

Академия наук Эстонской ССР  
Институт экономики

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТОПЛИВНО-СЫРЬЕВОГО  
БАЛАНСА ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ  
И ЭНЕРГЕТИКИ В ПРИБАЛТИКЕ**

ТАЛЛИН 1968



VIII  
A-17349

Академия наук Эстонской ССР  
Институт экономики

И.Каганович, К.Тенно

ОПТИМИЗАЦИЯ ТОПЛИВНО-СЫРЬЕВОГО БАЛАНСА  
ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ И ЭНЕРГЕТИКИ  
В ПРИБАЛТИКЕ

Таллин 1968

Tartu Riikliku Ülikooli  
Raamatukogu  
224941

ARHIIVKOGU

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Прибалтийский экономический район относительно беден полезными ископаемыми, и его развитая промышленность работает в значительной мере на привозном сырье и топливе. Наиболее важным ископаемым сырьем здесь является эстонский горючий сланец, энергетическое и технологическое использование которого играет существенную роль в экономике района. Направления развития сланцевой промышленности в современных условиях, равно как и варианты размещения энергоемких химических производств, нуждаются во всесторонней экономической оценке.

Очевидно, сырьевая база энергетики и топливперерабатывающей промышленности Прибалтики должна быть организована так, чтобы использование привозного и местного топливно-химического сырья сочеталось оптимальным образом.

Удовлетворить нужды Прибалтийского экономического района в химических продуктах и энергии возможно следующими путями:

а) создать здесь нефте- и газохимические производства и ориентировать электроэнергетику в большой мере на сланцевое топливо;

б) развить химическую промышленность на базе эстонских сланцев;

в) снабжать Прибалтику химическими продуктами из районов сосредоточения нефтепереработки, например, из Поволжья.

Каждое из этих направлений представлено рядом технологических способов. Многовариантность технико-экономических решений (сочетаний технологических способов) и ограниченность большинства ресурсов при заданной потребности района в продукции делает необходимым поиск экономически оптимального варианта математическим путем. Этот подход реализован в исследовании по теме "Оптимальное использование ресурсов местного и привозного топливно-химического сырья в Прибалтийском экономическом районе", выполненном экономико-математическим сектором Института экономики АН Эстонской ССР в 1964-1966 гг. /1-4/<sup>х</sup>).

Разработана методика экономико-математического анализа сложной производственно-транспортной системы с многопродуктовыми технологиями и обратными связями. Сформулирована многоотраслевая задача оптимального планирования с целью минимизировать затраты на добычу, транспорт, переработку основных видов местного и привозного топливно-химического сырья, производство и доставку готовой продукции. На этой модели проведена серия расчетов с варьированием исходных данных (лимитов и затрат).

Необходимость комплексного подхода к проблемам оптимизации химических и топливно-энергетических производств

---

<sup>х</sup>) Участники работы: Н. Барабанер, И. Каганович (руководитель), Х. Мийль, М. Рейснер, К. Тенно, К. Хабишт.

вызвана тем, что энергетика и химия не только связаны как поставщик и потребитель больших количеств энергии, но взаимодействуют и в известном смысле конкурируют между собой, будучи потребителями одних и тех же сырьевых ресурсов: нефти и ее производных, природного газа, сланцев и т.п.

Цикл исследований /1-4/ продолжен в работе "Выбор оптимального варианта производства синтетических материалов для Прибалтики", выполненной К.Тенно /5/. В этой работе расширен блок химических производств путем ввода в модель технологии конечной переработки углеводородного сырья. Увязка общей и частной задач достигнута с помощью двойственных оценок (для контроля результатов была также поставлена и решена объединенная задача).

Первичная информация для этих работ по вариантам добычи и переработки топливно-химического сырья и производных продуктов приведена к единой нормативной и методической базе. Техничко-экономические показатели рассчитаны на основании равнообразных источников, главным образом по материалам проектных и научно-исследовательских институтов. Данные, относящиеся к новой технологии переработки сланца, получены в Институте химии АН ЭССР, а в области, смежных с топливно-энергетическим балансом, - в Институте термофизики и электрофизики АН ЭССР. Использован широкий круг показателей, разработанный институтом

„НИИТЭХИМ“ и рядом других учреждений. Некоторые данные по энерготехнологии заимствованы из работ „ЛОТЭП“.

Технико-экономические показатели, приводимые в тексте и таблицах, носят исключительно расчетный характер и к действующим или конкретным проектируемым объектам топливо-перерабатывающей и химической промышленности не относятся. Экономика действующих предприятий не анализируется.

Задачи решались главным образом на ЭВМ Минск-2 Института кибернетики АН Эстонской ССР и частично в Вычислительном центре АН СССР.

В настоящей работе обобщены результаты указанных исследований, а также серии расчетов, проведенных авторами в 1968 г., по дополнительной программе и скорректированным данным.

Разделы I и II посвящены описанию математической модели, исходной информации и программы вариантных расчетов. В III и IV разделах дан экономико-математический анализ оптимальных решений. Разделы V - VII содержат экономическую интерпретацию результатов исследования и оценку различных гипотез плана развития энергетики и химических производств в Прибалтике.

Разделы написаны: I, IV, V - И.Кагановичем, VII - К.Тенно, II, III, VI - ими совместно. Вся работа по программированию для расчетов на ЭВМ выполнена М.Рейснером.

## 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ, МЕТОДИКА

Многоотраслевой промышленный комплекс, служащий объектом оптимизации, включает четыре типа производств: топливобывающие – сланцевые шахты и карьеры; топливоперерабатывающие – нефтеперегонные и сланцеперерабатывающие комбинаты; химические – производство пластмасс, удобрений, волокон и т.д.; электростанции, конденсационные и тепловые. Эти производства представлены в работе множеством технологических способов  $\{1, \dots, n\}$ . Их набор ориентирован на прогрессивный технический уровень и составлен в расчете на то, чтобы каждый рассматриваемый продукт мог быть получен по крайней мере двумя конкурирующими методами в разных районах размещения или из разных видов сырья.

В случае многостадийности производственного процесса он делится на последовательный ряд способов, с тем чтобы продукция одного служила сырьем для другого. Каждый из технологических способов может производить и потреблять в принципе неограниченное число продуктов. При наличии качественно различающихся технологических режимов (например, режимы газификации и полукоксования сланца, режимы глубокой и неглубокой переработки нефти) они фигурируют в задаче как самостоятельные варианты (способы).

Модель имеет на входе не воспроизводимые в системе (экзогенные) факторы и ресурсы, на выходе – конечную продукцию. Внешние условия функционирования системы заданы

вектором ограничений  $B = (b_i)_m$ , координаты этого вектора выражают:  $b_i \geq 0$  - спрос (задания по выпуску продукции),  $b_i < 0$  - предложение (здесь - размер ограниченных ресурсов, которые может потребить система в количествах, не превосходящих определенных лимитов).

Технологии, входящие в систему, связаны между собой прямыми и обратными (рециркуляционными) материальными потоками. Эта сеть связей является основным предметом математического моделирования.

Количественным выражением связей каждого из способов с остальными служат величины выпуска ( $c_{ij} \geq 0$ ) и затрат ( $a_{ij} \geq 0$ )  $i$ -го продукта (затрачиваться могут и первичные ресурсы) при единичной интенсивности использования  $j$ -го технологического способа ( $i = 1, 2, \dots, m$ ;  $j = 1, 2, \dots, n$ ).

Для каждого фиксированного способа, используемого с единичной интенсивностью, выпуск данного продукта зависит при переработке комплексного сырья от выпуска других продуктов и от расхода ресурсов. В равной мере затраты данного невозпроизводимого ресурса или промежуточного продукта находятся в определенной связи со всеми другими затратами и задаваемыми выходами продуктов.

При непостоянстве покомпонентного состава материальных потоков и конечной продукции и возможности менять технологический режим эти зависимости, вообще гово-

ря, нелинейны, например, в задачах оперативного управления. Однако в данной задаче, рассчитанной на перспективное планирование, технологические коэффициенты усредняются (единицей времени принят год), и режимы, состав загрузки (шихты), нормы затрат и выходов предполагаются стабильными и заданными.

