

И. З. КАГАНОВИЧ, К. Л. ТЕННО

## НЕРЕШЕННАЯ ПРОБЛЕМА ПЕРЕРАБОТКИ СЛАНЦА

Сланцевый комплекс Прибалтики развивается в условиях противоречивости интересов добывающей и сланцеперерабатывающей отраслей. Около 75% от общего количества добываемого сланца приходится на мелкокусковую фракцию (размер куска до 25 мм), которая используется как топливо на электростанциях. В то же время на фоне нарастающей напряженности баланса нефти и увеличения затрат на ее добычу и транспорт, стимулирующих производство искусственных жидких топлив, растет потребность в разворачивании термической переработки сланца на современном технологическом уровне и в больших масштабах, для которой сырьем служит крупнокусковой сланец.

Дальнейшее развитие сланцеперерабатывающей промышленности должен обеспечить принятый в качестве базового агрегата генератор большой мощности усовершенствованной конструкции. Новые генераторы успешно осваиваются промышленностью. Генераторный процесс характеризуется высоким выходом сырой смолы и водорастворимых фенолов. Смола малосерниста, обладает относительно малой вязкостью и низкой температурой застывания, поэтому ее практически без переработки можно использовать как жидкое котельное топливо, а также в качестве антисептика и средства для закрепления сыпучих и подверженных эрозии грунтов. Затраты на производство генераторной смолы не превышают прогнозных затрат на добычу нефти, а наличие кислородных соединений делает ее ценным сырьем для производства соответствующих химических продуктов. Из них наиболее важной является продукция на основе водорастворимых фенолов: клеевые смолы, модификаторы резины и т. д.

Расширение масштабов переработки сланца в генераторах зависит от увеличения доли крупнокусковой фракции при добыче. Однако технический прогресс в добывающей промышленности, который основан на внедрении новых механизированных систем, направленных на повышение производительности труда и уменьшение потерь, ведет к снижению выхода технологического сланца. Для получения требуемого количества такого сланца необходимо строительство обогатительных фабрик при сланцевых разрезах, результатом чего будет увеличение общих затрат на добычу сланца.

Проблема переработки мелкого сланца сейчас приобретает особую остроту. В связи с изменением баланса мощностей в Объединенной электроэнергетической системе (ОЭЭС) Северо-Запада СССР в пользу атомных электростанций потребление сланца на электростанциях (Прибалтийской и Эстонской ГРЭС) имеет тенденцию к уменьшению. На складах добывающих предприятий скопилось уже около 7 млн. т неиспользованного сланца. Положение обострилось и из-за того, что построенные при Эстонской ГРЭС две установки с твердым теплоносителем (УТТ-3000), рассчитанные на использование 2 млн. т мелкого сланца в год, уже целую пятилетку находятся в стадии освоения, а положительных результатов до сих пор нет. Установки практически не работают: использование планового фонда рабочего времени в 1984 г. составило всего 4%.

Разработка метода твердого теплоносителя ведется уже без малого 40 лет. Этапы развития идеи энерготехнологического использования сланца, конструирования и работы установок с твердым теплоносителем подробно освещены в литературе, в первую очередь авторами процесса — работниками лаборатории сланцев Энергетического института им. Г. М. Кржижановского (ЭНИИа) [1—4]. В основном в этих работах метод твердого теплоносителя оценивается положительно. В [5] достаточно подробно анализируется состояние освоения УТТ-3000 при Эстонской ГРЭС, причем общая направленность статьи оптимистична, и авторы рассматривают трудности, сложившиеся при освоении установок, как временные и преодолимые.

Мы считаем, что есть необходимость в более реалистических анализе и оценке сложившейся ситуации.

В 1976 г. в Академии наук Эстонской ССР была проведена экспертиза проекта УТТ-3000 и технико-экономического доклада (ТЭД) об использовании прибалтийских сланцев для развития энергетики Северо-Запада СССР, составленных проектными организациями Минэнерго СССР. Была установлена необоснованность многих исходных позиций проекта УТТ-3000 и ТЭДа, нереальность принятых технико-экономических показателей УТТ-3000 и некорректность проведения расчетов сравнительной экономической эффективности энерготехнологии и других вариантов развития энергетики Северо-Запада. В заключении экспертизы подчеркивалась необоснованность сделанных в ТЭДе выводов о целесообразности широкого развития энергетики Северо-Запада на основе предлагаемого варианта энерготехнологии.

