. Я. Аарна), синтезу дубителей из сланцевых фенолов (Х. Т. Раудсепп, К. Каск), систематическому исследованию химического состава горючих сланцев по всем шахтам и пластам сланца (Б. Торпан, Х. Т. Раудсепп). Нельзя при этом не отметить помощи, оказанной ЛТИ и ЛГУ в повышении научной квалификации сланцехимиков Эстонской ССР. В 1953 г. в Ленинграде защитили докторские диссертации А. Я. Аарна и Х. Т. Раудсепп, а ряд молодых ученых в разные годы закончили там целевую аспирантуру.

В октябре 1946 г. в Таллине было проведено «Энергетическое совещание по горючим сланцам Эстонской ССР», организованное Академией наук ЭССР и Энергетическим институтом им. Г. М. Кржижановского (ЭНИН). Совещание определило важнейшие направления развития сланцевой химии: углубленные теоретические исследования по генезису, химии, физико-химии и физике горючих сланцев, призванные обеспечить научную базу для реализации существующей технологии и создания новых методов использования сланцев. Принятое решение стало программой действий на многие годы и не теряет своей актуальности и в наши дни.

Химия горючих сланцев и научные основы процессов их переработки с самого начала входили в тематику Института химии АН ЭССР. Углубленное исследование окислительной деструкции керогена кукурсита привело к разработке концепции о преимущественно алифатической природе органического вещества этого сланца (А. С. Фомина). Плодотворно изучались конкретные технологические процессы его переработки (А. Т. Кыль, М. Я. Губергриц), много усилий было направлено на установление химического состава сланцевой смолы (О. Г. Эйзен и сотрудники), была разработана технология

получения моющих веществ из фракций смолы полукоксования кукерсита (С. И. Файнгольд). В дальнейшем основное внимание сосредоточилось на вопросах сравнительной характеристики горючих сланцев всех основных месторождений и сланцепроявлений СССР, создания банка данных для разработки их общей систематики и классификации (И. Р. Клесмент), хотя технологические вопросы и сейчас стоят на повестке дня, например разработка промышленного метода получения чистых алкилпроизводных резорцина из сланцевого сырья (Л. И. Мельдер).

В 1958 г. в Кохтла-Ярве был организован Научно-исследовательский институт по добыче и переработке сланцев, впоследствии переименованный в Научно-исследовательский институт сланцев (НИИсланцев). Перед ним ставились следующие задачи: изучение сырьевой базы, интенсификация и рационализация существующих методов добычи и переработки сланцев; изыскание методов переработки жидких и газообразных продуктов, в первую очередь в химические продукты; технико-экономические разработки.

В НИИсланцев проделана большая работа по усовершенствованию процесса полукоксования в генераторах (В. М. Ефимов, Е. Ф. Петухов), разработана комплексная схема переработки смолы (Т. А. Пурре, Я. Г. Шмагин), исследованы образование и химический состав фенолов (Ю. Э. Лилле, Х. А. Кундель и др.) и предложена схема их переработки (Т. А. Пурре, К. Я. Кальде, Х. Х. Нурксе и др.), изучено использование легких фракций смолы совместно с пиролизными нефтяными смолами и разработан процесс жидкофазного окисления вырабатываемого из последних толуола с получением бензойной кислоты (Р. Э. Иоонас, О. Я. Велицкая и др.).

В 1957 г. при ТПИ была организована проблемная лаборатория химии и технологии горючих сланцев (научный руководитель А. Я. Аарна), переименованная в 1966 г. в проблемную лабораторию сланцехимического синтеза. В ней исследовали химическое строение керогена, термическое разложение горючего сланца, химические свойства термобитума, свойства кислородных соединений сланцевой смолы, молекулярные комплексы фенолов с различными другими кислородными соединениями, синтез и использование клеевых смол типа ДФК. В лаборатории работали К. А. Каск, Э. Т. Липпмаа, Х. Я. Киппер, В. Т. Палуоя, К. Р. Кийслер, Х. А. Силланд, Л. И. Мельдер, Г. В. Озеров, К. Э. Уров, Ю. Э. Лилле, Х. Х. Нурксе, П. Г. Кристьянсон и др.

Важным событием для специалистов по сланцевой химии и технологии стал проведенный в 1968 г. в Таллине Симпозиум ООН по разработке и использованию запасов горючих сланцев, в котором участвовали более 270 делегатов из 29 стран. Симпозиум показал, что в области химии, геологии, технологии и энергетики горючих сланцев достигнуты существенные успехи и что запасы сланцев, широко распространенные во всем мире, являются важным потенциальным сырьем, использование которого смогло бы внести значительный вклад в экономику ряда стран.

Во второй половине 60-х гг. наблюдается снижение интереса к горючим сланцам. Прекращается подготовка сланцехимиков в ТПИ, сокращаются научно-исследовательские работы. Такой поворот в экономике страны объяснялся стремлением ориентировать энергетику и химию на использование нефти, ресурсы которой считались практически неограниченными. Это утверждение оказалось необоснованным: сохранение прежнего уровня добычи нефти с годами требовало все больших усилий и затрат. Горючие сланцы как альтернативный заменитель жидкого топлива в начале 70-х гг. вновь завоевывающий важное место в перспективе развития народного хозяйства страны.