Поэтому все величины  $a_{ij}$  и  $c_{ij}$  при единичной интенсивности использования технологических способов здесь допустимо и оправдано считать константами. В таком случае каждый технологический способ описывается парой неотрицательных векторов: вектором затрат  $a_j = (a_{1j}, \dots, a_{mj})$  и вектором выпуска  $c_j = (c_{1j}, \dots, c_{mj})$ . Их компоненты образуют соответственно матрицу затрат  $A = (a_{ij})$  и матрицу выпуска  $C = (c_{ij})$ .

За единицу интенсивности использования технологического способа принята годовая производственная мощность агрегата, установки, технологической линии. В случаях с типовыми установками и мощностями (если типов мощностей несколько, строится соответствующее число технологических способов), показатель интенсивности применения способа  $x_j$  может принимать лишь дискретные значения, выражая целое число этих установок.

Для анализа сравнительной эффективности ресурсов и распределения программы между конкурирующими технологиями применяется статическая модель.

Имея в виду сделанные допущения, можно представить данную систему в виде общей линейной модели производст-

ва (производственного планирования) /6,7/:

$$(C - A)X \geq B, \quad (1)$$

где  $X = (x_j)$  - вектор-столбец,  $n$ -мерный;  $B$  - вектор-столбец,  $m$ -мерный;  $(C - A)$  - производственная матрица  $m \times n$ .

Взаимозаменяемость продуктов осуществляется в модели с помощью специальных технологических способов, каждому из которых соответствует столбец матрицы  $(C - A)$ , имеющий два ненулевых элемента, - отрицательный для заменяемого продукта и положительный для заменителя. Значения этих элементов выражают меру заменимости одного продукта другим.

Критерием оптимальности плана принимается минимум годовых приведенных затрат на оплату экзогенных ресурсов, их доставку и переработку внутри системы и на транспорт готовой продукции.

Слагаемыми затрат являются: 1) приведенные затраты на производство сырья и материалов, поступающих в систему извне, то есть текущие затраты на добычу сырья (включая затраты на геологоразведочные работы) или на производство материала и удельные капитальные затраты (новые) на сырье (материал) за год нормативного срока окупаемости капитальных вложений; 2) приведенные затраты на транспорт сырья (материала) из пункта его производства в пункт переработки; 3) приведенные затраты на электро- и теплоэнергию при их поступлении в систему извне; 4) оплата труда;

5) амортизация и накладные расходы; 6) новые прямые капитальные вложения с коэффициентом приведения; 7) приведенные затраты на транспорт продукции из пункта производства в пункт потребления.

Коэффициент эффективности капитальных вложений принят единым для всех отраслей на уровне 0,2. Однако в ряде случаев решение повторено с  $e = 0,1$ , а также с  $e$ , дифференцированным по отраслям.

В текущих и капитальных затратах по каждому технологическому варианту учитывается расход лишь тех ресурсов, которые не воспроизводятся внутри системы.

Во избежание повторного счета затрат стоимость сланца, электроэнергии, пара, промежуточных продуктов непосредственно в сумму затрат по вариантам не входит.

Поскольку минимизации подлежат как производственные, так и транспортные затраты, а спрос на продукцию и ограничения по ресурсам территориально дифференцированы, т.е. к производственным ограничениям (1) добавляются транспортные, задача в целом формулируется как многоотраслевая производственно-транспортная с дискретными переменными.

Обозначения (дополнительно к введенным ранее):

- $l$  - число пунктов потребления конечной продукции и сосредоточения исходного сырья;
- $j, r$  - индексы отправителя или получателя груза, в частности пункты производства ( $j, r = 1, 2, \dots, n, n+1, \dots, n+l$ );

- $x_{ijr}$  - искомый объем перевозок  $i$ -го продукта или ресурса от  $j$ -го поставщика до  $r$ -го пункта производственного или конечного потребления ( $i = 1, 2, \dots, m$ ;  $j, r = 1, 2, \dots, n+1$ );
- $x_{irj}$  - искомый объем перевозок  $i$ -го продукта или ресурса из  $r$ -го пункта поставки в  $j$ -й пункт потребления;
- $\delta_{ijr}$  и  $\delta_{irj}$  - пропорциональные транспортные расходы;
- $\alpha_j$  - затраты на внешние ресурсы при использовании  $j$ -го технологического способа с единичной интенсивностью ( $j = 1, 2, \dots, n$ );
- $b_{ir}$  - конечная потребность в  $i$ -м продукте ( $b_{ir} \geq 0$ ) или ограничение расхода  $i$ -го ресурса ( $b_{ir} < 0$ ) в пункте  $r$ , ( $r = n+1, \dots, n+l$ );
- $J_s$  - множество индексов взаимозаменяемых способов ( $J_s \subset J = \{1, 2, \dots, n\}$ ,  $s$  - индекс соответствующей группы этих способов).

Формулировка задачи: найти план, при котором достигает минимума целевая функция

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n+1} \sum_{r=1}^{n+1} \delta_{ijr} x_{ijr} + \sum_{j=1}^n \alpha_j x_j \quad (2)$$

и выполняются условия

$$\sum_{i=1}^m x_{ijr} - \sum_{r=1}^{n+1} x_{irj} = (c_{ij} - a_{ij}) x_j \quad (i = 1, 2, \dots, m; \quad (3) \\ j = 1, 2, \dots, n),$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ijr} - \sum_{j=1}^n x_{irj} \geq b_{ir} \quad \left( \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, m; \\ r = n+1, \dots, n+l, \end{array} \right) \quad (4)$$

$$x_j \in \{0, 1, 2, \dots\}, \quad x_{ijr} \geq 0, \quad (5)$$

$$\sum_{j \in J_s} x_j \leq 1, \quad J_s \subset J = \{1, 2, \dots, n\} \quad (6)$$

Равенство (3) выражает баланс поступления и расхода каждого продукта в каждом из пунктов производства или для каждой технологии: объем производства продукции в данном пункте и ввоза в него в сумме должен быть равен объему потребления и вывоза. Согласно условию (4) ввоз каждого из продуктов в пункт конечного потребления должен быть не меньше размера спроса в этом пункте, а вывоз экзогенного ресурса каждого вида из пунктов, откуда он поставляется - не больше заданного лимита.

Ограничение (6) вводится в случаях, когда технологический способ может быть представлен в плане не более чем одним вариантом из множества разновидностей.

Коэффициент  $\alpha_j$  характеризует технологический способ в целом, относясь ко всему комплексу вырабатываемых продуктов, поэтому надобности в предварительном распределении затрат между отдельными продуктами комплекса при

данной постановке задачи не возникает. х)

Эффективные точные методы решения трехиндексной многоотраслевой производственно-транспортной задачи отсутствуют. Подход к ее приближенному решению обычно состоит в том, что модель предварительно сводится к двухиндексной, т.е. к общей модели производственного планирования (1) с условием целочисленности переменных и с минимизацией затрат экзогенных факторов.

В данном случае сведение задачи к двухиндексной с понижением ее размерности достигнуто тем, что затраты на транспорт определены как средние величины на единицу каждого вида сырья и продукции ( $\delta_{ij}$ ). Расчет этих показателей ("индивидуальных затрат") может быть осуществлен на основании матриц транспортных расходов  $\|\delta_{ijr}\|$  и данных о территориальном размещении ресурсов или спроса на продукцию ( $b_{ir}$ ).

Для каждого способа затраты на транспорт всех продуктов и ресурсов при таком подходе складываются с производственными ( $\alpha_j$ ). Эти суммы  $\rho_j$  служат коэффициентами целевой функции  $PX$ , которую требуется минимизиро-

х) Объективное распределение затрат между продуктами достигается путем решения двойственной задачи, т.е. представляет собой один из результатов анализа, но не его исходный пункт.

вать при условиях (1) и при неотрицательности координат плана  $X = (x_j)$ .

Результаты решения ряда задач симплексным методом показали, что построение модели с учетом производственных связей и пропорций, сопряженности переделов равно как выбор системы ограничений, в частности, использование ограничений (6) позволяет получить план, весьма близкий к целочисленному (см. ниже).

В иллюстративных целях в табл. I представлен макет производственной матрицы (матрицы технологических коэффициентов). В ней 28 уравнений или неравенств - по числу ограничений на производство продукции или расход ресурсов - и 29 укрупненных технологических способов (условный набор).