Несмотря на это, в 1976 г. началась реализация проекта со строительством двух установок УТТ-3000 при Эстонской ГРЭС. На сооружение установок, реконструкцию корпуса сланцевого котла ТП-101 Эстонской ГРЭС и дополнительные работы по переделкам и ремонту затрачено 42 млн. руб. капитальных вложений [6]. Над освоением агрегатов работает более 200 человек промышленного персонала. За 5 лет освоения часть узлов и систем реконструирована, внесены изменения в технологическую схему и проведено варьирование параметров процесса. Однако длительная и устойчивая работа установок до сих пор не обеспечена. Трудности освоения УТТ-3000 достаточно подробно описаны в [6].

УТТ при Эстонской ГРЭС рассчитаны на выработку в год 240 тыс. т сланцевой смолы и 108 тыс. т высококалорийного газа [5]. Но продукция, произведенная в периоды кратковременных пусков установок, составляет незначительную долю от их проектной производительности, причем качество получаемой смолы не соответствует технологическому регламенту. Она крайне загрязнена трудноотделяемыми высокодисперсными пылью и золой, а соотношение легких и тяжелых фракций смолы значительно отличается от проектного: выход загрязненного тяжелого масла составляет 50% от жидкой продукции вместо расчетных 20%. Это значит, что процесс не удовлетворяет целевому назначению — выработке высококачественного жидкого топлива для электростанций. Именно на это были направлены все усилия по разработке метода твердого теплоносителя, и именно загрязненность масла стала камнем преткновения на пути освоения энерготехнологии. Так как и состав, и количество загрязненного масла не отвечают проектным требованиям, для его очистки необходимо разработать новую технологическую схему и перестроить всю систему очистки масла. Дополнительные работы для этого оценены почти в 2 млн. руб. Дело осложняется тем, что систему очистки масла придется создавать от начала и до конца заново.

Из-за отсутствия сланцевого масла уже несколько лет простаивает

реконструированный блок Эстонской ГРЭС. Мощность электростанции снизилась, и она оказалась в неблагоприятном экономическом положении, а народное хозяйство недополучило миллиарды киловатт-часов электроэнергии. Для улучшения экономических показателей Эстонской ГРЭС и использования накопившегося сланца целесообразно восстановить его прямое сжигание на реконструированном блоке. Если в будущем удастся наладить выпуск жидкого топлива на УТТ-3000, то оно должно получить более квалифицированное применение, чем сжигание под котлами крупных электростанций. Последние весьма эффективно работают на натуральном сланце, и жестко связывать УТТ с электростанцией нецелесообразно.

При оценке перспектив технологии твердого теплоносителя необходимо учитывать и ее воздействие на природную среду. Не решен целый ряд относящихся к этому вопросов, прежде всего связанных с токсичностью твердых отходов (золы). Известно, что при обычном режиме процесса твердого теплоносителя с температурой в технологической топке 800—820°С в коксозольном остатке содержится значительное количество свободной окиси кальция и водорастворимых сульфидов. Последние затрудняют как использование этой золы в производстве строительных материалов и сельском хозяйстве, так и складирование ее на золоотвалах. ЭНИИом предложен и опробован на стендовой установке низкотемпературный режим полукоксования [4]. При снижении температуры в технологической топке до 750—700°С в коксозольном и зольном остатке сульфидов практически не оказывается. Вместе с тем увеличивается выход суммарных смолопродуктов и возрастает содержание водорастворимых фенолов в самой смоле и подсмольной воде. Но в этом случае увеличивается содержание сернистого ангидрида и сероводорода в газе. Это значит, что такой газ нельзя сжигать в свече, а его полезное использование осложняется: потребуется дополнение технологической схемы сероочисткой газа. Опасность УТТ-3000 для окружающей среды неоднократно отмечалась в литературе [7—9].

Авторы технологии твердого теплоносителя придерживаются мнения, что этому процессу нет альтернативы [2, 4]. Между тем и за границей, и в СССР опробованы также иные методы переработки мелкого сланца [10—12]. Ограничиваться лишь одним процессом было бы ошибочно, необходим интенсивный поиск в других возможных направлениях. Прежде всего это относится к разрабатываемому в ЭССР (НИИсланцев) процессу полукоксования мелкого сланца в псевдооживленном слое [13]. Строительство опытной установки находится в стадии завершения.

**Приведенные затраты на 1 т условного топлива в продуктах переработки сланца в различных агрегатах, %**

*Таблица 1*

Переработка горючего сланца	Агрегат		Агрегат псевдоожив- ленного слоя	
	Генератор	УТТ-3000		
		По проекту	С коррек- ровкой параметров	
Без химической переработки смо- лы и фенолов	100	114	168	102
С химической переработкой смо- лы и фенолов	87,5	115	170	80
	100	131	194	91

Альтернативные технологии термической переработки мелкого сланца необходимы и по той причине, что, как показывают расчеты, УТТ-3000 даже при проектных технико-экономических показателях существенно уступает в экономической эффективности как другим процессам термической переработки сланца — переработке в генераторах и полукоксованию в псевдооживленном слое, так и пылевидному сжиганию сланца на электростанциях. Об этом свидетельствуют работы Института экономики АН ЭССР, проведенные в разные годы [8, 9, 14—17].