Сланцехимики рассматривают сланцевую смолу не как заменитель нефти, а как ее дополнение. Имея иной, чем у нефти, химический состав, смола с успехом может служить сырьем для получения различных химических продуктов. Именно в этом направлении развиваются как исследования, так и сланцевая промышленность в целом.

Несмотря на известную неопределенность в оценке горючих сланцев как промышленного сырья, в начале 70-х гг. возрастает интерес к ним со стороны геологов в связи с вопросами генезиса нефти, необходимостью уточнить ее запасы и повысить эффективность их разведки. Существенную роль в организации более тесного сотрудничества между геологами и сланцехимиками сыграла кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых МГУ во главе с Н. Б. Вассоевичем. Если менилитовые сланцы Карпат изучались только во львовском Институте геологии и геохимии АН УССР (И. В. Гринберг и др.), а исследования, ставшие основой для создания петрографии горючих сланцев, проводились только в Ленинграде — во Всесоюзном научно-исследовательском геологическом институте (ВСЕГЕИ; А. И. Гинзбург) и во Всесоюзном нефтяном научно-исследовательском геологоразведочном институте (ВНИГРИ; С. Г. Неручев, Г. М. Парпарова), то позднее сланцевая тематика появляется и в ряде других научно-исследовательских учреждений геологического профиля.

В московском Институте геологии и разведки горючих ископаемых (ИГиРГИ) расшифрован состав содержащихся в горючих сланцах изопреноидных углеводов (Н. Д. Гуляева). В сотрудничестве с Институтом химии АН ЭССР в Северо-Восточном комплексном научно-исследовательском институте Дальневосточного научного центра АН СССР в Магадане исследован состав уникальных горючих сланцев этого региона (Б. А. Клубов, В. Н. Воропаев), в Иркутске в Восточно-Сибирском научно-исследовательском институте геологии, геофизики и минерального сырья (ВостСибНИИГГиМС; Д. И. Дробот) изучаются докембрийские сланцы Прибайкалья, относительно подробно исследованы сузакские горючие сланцы Узбекистана (Х. Б. Авазматов, Е. А. Светозарский). В работу по изучению горючих сланцев включился Всесоюзный научно-исследовательский геологоразведочный угольный институт (ВНИГРИуголь) в Ростове-на-Дону (Г. К. Хрусталева, Л. Я. Кизильштейн и др.).

Комплексное исследование химических и технологических свойств девонских сланцев Белоруссии проведено в Институте торфа АН БССР (Ю. И. Горький, З. К. Лукьянова, К. В. Мартинович), дана подробная геологическая характеристика Припятского сланцевого бассейна (Л. Ф. Ажгиревич — Институт геологии и геофизики АН БССР). В Коми филиале АН СССР в Сыктывкаре изучается состав и определяются пути использования местных горючих сланцев (Л. А. Мельникова, А. А. Калинина и др.), исследования в области сланцев осуществляются также в Институте физико-органической химии и углехимии АН УССР в Донецке (В. И. Саранчук с сотрудниками). В Дальневосточном политехническом институте во Владивостоке (С. С. Томских), в Иркутском политехническом институте (В. В. Тутурина) и в Институте физической и органической химии АН Грузинской ССР (П. Д. Цискаришвили) многосторонне исследованы близкие к горючим сланцам по химическим и технологическим свойствам липтобиолиты и богхеды.

С 1984 г. восстановлен выпуск журнала «Горючие сланцы» (прекратившийся в 1939 г.), что должно способствовать обмену мнениями и опытом между специалистами-сланцевиками.

При составлении настоящего обзора были использованы материалы,

опубликованные Н. И. Зелениным, В. С. Файнбергом и К. Б. Чернышевой, а также рукописные материалы, любезно предоставленные А. В. Кожевниковым, за что авторы весьма ему признательны.

*Институт химии  
Академии наук Эстонской ССР  
г. Таллин*

Поступила в редакцию  
28.08.1987

A. J. AARNA, K. E. UROV

## DEVELOPMENT OF OIL SHALE CHEMISTRY DURING THE YEARS OF SOVIET POWER

The research work conducted already by scientists of Peterburg and Tartu laid the foundations for the development of oil shale chemistry.

After the victory of the Great October Socialist Revolution oil shale studies were intensified in the Baltic field as Petrograd was cut off from other energy sources because of the Civil War. V. I. Lenin attributed great attention to oil shales as a raw material for the chemical industry and as a fuel. Centers for oil shale research were established in Moscow and Leningrad in which notable results were achieved in the field of oil shales thermal decomposition and chemical properties.

The respective research in Estonia in 1918—1940 was centered mainly in Tartu University and the Oil-Shale Processing Enterprise at Kohtla-Järve.

Oil shale studies were interrupted by the Great Patriotic War and were continued only after the war in 1945. The restoration of the national economy devastated in the war placed new demands also before oil shale scientists, miners and process engineers. The old research centers were overhauled and new ones built. Oil shale problems are more thoroughly being dealt with in Leningrad, Moscow, Tallinn, Lvov, Syktyvkar, Kohtla-Järve, Minsk, Saratov, Irkutsk.

The paper gives a review of the main research trends and development of schools in the oil shale field.

*Academy of Sciences of the Estonian SSR,  
Institute of Chemistry  
Tallinn*