Связи между технологическими способами, входящими в систему, выражаются в таблице знаками "+" и "-", относящимися к технологическим коэффициентам (значения коэффициентов не приведены, пустым клеткам соответствуют нулевые коэффициенты). Присутствие положительных и отрицательных коэффициентов в одной и той же строке связывает варианты производства данного продукта с вариантами его переработки. Так, бензол (табл. I, строка 13), получаемый при перегонке нефти (столбец 7) или из сланца (столбец 20), расходуется для производства сульфенола (столбец 16).

Реализация той или иной из этих связей в оптималь-

ном плане зависит от сравнительной экономичности получаемых комбинаций при оптимизации системы в целом. Таков же механизм косвенных связей в системе прямых и обратных. Модель позволяет связать, например, выпуск полиэтилена с добычей сланца. Интенсивность применения варианта переработки нефти или сланца зависит в определенной мере от косвенного "самопотребления" мазута ввиду обратной связи мазут - электроэнергия - мазут (производство мазута - электростанция на мазуте - потребление электроэнергии для производства мазута).

## Матрица производственной матрицы

Технологические стособы	Ресурсы и продукты	Получение сырья		Слепостанции			Переработка нефти	Переработка сланца			Переработка сланца в герметичных аппаратах	Переработка сланца в герметичных аппаратах	Переработка сланца в герметичных аппаратах	Сланцевый кокс	Сланцевый кокс	Сланцевый кокс	
		на сланце	на угле	на угле	на газе	на газе		на газе	на газе	на газе							на газе
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
	Сланец	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Каменный уголь																
	Нефть																
	Природный газ																
	Электроэнергия	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Сырая сланцевая смола																
	Сланцевый газ (ТГХ)																
	" " генераторный																
	" " камерный печей																
	Мазут																
	Сырье для пиролиза нефтяное																
	" " сланцевое																
	Бензол																
	Сырье для сульфонида																
	Ветон																
	Электролитный кокс																
	Сульфид																
	Бытовой газ																
	Аммиак																
	Этанол, пропанол																
	Полиэтилен, полипропилен																
	Полиэтилен																
	Фенол-формальдегидная смола																
	Нитрол																
	Ацетилен																
	Метанол																
	Формалин																
	Винилацетат																

х) Установка с твердым теплоносителем



## П. ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ. ВАРИАНТНЫЕ РАСЧЕТЫ

Для практических расчетов матрица технологических коэффициентов разработана в двух вариантах: размерностью 80 x 114 и 51 x 64. В приложении I представлена вторая из этих матриц. Для удобства воспроизведения она разбита на блоки. Приведенные затраты показаны дважды: при  $e = 0,2$  и  $e = 0,1$ . Как обычно, действующие основные фонды не учтены. Приняты в расчет капитальные затраты на реконструкцию действующих шахт. В коэффициенты целевой функции включены транспортные расходы, предварительно рассчитанные по указанному выше принципу.

В приложении II дана матрица технологических коэффициентов для решения задачи выбора оптимального варианта производства полимерных материалов, составляющей содержание второго этапа исследования (см. ниже, раздел УП).

Как следует из описания модели, в ней использованы ограничения переменных (лимиты) тройкого рода: размер ресурсов, задания по выпуску конечной продукции и пределы интенсивности использования технологических способов (ограничения мощности).

Ограничения ресурсов лучших видов сырья и топлива являются важнейшими с точки зрения целей настоящей работы: при данных технико-экономических показателях ва-

риантов структура сырьевых ресурсов и степень их дефицитности оказывают доминирующее влияние на результаты решения. Учитывая это, одна серия задач поставлена в условия значительной дефицитности высококачественного привозного сырья - нефти и природного газа (ограничения I), другая - рассчитана на их поступление в больших количествах (ограничения II).

Ресурсы нефти определяются типовой мощностью нефтеперерабатывающего завода (НПЗ), условно размещенного в Литве. Соответственно этой потребности приняты ресурсы нефти в Прибалтике с расчетом на поставку по нефтепроводу "Дружба" и, далее, через Полоцк в Литву. Имеется в виду, что НПЗ аналогичной типовой мощности, расположенный в Поволжье, также может служить базой химических производств для покрытия потребностей Прибалтики (с доставкой железнодорожным транспортом).

Ресурсы природного газа приняты по данным института "Гипроспедгаз".

Латвия и Литва снабжаются природным газом по газопроводу Ивадевичи-Вильнюс-Рига (намечено также соорудить новый газопровод).

В Эстонию природный газ будет поступать через Ленинград (газопровод Ленинград-Кохтла-Ярве-Таллин), поэтому в задаче ресурсы природного газа для Эстонии фи-

гурируют отдельно от ресурсов двух других трибалтийских республик.

Топливоно-сырьевые ресурсы местной добычи - сланца и торфа - , а также ресурсы замыкающего топлива - каменного угля-в задаче не ограничены.

Лимиты по выпуску продукции (минимальные задания) ориентированы на потребность экономического района (имеется в виду конечная продукция рассматриваемой системы) или на типовую мощность производственных объектов.

Принимается в расчет потребность района в следующих продуктах: топливный сланец, бензин, дизельное топливо, мазут, бытовой газ, электроэнергия, теплоэнергия, аммиак, бензол, полиэтилен, полипропиленовое волокно, нитрон, фенол-формальдегидная смола, электродный кокс, моющие средства (сульфонол), дикарбоновые кислоты и некоторые другие.

Поскольку в качестве лимитов используются цифры потребности в конечной продукции, из валовой потребности в топливе и энергии следует вычесть внутренний оборот системы (расход в азотнотуковом производстве и на электростанциях). Не включая в задачу всех позиций топливоно-энергетического баланса, осуществить это распределение, строго говоря, нельзя. <sup>х)</sup>

<sup>х)</sup> Топливоно-энергетический баланс республики разрабатывается Институтом термофизики и электрофизики АН Эстонской ССР.

Чтобы избежать резкого увеличения размерности задачи, были отдельно поставлены и решены (совместно с институтом "Гипроспецгаз") две локальные задачи оптимального распределения ресурсов природного газа и мазута в Эстонской ССР и Литовской ССР.

При определении потребности в топочном мазуте аналогичным образом принято в расчет его возможное использование внутри системы (как топлива для электростанций и сырья для производства электродного кокса).

Лимит электроэнергии включает как потребность самого Прибалтийского района, так и передачу энергии в соседние районы (в Ленинградскую область, Белоруссию и др.). Из общей потребности в электроэнергии и теплоэнергии исключается та, которая рассчитана на объекты, входящие в систему (внутренний оборот системы), а также та часть потребности, которая покрывается за счет гидростанций и мелких тепловых станций, не рассматриваемых в работе.

Потребность Прибалтики в полиэтилене меньше, чем мощность типовой установки. В этом и подобном случаях лимит установлен на уровне типовой мощности.

Лимиты производства ряда химических продуктов определены с таким расчетом, чтобы обеспечить свободу отбора лучших технологических способов в процессе ре-

шения.

Для способов, не требующих по тем или иным причинам дополнительных капитальных вложений, вводятся ограничения мощности, предотвращающие их использование с более чем единичной интенсивностью:  $x_j \leq 1$ . Это относится, например, к действующим шахтам. С другой стороны, электростанции определенной мощности рассматриваются в задаче в нескольких вариантах, причем требуется выбрать один из них. Для этого строятся ограничения (6).

Отдельные задачи решены с условием обязательного вхождения в план некоторых технологических способов для анализа их эффективности и влияния на систему в целом. Это достигается с помощью ограничения мощности в виде равенства.

Для изучения закономерностей формирования плана и анализа факторов, определяющих его структуру, построен ряд задач математического программирования, различающихся исходными данными (лимитами и коэффициентами целевой функции).

Наиболее эффективные (экономичные) виды сырья и направлений их использования выявляются путем решения задач в условиях наименьшей, в данных границах, дефицитности сырьевых ресурсов.

Анализируются зависимость сырьевого баланса сис-



плана с закреплением в нем способов, не вошедших в оптимальный план, но представляющих интерес.

При данных экономических показателей технологических способов степень использования для химической переработки, наряду с нефтью и природным газом, также и местного сырья, в первую очередь сланца, зависит исключительно от баланса ресурсов и уровня спроса на продукцию.

Как указывалось, ресурсы нефти в Прибалтике ограничены сверху мощностью типового НПЗ<sup>х)</sup>, ресурсы природного газа менее определены. Анализ реакции системы на изменения спроса свидетельствует, как и следовало ожидать, что решающим является величина потребности в многотоннажной продукции, т.е. прежде всего в жидких топливах и особенно в мавуте.