В табл. 1 сравниваются приведенные затраты на 1 т условного топлива в продуктах переработки сланца по рассматриваемым агрегатам. Для УТТ-3000 в одном случае приняты проектные технико-экономические параметры, а в другом — внесены соответствующие коррективы на снижение выхода кондиционного масла. Рассматриваются варианты без химической переработки смолы и фенолов и с переработкой. Затраты на сланец рассчитаны с учетом обогатительных фабрик при разрезах.

Из таблицы видно, что выработка химической продукции существенно повышает эффективность переработки сланца в генераторах и по технологии псевдооживленного слоя, увеличивая их преимущество по сравнению с УТТ (более высокий выход не только сырой смолы, но и водорастворимых фенолов). К тому же эти смолы гораздо менее загрязнены твердыми частицами, чем при технологии твердого теплоносителя. Выход кондиционного масла из полученных до сих пор проб смолы УТТ-3000 не превышает 40%. В данном же расчете принято 70%, и это весьма оптимистичная оценка. Не учтены и дополнительные капитальные вложения, а также текущие затраты на очистку масла. Но даже несмотря на сделанные допущения, экономическое преимущество других процессов перед УТТ-3000 остается значительным.

Таблица 2

Сравнение приведенных затрат на 1 МВт · ч электроэнергии, %

Технология	Режим покрытия нагрузки	
	Базисный	Полупиковый
Пылевидное сжигание сланца	100	100
Энерготехнологическая схема с УТТ-3000:		
По проектным данным	144	134
С корректировкой параметров	199	183

В Институте экономики и Институте термофизики АН ЭССР были рассчитаны сравнительные приведенные затраты на 1 МВт · ч электроэнергии (табл. 2). Рассматривались варианты покрытия базисной и полупиковой нагрузки в ОЭЭС Северо-Запада СССР при помощи ГРЭС на пылевидном сжигании сланца и по энерготехнологической схеме с УТТ-3000. Оказалось, что трехзвенная схема сланцевого энергетического комплекса (добыча — переработка — энергетика) намного уступает в эффективности двухзвенной (добыча — энергетика).

В заключение следует отметить, что монопольное положение метода твердого теплоносителя в области переработки мелкого сланца существенно мешает прогрессу и в освоении самой УТТ-3000: без соревнования теряется один из главных стимулов развития техники. Только такие обстоятельства делают возможным случаи, когда уже в проект нового промышленного объекта закладываются неэффектив-

ные или непроверенные решения, как это имело место при проектировании и конструировании УТТ-3000. Неработоспособность некоторых узлов и оборудования УТТ связана также с дефектами их изготовления и монтажа и низким качеством материалов.

В настоящее время на общегосударственном уровне поставлена задача интенсификации народного хозяйства на основе научно-технического прогресса. На Пленуме ЦК КПСС (апрель 1985 г.) и совещании в ЦК по вопросам ускорения научно-технического прогресса (июнь 1985 г.) было подчеркнуто, что в современных условиях научно-технический прогресс как главный фактор интенсификации только в том случае отвечает своему назначению, если выражается в переходе к принципиально новым технологическим системам. Требуется не любое обновление производства, а такое, которое сопровождается внедрением техники последних поколений, дает наивысший экономический и социальный эффект [18, 19]. Была осуждена разорительная политика дробления капитальных вложений между множеством объектов и растягивания сроков их строительства и освоения, из-за чего безнадежно стареют даже лучшие проекты. Отмечено, что одним из уязвимых мест экономики остается низкий уровень качества продукции, которое служит самым точным и обобщающим показателем научно-технического прогресса, производственной культуры и дисциплины. В [19] отмечалось, что с возводимыми объектами нужно внимательно разобратся: сооружение и освоение каких объектов следует ускорить, каких приостановить и каких законсервировать.