Исходя из сказанного, основной линией анализа явился расчет влияния сдвигов в балансе газа, мавута, отчасти бензина на оптимальный план производства, а также сравнительная оценка различных наборов технологических способов. Задачи решаются также с варьированием

х) Экономическая целесообразность переработки нефти на топливные продукты вблизи мест их концентрированного потребления в настоящее время является общепризнанной и потому не требует обоснования в данной работе.

уровня и условий внутрисистемного потребления топлив.

Если задачи одной серии сформулированы как открытые в отношении поставок углеводородного сырья в данный район извне, то ряд других задач решен, замыкая производство этого сырья пределами Прибалтики.

Проведен анализ устойчивости оптимальных планов при изменениях коэффициентов целевой функции путем варьирования нормативного коэффициента эффективности капитальных затрат. Как выяснилось, это не приводит к сколь-нибудь существенным сдвигам в оптимальном плане при прочих равных условиях (см. приложение III). Более других чувствительны к изменению коэффициента эффективности переменные, относящиеся к вариантам добычи сланца: при  $e = 0,1$  интенсивность использования новых карьеров увеличивается по сравнению с решением при  $e = 0,2$ .

Выше отмечалось, что организационно решение проведено на основании матрицы  $80 \times 114$  и по агрегированной матрице  $51 \times 64$ . Предварительно помимо того в целях опробования модели и проверки ее возможностей решена пробная задача с 30-ю ограничениями (по ресурсам, продукции и мощностям) и 34-мя технологическими способами. Варианты технологии вошли при этом в задачу в сгруппированном виде - как "сквозные", включающие стадии производства от добычи или переработки сырья до производства гото-

вой продукции. Таким образом, в отличие от развернутой модели, в пробной задаче фигурировали не отдельные технологические переделы, а их объединения ("заводы", "комбинаты").

На стадии расчетов по матрице  $80 \times 114$  было получено несколько вариантов оптимального плана. Анализ решений и структуры матрицы позволил вести дальнейшие вариантные расчеты по сокращенной и частично агрегированной матрице без существенной потери информации.

Осуществление программы вариантных расчетов потребовало решения около ста отдельных задач.

При описании и анализе результатов решения все эти задачи разделены на три большие группы.

Условия задач первой группы предполагают связь рассматриваемой системы с НПЗ, расположенным в Поволжье (решения типичных задач этой группы приведены в табл.2), вариант ограничений - П.

Серия задач второй группы рассчитана на замкнутый в пределах Прибалтики баланс углеводородного сырья и П вариант ограничений (характерные решения при отсутствии поставок из Поволжья даны в табл.3).

Задачи, отнесенные к третьей группе (приложение IУ), решены с I вариантом ограничений и с обязательным условием переработки сланца в камерных печах, т.е.

в них учтены реальные предпосылки ближайшего периода.

В оптимальных планах задач первой и второй групп обращает на себя внимание их близость к целочисленности, хотя они получены симплексным методом.

Переработка нефти, добыча и переработка сланца, производство электроэнергии, ряда химических продуктов в большинстве случаев не раздроблены между равными технологиями, мощности заповнены или не использованы.

В случаях с менее чем единичной интенсивностью использования технологических способов проводилась замена соответствующих способов в матрице на менее мощные и пересчет показателей затрат. Это не привело к изменению плана, что дает основание использовать нецелочисленный результат как меру мощности передела.

Что касается использования способов с более чем единичной, но дробной интенсивностью (таково, например, использование КЭС на мавуте мощностью в 1200 Мвт); то можно ожидать роста их использования в оптимальном целочисленном плане, но отнюдь не выхода из него.

Заметим, что для достижения целей данного исследования нет необходимости в строго целочисленном решении задачи. Должна быть, однако, получена удовлетворительная степень приближения к нему — такая, чтобы приближенное решение содержало тот же набор технологических способов с ненулевой интенсивностью, как и целочисленное.

Для дальнейшего выделим варианты, рассматриваемые как основные. Таковыми будем считать решения, полученные на основе исходной матрицы (приложение I) и II варианта ограничений без дополнительных требований и условий. Количество товарного мазута (конечная продукция системы, потребляемая за ее пределами) задается на двух уровнях - 3 и 5 млн.т. Соответствующие решения приведены в табл.3, гр.1 и 2.

Таблица 2

Решение задач с учетом связей с НПЗ в Поволжье (ограничения II)

Технологические способы	Расчетная мощность при единичной интенсивности способа	Количество мазута (конечная продукция), млн.т				Мазута 5 млн. т, электроэнергии 31 млрд. квт-ч
		3		5		
		Основные варианты		Без УТТ		
		1	2	3	4	5
Переработка нефти						
НПЗ в Поволжье (условно), схема глубокой переработки	12 млн.т нефти	1	1	1	1	1
НПЗ в Прибалтике (условно), схема неглубокой переработки	" "	1	1	1	1	1

		1	2	3	4	5
<u>Добыча сланца</u>						
Шахты действующие	17,2 млн. т	1	1	0,99	1	1
Карьеры новые	5 млн. т	-	1	-	1	1
	1,6 млн. т	-	-	-	-	2,79
<u>Электростанции</u>						
на сланце						
КЭС	1625 МВт	1	1	1	1	1
ТЭЦ	50 МВт	2,11	0,67	3	2,94	2
КЭС	1200 МВт	-	-	0,45	1,19	-
на торфе						
ТЭЦ	100 МВт	1	1	1	1	1
	50 МВт	3	3	3	3	3
на мазуте						
КЭС	1200 МВт	1,28	1,37	0,78	0,04	0,99
ТЭЦ	200 МВт	2,65	0,58	2,82	1,15	
на газе						
КЭС	1200 МВт	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99
ТЭЦ	50 МВт	-	2,33	-	0,06	1
на каменном угле						
ТЭЦ	200 МВт	-	1,65	-	1,64	2,5
<u>Переработка сланца</u>						
УТТ со смоляным режимом	8 млн. т	0,51	1,30	-	-	0,5
<u>Химические производства</u>						
Этилен и пропилен из нефти в Поволжье	60 тыс. т этилена 30 тыс. т пропилена	2	2	2	2	2

		1	2	3	4	5
Пр-во фенол-формальдегидной смолы из нефтяного сырья в Поволжье	6,5 тыс. т	1	1	1	1	1
Пр-во сульфанола из нефтяного сырья в Прибалтике	20 тыс. т	1	1	1	1	1
Пр-во полиэтилена из нефтяного сырья в Поволжье	48 тыс. т	1	1	1	1	1
Пр-во полипропиленового волокна из нефтяного сырья в Поволжье	20 тыс. т	1	1	1	1	1
Пр-во волокон нитрон из нефтяного сырья в Поволжье	25 тыс. т	1	1	1	1	1
Пр-во аммиака из природного газа в Эстонии в Литве	108 тыс. т	1 1,89	1 1,78	1 1,78	1 1,78	1 1,78
Значение целевой функции	млн. руб.	802,0	851,4	802,9	854,5	900,2

Таблица 3

Решение задач с производством всех требуемых  
продуктов в пределах Прибалтики  
(ограничения П)

Технологи- ческие спо- собы	Расчетная мощность при еди- ничной ин- тенсивно- сти спо- соба	Ис- ход- ный ва- риант	Без УТТ	С про- мыш- лен- ными ко- тель- ными <sup>х)</sup>	Со сланце- вой хи- мией	
					Раз- деле- ние газа УТТ	Пиро- лиз- газ- бензи- на и лег- кой смо- лы УТТ
		1	2	3	4	5
<u>Переработка неф- ти в Прибалтике</u>						
НПЗ, схема негду- бокой переработ- ки	12 млн. т нефти	1	1	1	1	1
<u>Добыча сланца</u>						
Шахты действующие	17,2 <sub>T</sub> млн.	1	1	1	1	1
Шахты новые	5 млн. т					
Карьеры новые	5 млн. т	0,94	0,90	1	0,89	0,96
<u>Электро- станции</u>						
<u>на сланце</u>						
КЭС	1625 Мвт	1	1	1	0,80	0,62
ТЭЦ	50 Мвт	1,4	3	1,25	3	0,53
КЭС	1200 Мвт	-	1,06	-	-	-
<u>на торфе</u>						
ТЭЦ	100 Мвт	1	1	1	1	1
	50 Мвт	3	3	3	3	3

<sup>х)</sup> Производство пара на УТТ уменьшено вдвое

		1	2	3	4	5
на мазуте						
КЭС	1625 Мвт	-	-	-	0,20	0,38
КЭС	1200 Мвт	1,38	0,21	1,35	0,37	1,42
ТЭЦ	200 Мвт	2,87	3,38	3,12	2,96	2,87
на природном газе						
КЭС на сланцевом газе	1200 Мвт	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
ТЭЦ	50 Мвт	1,61	-	1,70	-	2,47
<u>Переработка сланца</u>						
УТТ со смоляным режимом	8 млн.т	1,19	-	1,24	1,22	1,75
<u>Химические производства</u>						
Разделение газа УТТ (смоляной режим)	56 тыс.т этилена 51 тыс.т пропилена	-	-	-	1,22	-
Разделение газа природного газа бензина и легкой смолы УТТ	56 тыс.т этилена 36 тыс.т пропилена	-	-	-	-	1,75
Пр-во этилена и пропилена из нефти	60 тыс.т этилена 30 тыс.т пропилена	2	2	1,93	-	-
Пр-во фенолформальд. смолы	6,5 тыс.т					
из нефтяного сырья		1	1	0,91	-	-
из сланцевого сырья		-	-	0,09	1	1

		1	2	3	4	5
Пр-во электрод- ного кок- са						
из нефтяного мавута	112 тыс. т	0,63	-	0,57	-	-
из сланцевого мавута	70 тыс.т	-	1	0,09	1	1
Пр-во по- лиэтилен- а	48 тыс.т					
из нефтяного сырья		1	1	1	-	-
из сланцевого сырья		-	-	-	1	1
Пр-во по- липропи- ленового волоконна	20 тыс.т					
из нефтяного сырья		1	1	1	-	-
из сланцевого сырья		-	-	-	1	1
Пр-во во- локна нитрон	25 тыс.т					
из нефтяного сырья		1	1	1	-	-
из сланцевого сырья		-	-	-	1	1
Пр-во ам- миака						
из природного газа						
в Эстонии		1	1	1	1	1
в Литве		1,91	1,91	1,91	1,91	1,91
Значение целе- вой функции	млн. руб.	573,8	576,2	579,2	580,2	595,4

### III. АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ РЕШЕНИЙ

Вариантные расчеты, программа проведения которых для целей данной работы освещена в предыдущем разделе, могут рассматриваться как средство исследования чувствительности модели к изменениям ее исходных параметров. Сделан также анализ устойчивости решения (чувствительности) в узком смысле, т.е. определены условия стабильности оптимального базиса и соответствующей ему системы двойственных оценок /8,9/.

Для этого получены допустимые интервалы изменения а) коэффициентов целевой функции при базисных переменных - характеристика устойчивости оптимального плана интенсивностей технологических способов - и б) величины лимитов - характеристика устойчивости оптимальных двойственных оценок.

Чувствительность оптимального плана к изменениям коэффициентов целевой функции исследована с помощью конечной симплексной матрицы (дана в приложении У), которая соответствует варианту решения из табл. 2, гр.1.

Допустимые отклонения от заданных значений коэффициентов целевой функции, при которых план сохраняет оптимальность, определяются следующим образом /8/.

$$\text{Увеличение: } \Delta \bar{p}_i = \min_j \frac{z_j}{d_{ij}} \quad \left| \quad d_{ij} > 0, \quad j\text{-небазисный.} \right.$$

Уменьшение:  $\Delta p_{-j} = \max_j \frac{z_j}{a_{ij}} \mid a_{ij} < 0, \quad j - \text{независимый.}$

Здесь  $\Delta \bar{p}_{ji}$  и  $\Delta p_{ji}$  - отклонение от коэффициента целевой функции при базисной переменной соответственно в сторону увеличения и в сторону уменьшения;  $z_j$  - двойственная оценка;  $a_{ij}$  - элемент конечной симплексной матрицы.

Максимальное и минимальное отношения выбираются по соответствующим независимым векторам задачи (по  $j$  независимым).

Результаты расчета представлены в табл.4. Имеется в виду, что при изменении одного коэффициента целевой функции остальные сохраняются на первоначальном уровне.

Таблица 4

Допустимые изменения коэффициентов целевой функции

Базисные технологии	Коэффициенты целевой функции, млн.руб.	Допустимые отклонения, млн.руб.		Значения переменных
		увеличение (+)	уменьшение (-)	
	1	2	3	4
НПЗ в Поволжье	240,7	235,5	$\infty$	1,0
НПЗ в Прибалтике	240,0	88,78	19,23	1,0
УТТ	16,2	0,02	2,42	0,5
Разделение газа УТТ	5,9	4,58	20,0	0,0
Производство сульфанола из нефтяного сырья в Прибалтике	2,2	7,19	1,83	1,0

	1	2	3	4
Производство электродного кокса из нефтяного гудрона				
в Поволжье	2,5	48,1	0,44	0,6
в Прибалтике	2,0	0,44	4,08	0,0
Производство фенол-формальдегидной смолы из нефтяного сырья				
в Поволжье	1,0	17,4	1,84	1,0
в Прибалтике	0,9	1,84	2,55	0,0
из сланцевого сырья	0,4	2,55	2,48	0,0
Производство олефинов из нефтяного сырья				
в Поволжье	5,3	117,78	4,71	2,0
Производство полиэтилена				
в Поволжье	11,9	59,4	3,92	1,0
в Прибалтике	10,6	3,92	59,42	0,0
Производство полипропиленового волокна				
в Поволжье	23,2	3,07	0,89	1,0
в Прибалтике	22,0	0,89	3,07	0,0
Производство нитрона				
в Поволжье	32,4	33,38	3,37	1,0
Производство аммиака из природного газа				
в Эстонии	7,0	0,71	2,46	1,0
в Литве	7,2	10,32	0,02	1,8
Крекинг парафина				
в Прибалтике	0,7	0,87	1,83	1,0
Добыча сланца				
Существующие шахты и карьеры	40,2	3,97	∞	1,0
Новые карьеры	12,7	0,54	0,33	0,2

	1	2	3	4
Производство энергии				
на торфе ТЭЦ 100 Мвт	6,0	24,08	1,13	1,0
50 Мвт	3,3	27,1	0,4	3,0
на сланце КЭС 1625 Мвт	19,3	1,29	0,62	1,0
ТЭЦ 50 "	1,6	0,57	0,12	3,0
на мазуте КЭС 1200 "	30,0	0,39	0,46	1,3
" 1625 "	13,0	0,62	0,09	0,0
ТЭЦ 200 "	15,1	5,36	0,18	2,7
на природном газе КЭС 1200 Мвт	43,0	0,46	0,39	1,0
Заменяемость продуктов:				
Сланец III кл. - сланец II кл.	0,0	0,11	0,13	30,3
Легкая смола УТТ -				
- тяжелая смола	0,0	0,36	0,16	11,1
Смола УТТ как мазут	0,0	0,03	0,03	57,1
Сырье для пиролиза как бензин	0,0	0,12	0,02	568,0
Газ УТТ как энергетический газ	0,0	0,04	0,07	14,8
Остаточный газ УТТ как бытовой	0,0	0,29	0,001	0,0
Природный газ как бы- товой	1,3	0,02	0,34	6,1

х) Если переменная равна нулю, то это означает здесь, что данный технологический способ вошел в базис, однако с ничтожно малой интенсивностью.

Расчет диапазона устойчивости дает информацию, которая существенно повышает содержательность результатов решения задачи и расширяет представления о сравнительной экономичности технологических способов. Устойчивость последних в оптимальном базисе резко дифференцирована. Об этом можно судить по данным о величине допустимых интервалов изменения затрат (см. табл. 4). Значимость этих изменений для каждого из способов оценивается отношением допустимого приращения или уменьшения затрат к их исходному уровню (к соответствующему коэффициенту целевой функции).

Если интервал не симметричен, то существенным признаком является направление его скошенности: в сторону увеличения или в сторону уменьшения затрат.