Именно с этих позиций требуется принять решение относительно перспектив УТТ-3000 при Эстонской ГРЭС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тягунов Б. И., Панов В. И., Стельмах Г. П. Энерготехнологическое использование горючих сланцев. — Энергетическое строительство, 1980, № 4, с. 28—30.
2. Петров М., Стельмах Г., Тягунов Б., Чукул В. И все-таки шаги — положительные. — Советская Эстония, № 77, 1985, 2 апреля.
3. Исследования в области комплексного энерготехнологического использования топлива: Межвуз. науч. сб.; вып. 7. — Саратов, 1979.
4. Мамай В. И., Стельмах Г. П., Кундель Х. А., Казаков Е. И. Возможности увеличения выхода водорастворимых фенолов в процессе полукоксования сланца с твердым теплоносителем. — Горючие сланцы, 1984, 1, № 4, с. 414—419.
5. Стельмах Г. П., Тягунов Б. И., Чукул В. И. и др. Энерготехнологическая установка для переработки мелкозернистого горючего сланца. — Горючие сланцы, 1985, 2, № 2, с. 189—196.
6. Рогинский М. Альтернатива. — Советская Эстония, № 275, 1984, 30 ноября.
7. Lippmaa E. Kõige olulisem on... — Eesti loodus, 1985, Nr. 6, lk. 369.
8. Прогнозный анализ многоотраслевого комплекса в условиях неопределенности / Институт экономики АН ЭССР. — Таллин, 1980.
9. Каганович И. З. О комплексном анализе территориально-производственных проблем с учетом экологических факторов. — Экономика и матем. методы, 1977, 13, № 5, с. 998—1007.
10. Аарна А., Эпик И. Использование горючих сланцев в Эстонской ССР. — Горючие сланцы, 1984, 1, № 1, с. 7—15.
11. Эпик И. Важнейшие опытные промышленные и демонстрационные установки для переработки горючих сланцев. — Изв. АН ЭССР. Хим., 1983, 32, № 3, с. 81—97.
12. Серебрянников Н. Д. К истории сланцепереработки. — Горючие сланцы / ЭстНИИНТИ, 1983, № 9, с. 15—18.

13. Дойлов С. К., Омеляненко В. А., Журавлева И. В. Разработка технологии полукоксования мелкозернистого сланца в псевдоожигенном слое. — В кн.: Пути повышения эффективности и перспективы дальнейшего развития сланцеперерабатывающей промышленности: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. совещ., Коктла-Ярве, 24—26 мая 1983 г. Коктла-Ярве, 1983, с. 11—12.
14. Каганович И., Лаур А., Мамяги А., Тенно К. Человеко-машинный анализ региональных задач. — В кн.: Экономико-математические исследования в Институте экономики АН Эстонской ССР в IX—X пятилетках. Таллин, 1981, с. 66—86.
15. Тенно К. Kütuse- ja energeetikakompleks ning selle arenguvõimaluste uurimine. — Rmt.: Eesti NSV tööstus kümnendal viisaastakul. Tallinn, 1978, lk. 32—45.
16. Каганович И. З., Тенно К. Л., Барабанер Н. И. Анализ экономических проблем использования прибалтийских сланцев. — В кн.: Методические и практические проблемы повышения эффективности использования трудовых, материальных и энергетических ресурсов в химической, нефтехимической, микробиологической промышленности и промышленности строительных материалов. М., 1981, с. 61—64.
17. Тенно К. Сравнительная экономическая оценка разрабатываемых процессов термической переработки сланца. — Горючие сланцы, 1984, 1, № 3, с. 307—312.
18. Материалы Пленума Центрального Комитета КПСС, 23 апреля 1985 г. — М., 1985.
19. Горбачев М. С. Коренной вопрос экономической политики партии. Доклад на совещании в ЦК КПСС по вопросам ускорения научно-технического прогресса 11 июня 1985 года. — М., 1985.

Представил А. Я. Аарна

Поступила в редакцию  
01. 08. 1985

Институт экономики  
Академии наук Эстонской ССР  
г. Таллин

I. Z. KAGANOVICH, K. L. TENNO

#### THAT UNSOLVED PROBLEM — OIL SHALE PROCESSING

This paper is concerned with a vital problem of developing an efficient technology for processing fine grained oil shale. The solution of the problem has been bound up with commercial realization of oil shale retorting with solid heat carrier. The 3000t/d facilities constructed at the Estonian Electric Power Plant have been in the experimental stage for 5 years but no favourable results have been achieved. The low quality of the products obtained, oil in the first place, is a major drawback. This means that the process as a whole does not answer the purpose — production of high-grade liquid fuel. Moreover, the economic efficiency of the retorting process with solid heat carrier, even with planned technological and economic characteristics, considerably yields to other technologies of oil shale retorting and direct burning at power plants. The elaboration of the technology with solid heat carrier is also highly necessary from an environmental viewpoint to make it nonhazardous. To sum it up, the authors suggest a need for alternative technologies for processing fine grained oil shale. Estimates show that technological and economic characteristics of the process of oil shale retorting in the fluidization layer which is currently under development in the Oil-Shale Research Institute (Estonian SSR) are promising.

Academy of Sciences of the Estonian SSR,  
Institute of Economics  
Tallinn