Наибольшей устойчивостью в плане обладают технологии, базирующиеся на переработке нефти в Поволжье. Для производства фенол-формальдегидной смолы, электродного кокса, одефинов, полиэтилена, нитрона в Поволжье величина допустимого увеличения затрат превышает их исходный уровень. Интервал устойчивости для этих способов резко скошен в сторону увеличения. Их экономика определяется прежде всего косвенными затратами в системе (затратами обратной связи), почему прямые затраты экзогенных ресурсов могут намного возрасти, без того чтобы изменить оптимальный план.

Технологические способы данной группы неустойчивы снизу, т.е. интенсивность их применения может быть увеличена при небольшом снижении издержек. Об этом свидетельствует нулевая или сравнительно малая величина допустимого отклонения в сторону уменьшения затрат.

Подобный же характер скошенности носят интервалы допустимых отклонений для производства аммиака в Литве, НПЗ и производства сульфанола из нефтяного сырья в Прибалтике, полипропиленового волокна в Поволжье, ТЭЦ работающих на торфе, а также на мазуте и сланце.

Неограниченность допустимого интервала снизу означает, что даже беспредельное снижение затрат (получение бесконечно большой прибыли) не может увеличить интенсивности применения данного способа (мощность объекта ограничена сверху). Таковы допустимые интервалы для НПЗ в Поволжье и действующих сланцедобывающих предприятий.

Для переработки сланца в УТТ, разделения газа УТТ и для большинства других химических производств в Прибалтике характерна резкая скошенность допустимых интервалов в сторону уменьшения затрат. Интенсивность применения этих способов очень чувствительна к росту затрат, но даже существенная экономия ее не увеличит. Так, используемая мощность УТТ уменьшится при повышении затрат против принятого их уровня хотя бы на 1,3%, снизиться же затраты должны не менее чем на 15%, чтобы

план изменился в пользу УТТ.

Весьма чувствительны к изменению затрат крупные конденсационные электростанции: допустимые интервалы увки. Действительно, как показавали вариантные расчеты, номенклатура КЭС в плане существенно зависит от структуры топливного баланса системы, который, в свою очередь, стоит в связи с интенсивностью участия УТТ в плане (подробнее об этом см. в разделе У).

Размер добычи сланца на новых карьерах также неустойчив, он определяется масштабом переработки сланца и потребления электроэнергии в системе (последнее возрастает при условии производства всей химической продукции в пределах Прибалтики).

Представляет интерес сравнение допустимых интервалов для конкурирующих технологических способов, один из которых входит в план со значащей интенсивностью, а другой с нулевой. Таковы, например, способы производства фенол-формальдегидной смолы, электродного кокса, полиэтилена, полипропиленового волокна в Поволжье и в Прибалтике (в табл. 4 конкурирующие технологии показаны рядом). Обычно допустимое увеличение затрат для работающего способа численно равно в этих случаях допустимому уменьшению для неработающего (интервалы скошены в противоположные стороны). Тем самым дается количественное определение их взаимной конкурентоспособности.

Перейдем к характеристике условий стабильности оптимального базиса и соответствующих ему двойственных оценок при изменении каждой в отдельности компоненты вектора ограничений (за всеми другими компонентами сохраняются первоначально заданные значения). Эти расчеты проведены на последнем этапе настоящей работы (решение объединенной задачи оптимизации использования ресурсов топливно-химического сырья и производства полимерных материалов) с помощью программы мультипликативного алгоритма симплекс - метода в Вычислительном центре АН СССР /10/. В табл.5 показаны результаты этого расчета в виде допустимых отклонений от заданного значения компоненты вектора ограничений,  $\Delta \underline{b}_i$  - в сторону уменьшения и  $\Delta \bar{b}_i$  - в сторону увеличения.

Допустимые отклонения по отдельным продуктам и ресурсам различаются в зависимости от того, является продукт или ресурс дефицитным или избыточным в данной системе. Рассмотрим приведенные в табл.5 допустимые отклонения лимитов от заданного значения по группам ограничений.

Чувствительность оптимального решения к колебаниям размера ресурсов проявляется двояко. Если ресурс не используется полностью (оценка нулевая), допустимое отклонение от заданного лимита в сторону увеличения безгранично ( $\Delta \bar{b}_i = \infty$ ). Таким ресурсом в данной системе

оказался природный газ в Эстонской ССР. Если же ресурс используется полностью, границы допустимых изменений его лимита определяются конечными величинами.

Аналогично положение для ограничений расчетной мощности объектов. Если мощность объекта используется неполностью, допустимый предел увеличения - бесконечность (например, для сланцевых карьеров).

Полное использование ограниченной мощности в ряде случаев имеет следствием небольшую величину допустимого отклонения.

Продукция делится на конечную и промежуточную. Для выработки промежуточной продукции, как правило, ограничением служит  $b_i = 0$

Оценки промежуточных продуктов обычно устойчивы в весьма широких интервалах, причем  $\Delta \underline{b}_i = \underline{b}_i \leq 0$  и  $\Delta \bar{b}_i = \bar{b}_i \geq 0$  ( $\underline{b}_i$  и  $\bar{b}_i$  - соответственно, нижняя и верхняя границы допустимого интервала для величины лимита).

В отличие от промежуточных продуктов, выработка конечной продукции ограничена снизу величиной  $b_i > 0$ .

Для тех продуктов, которые получили нулевые оценки, допустимо безграничное уменьшение лимита, а увеличение равняется излишку рассматриваемого продукта в системе. Оценки, отличные от нуля ( $z_i > 0$ ), сохраняют

устойчивость в интервалах изменения димита, ограниченных конечными величинами.

Таблица 5

Допустимые изменения димитов

	Единица измерения	Допустимые отклонения	
		Увеличение (+)	Уменьшение (-)
		1	2
Природный газ в Латвии и Литве	млн.м <sup>3</sup>	182,6	965,7
в Эстонии	"	∞	12,5
Ограничения мощности:			
НПЗ, Поволжье	число объектов	0	0,0001
НПЗ, Прибалтика	"	0,028	0
Аммиак	"	0,143	1
Шахты	"	0,046	0,241
Карьеры	"	∞	1
"	"	∞	3
Электростанции	"	0	∞
"	"	0	0,909
"	"	0,92	0
"	"	0,402	0,997
"	"	0,498	1
"	"	∞	0
Формалин	"	151,5	1
Капрон	"	∞	0,5
Сланец II класс	тыс.т	3030,0	667,0
III класс	"	4161,9	787,0
Электроэнергия	млн.квтч	3448,9	652,2

		1	2
Теплоэнергия	тыс. Гкал	6388,0	1208,0
Бензин, Прибалтика	тыс. т	0	∞
Дизельное топливо, Прибалтика	"	0	∞
Мазут, Поволжье	"	0	0,1
Прибалтика	"	816,2	154,4
Подстилки	"	19,2	48
Аммиак, Прибалтика	"	621,1	117,5
Дизельное топливо, Поволжье	"	0	∞
Керосин, Поволжье	"	0	∞
Бытовой газ в Эстонии	млн. м <sup>3</sup>	12,5	800
Бензин, Поволжье	тыс. т	0	∞
ПВА эмульсия	"	17,03	20
Полистирол	"	48,3	3,8
Сополимер СНП	"	22,3	5,01
Пресспорошки	"	97,1	40
Штапельное волокно	"	4,03	8,61
Техническое волокно	"	3,47	7,43
Шелковое волокно	"	3,88	8,3
Шелк-эластик	"	23,37	2,45
Полиэфир Д-2200	"	5,54	4,79
Д-1100/800	"	9,84	12,5
Сырье для пиролиза, Поволжье	"	44,27	∞
Прибалтика	"	562,8	∞
Бензол, Поволжье	"	29,8	3,12
Прибалтика	"	39,7	∞
Сырой газ УТТ	млн. м <sup>3</sup>	119,9	126,5
Парафин, Поволжье	тыс. т	18,0	∞

		1	2
Этилен, Поволжье	тыс.т	20,2	∞
Прибалтика	"	20,2	1,12
Пропилен, Поволжье	"	5,07	10,8
Прибалтика	"	0,6	10,8
Газбензин УТТ	"	37,9	∞
Остаточный газ УТТ	млн.м <sup>3</sup>	0	234,7
Легкая смола УТТ	тыс.т	175,5	154,4
Тяжелая смола УТТ	"	816,2	154,3
Парафин, Прибалтика	"	145,0	∞
Газ пиролиза УТТ	"	0	∞
Винилацетат	"	9,2	10,95
Поливиниловый спирт, Поволжье	"	4,94	0,7
Прибалтика	"	4,94	0,7
Стирол, Поволжье	"	33,5	3,51
Прибалтика	"	44,7	3,51
Акрилонитрид, Поволжье	"	3,9	8,33
Фенол, Поволжье	"	28,9	3,03
Фенол-формальдегидная смола, Поволжье	"	0	17,2
Прибалтика	"	41,76	17,2
Формалин, Прибалтика	"	47,27	∞
Поволжье	"	0	∞
Диметилтерефтаат, Поволжье	"	8,52	3,99
Прибалтика	"	0	8,52
Этиленгликоль, Поволжье	"	14,36	∞
Прибалтика	"	14,36	0
Диэтиленгликоль, Поволжье	"	3,36	2,32
Прибалтика	"	3,36	2,32
Капролактан, Поволжье	"	26,64	2,79
Прибалтика	"	0	2,79

		1	2
Дикарбоновые кислоты, Поволжье	тыс. т	3,54	25,0
Прибалтика	"	3,54	25,0
Полипропилен, Поволжье	"	4,25	9,08
Прибалтика	"	0,5	9,08
Окись этилена, Поволжье	"	18,0	26,0
Прибалтика	"	18,0	0
Этилбензол, Поволжье	"	37,68	3,95
Прибалтика	"	50,28	3,95
Параксилол, Поволжье	"	2,97	6,34
Прибалтика	"	0	6,34
Фенол, Прибалтика	"	38,63	15,91
Акрилонитрил, Прибалтика	"	0	8,33
Ацетилен, Поволжье	"	7,09	∞
Уксусная кислота, Поволжье	"	13,54	8,59
Метанол, Поволжье	"	∞	22,3
Аммиак, Поволжье	"	∞	18,3
Ксилолы, Поволжье	"	3,07	6,55
Прибалтика	"	26,0	∞
Синтез-газ, Поволжье	млн. м <sup>3</sup>	∞	54,24

## 1У. АНАЛИЗ ОПТИМАЛЬНЫХ МЕЖПРОДУКТОВЫХ СВЯЗЕЙ

Большинству производств, входящих в рассматриваемую систему, свойственна обширная номенклатура продукции, причем химические производства носят комплексный характер.

Однако анализ межпродуктовых и межотраслевых связей нуждается в исходной информации о выпуске и затратах продукции в чистых (однопродуктовых) отраслях и технологиях. Создание нормативной базы такого рода обычно сопряжено со значительными трудностями. Вместе с тем производственную матрицу многоотраслевой задачи, пользуясь ее оптимальным планом и не прибегая к дополнительной входной информации, возможно преобразовать в балансовую. Принцип перехода от многопродуктовых к чистым технологиям состоит в распределении затрат  $a_{ij}$  между выпусками  $c_{ij}$ , соизмеренными с помощью оптимальных двойственных оценок.

Пусть  $X_*$  - оптимальный план задачи минимизации целевой функции  $PX$  при условиях (I). Компоненты вектора  $P$ , относящиеся к технологическим способам, которые вошли в оптимальный план, образуют вектор  $P_* = (p_j^*)$ , где  $\bar{p}_j$  - приведенные затраты при единичной интенсивности использования  $j$ -й технологии.

Найдем вектор конечной продукции

$$B_* = (C - A)X_* \quad \text{x)} \quad (7)$$

и определим затраты  $Z_i$  внешних факторов на единицу продукции и ресурса каждого вида, решив задачу

$$\begin{aligned} \sum B_* &\rightarrow \max \\ \sum (C - A) &\leq P. \end{aligned} \quad (8)$$

Эта задача, оптимальный вектор-план которой обозначим  $Z_* = (z_i^*)$ , является двойственной по отношению к задаче

$$\begin{aligned} PX &\rightarrow \min \\ (C - A)X &= B_*, \\ X &\geq 0, \end{aligned} \quad (9)$$

а величины  $z_i^*$  представляют собой двойственные оценки ограниченных факторов.

Среди  $n$  векторов, составляющих матрицу  $(C - A)$ , отберем  $m$  базисных, которые соответствуют решению  $X_*$ . Они образуют квадратную матрицу  $(C - A)_*$ .

В таком случае

$$Z_* = P_* (C - A)_*^{-1}. \quad (10)$$

Экономический смысл преобразования (10) заключается в том, что входные затраты  $\bar{p}_j$ , данные из расчета

---

x) Разности между компонентами векторов  $B_*$  и  $B$  равны количествам конечной продукции, произведенным согласно оптимальному плану сверх задания, или объемам неиспользованных ресурсов.

на единицу интенсивности применения  $j$ -го технологического способа, пересчитываются на единицу конечной продукции или использованного ресурса. Естественно, что в суммарном выражении на весь объем производства величина затрат остается одной и той же:  $P_* X_* = B_* Z_*$ .

Далее построение межпродуктового баланса по результатам решения многоотраслевой задачи оптимального планирования ведется в следующем порядке.

1) Для каждой базисной технологии соизмеряем с помощью оценок  $Z_i$  выпуски разнородных продуктов и находим сумму выпусков:

$$\sum_{i=1}^m c_{ij} x_j z_i \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (11)$$

(здесь и далее все обозначения относятся к результатам оптимизации, но даются без звездочек).

2) Для каждого продукта определяем величину затрат, которая приходится на его долю:

$$\frac{c_{ij} x_j z_i}{\sum_i c_{ij} x_j z_i} a_{ij} x_j \quad \begin{matrix} (i = 1, 2, \dots, m; \\ j = 1, 2, \dots, n). \end{matrix} \quad (12)$$

3) Находим объем валового выпуска<sup>х)</sup> каждого из продуктов как сумму выпусков, относящихся к отдельным технологиям:

$$\sum_{j=1}^n c_{ij} x_j = u_{ii} \quad (i = 1, 2, \dots, m). \quad (13)$$

---

<sup>х)</sup> Точнее говоря, здесь фигурируют товарные выпуски, поскольку расход продукции для внутренних нужд каждого из производств заранее исключен из показателей выпуска.

Соответственно определяются объемы затрат:

$$\sum_{j=1}^n \frac{a_{ij} x_j \cdot c_{ij} x_j z_i}{\sum_j c_{ij} x_j z_i} = u_{ih}, i \neq h; (i, h = 1, 2, \dots, m). \quad (14)$$

4. Образую матрицу ранга  $m$  из элементов  $u_{ii}$  (на главной диагонали) и  $u_{ih}$  ( $i \neq h$ ) и элементы каждого из ее столбцов делим на соответствующий диагональный элемент  $u_{ii}$ , что приводит к искомой матрице  $(E-K)$ , где  $K = (k_{ih})$  - матрица нетто-коэффициентов прямых затрат (на единицу товарной продукции чистых отраслей).

Среди распределяемых в указанном порядке затрат могут быть и рентообразующие факторы - ограниченные ресурсы ископаемых, земли, воды, производственных мощностей и т.п., благодаря чему соответствующие ресурсы включаются в общую систему балансовых взаимосвязей. Будучи предназначены для расходования на производство определенных продуктов, экзогенные ресурсы сами не вызывают затрат каких-либо продуктов или ресурсов в пределах системы. Поэтому относящиеся к этим ресурсам коэффициенты прямых затрат образуют блок над главной диагональю матрицы  $(E-K)$ . Соответствующий блок ниже главной диагонали состоит из нулевых элементов.

Известный интерес может представить определение величины затрат экзогенных ресурсов на единицу валовой продукции. Это достигается следующим обратным преобра-

зованием вектора двойственных оценок:

$$Z(E - K) = Q, \quad (15)$$

где  $Q = (q_i)$  -  $m$ -мерный вектор двойственных оценок, относящихся к единице продукции, вырабатываемой в отраслях, или, что то же, результат распределения коэффициентов целевой функции  $p_j^*$  между валовыми (здесь - товарными) выпусками, а также рентообразующими факторами.

Такие показатели полезны для целей калькулирования затрат, планового ценообразования и хозрасчета.

Указанный подход к построению оптимального межпродуктового баланса реализован в данной работе.

Пользуясь одним из решений задачи (табл.2, гр.1) и соответствующим оптимальным планом двойственной задачи, к элементам исходной матрицы (С-А) - приложение I - применены операции (11) - (14). В результате получена матрица (Е-К), помещенная в приложении VI. Матрица  $(E-K)^{-1}$  дана в приложении УП.

Ниже, в табл.6, приводятся двойственные оценки на выходе и на входе модели, т.е. по отношению к единице, соответственно конечной и валовой продукции. Первые представляют собой компоненты оптимального плана двойственной задачи (8), которому отвечает решение прямой задачи из табл.2, гр.1. Входные оценки получены посредством преобразования (15).

Таблица 6

Двойственные оценки на единицу конечного и  
валового выпуска продукции, руб.

Продукты и ресурсы	Единица измерения	На конечную продукцию (о.о.оценки)	На валовую продукцию
		1	2
НПЗ в Поволжье	завод	44384,00	44384,00
НПЗ в Прибалтике	"	44384,00	44384,00
Природный газ в Латвии и Литве	1000 м <sup>3</sup>	10,82	10,82
ТЭЦ	электрост.	10022,29	10022,29
Сланец II класса	т	2,84	2,72
Сланец III класса	"	2,47	1,87
Электроэнергия	1000 квт-ч	10,20	4,66
Пар	Гкал	6,17	2,99
Мазут в Поволжье	т	5,24	4,41
Мазут в Прибалтике	"	21,96	15,78
Дизельное топливо в Поволжье	"	61,21	51,69
Дизельное топливо в Прибалтике	"	46,56	37,08
Бензин в Прибалтике	"	9,25	5,34
Бензин и сырье для пиролиза в Поволжье	"	10,50	8,86
Сырье для пиролиза в Прибалтике	"	9,25	7,34
Бензол в Поволжье	"	267,14	225,53
Бензол в Прибалтике	"	276,59	220,19
Сырой газ УТТ	1000 м <sup>3</sup>	12,47	5,06
Парафин в Поволжье	т	1,14	0,96

		1	2
Пропилен в Поволжье	т	254,80	163,08
Сырье для сульфанола в Прибалтике	"	46,09	15,63
Сульфанола	"	275,60	104,35
Электродный кокс	"	45,00	22,40
Фенол-формальдегидная смола	"	392,50	153,69
Полиэтилен	"	247,92	154,27
Полипропиленовое волокно	"	1623,40	1221,11
Волокно нитрон	"	1632,30	1295,92
Аммиак	"	103,70	66,00
Легкая смола УТТ	"	21,96	8,95
Тяжелая смола УТТ	"	27,96	7,19
Бытовой газ в Эстонии	тыс.м <sup>3</sup>	13,00	13,00
Парафин в Прибалтике	т	10,98	8,87

## У. ТЕРМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА СЛАНЦА И ЭНЕРГЕТИКА

Условия задачи предусматривают гибкую схему энерго- и топливоснабжения района. В модели представлены конденсационные и тепловые электростанции на угле, сланце, мазуте и газе, так что их оптимальный набор формируется в зависимости от размера этих ресурсов (в том числе воспроизводимых внутри системы) и их экономичности. С точки зрения целей данной работы наибольший интерес представляет выбор между сжиганием на электростанциях натурального сланца и предварительной термической его переработкой для получения обгазированного топлива в виде мазута и газа.

Согласно решениям топливные потребности электроэнергетики Прибалтики в перспективе могут быть покрыты в большей части местными минеральными топливами, а также мазутом местной выработки из нефти и сланца.

Сланец оказывается самым экономичным топливом для действующих электростанций, расположенных в Эстонии - Прибалтийской ГРЭС (1625 Мвт) и ТЭЦ. Наибольшее количество электроэнергии производится новыми станциями на жидком топливе - нефтяном и сланцевом мазуте (последний вырабатывается на УТТ). Это вызвано тем, что капиталоемкость мазутных или газомазутных электростанций на 40% ниже, чем рассчитанных на твердое топливо (см. приложение УШ, табл. 1). На втором месте по удельному весу - электроэнергия на базе сланца, составляющая треть от общего производства (табл. 7, гр. 1, 2).

Таблица 7

Структура валового производства электро- и тепло-  
энергии по видам топлива в перспективе, %  
(на основании решений из табл.2, гр. 1,2,4,5)

	Товарного мазута, млн.т			
	3		5	
	Отпуск электроэнергии, млрд. кВт-ч			
	25		31	
	с УТТ	без УТТ	с УТТ	
	1	2	3	4
<u>Электроэнергия</u>	100,0	100,0	100,0	100,0
из сланца	33,9	31,5	61,2	50,3
из торфа	4,8	4,7	4,8	4,0
из каменного угля	-	6,2	6,3	7,9
из мазута	39,0	33,2	5,3	18,8
из газа	22,3	24,4	22,4	19,0
<u>Теплоэнергия</u>	100,0	100,0	100,0	100,0
из сланца	24,3	17,8	19,4	24,1
из торфа	16,5	26,0	26,2	16,4
из каменного угля	-	31,7	31,9	53,5
из мазута	49,5	11,8	22,2	-
из газа	9,7	12,7	0,3	6,0

Большой объем потребления мазута внутри системы связан с его использованием на новой крупной электростанции (строящейся Эстонской ГРЭС), для которой по условиям задачи обеспечена свобода выбора в качестве топлива сланца, мазута или природного газа. Это решение отвечает расчетному балансу мощностей, однако, ко времени ввода в эксплуатацию Эстонской ГРЭС переработка сланца в установках с

твердым теплоносителем не сможет достичь такого объема, чтобы обеспечить эту электростанцию сланцевым мазутом. Кроме того, как будет показано, последний целесообразнее использовать, в первую очередь, для вытеснения твердого топлива в коммунальном хозяйстве и промышленных котельных. Поэтому доля натурального сланца в производстве электроэнергии в Прибалтике будет значительно выше одной трети: 50-60%, как это следует из решений, рассчитанных на указанные условия (табл.7, гр.3,4). С использованием жидкого и газообразного топлива будет выработано, согласно данному расчету, примерно 30-40% всего количества электроэнергии.

Доля мазута в выработке теплоэнергии на ТЭЦ также зависит от его баланса в системе, доходя в благоприятном случае до 50% (табл.7, гр.1). Торф - наиболее рентабельное топливо для ТЭЦ в Латвии и Литве. На его долю будет приходиться более четверти производства теплоэнергии в районе. В Эстонии аналогичную роль играет сланец.

Каменный уголь при данных топливных потребностях и ресурсах занимает небольшое место в топливном балансе энергетики. Его роль как замыкающего топлива значительно возрастает в производстве теплоэнергии при повышении спроса на мазут и электроэнергию (табл.7, гр.2-4).

При заданных ограничениях внешняя потребность в топочном мазуте (3-5 млн.т) находится в пределах производственной мощности НПЗ. Поэтому УТТ как поставщик то-

почного мазута и горючего газа входит в план лишь в том случае, если облагораживание сланцевого топлива путем его термической переработки с твердым теплоносителем эффективнее, чем непосредственное сжигание.

С целью установить условия и границы экономической эффективности переработки сланца в УТТ поставлен машинный эксперимент с варьированием экономических и технологических характеристик УТТ, а также внешних факторов (спроса на продукцию). Производственная система при этом была ограничена пределами Прибалтики. Некоторые из решений содержатся в табл.3. Используются также результаты анализа чувствительности решения (см.раздел III).

В программу вариантных расчетов входило:

- а) варьирование годовых приведенных затрат соответственно изменению показателей капиталоемкости УТТ;
- б) при данной мощности УТТ по сланцу варьирование выхода смолы, газа и производства пара (утилизации тепла);
- в) изменение конкурентоспособности энергоустановок на твердом топливе (за счет изменения стоимости твердого топлива или затрат на его сжигание);
- г) изменение спроса на мазут и газ.

В результате установлено, что положительный экономический результат строительства УТТ имеет место при следующих технико-экономических показателях ее работы:

- приведенные затраты на переработку, без стоимости сланца и электроэнергии - не более 2,2 руб., удельные капитальные затраты (вместе с общеаварскими) - не выше 6,9 руб. на тонну сланца при переработке за год 7,4 млн. т сланца калорийностью  $Q_n^p$  2350 ккал/кг<sup>x</sup>);

- выход на тонну сланца: смолы (9400 ккал/кг) - 160,8 кг., газа (12715 ккал/м<sup>3</sup>) - 26,5 м<sup>3</sup>; производство пара при утилизации тепла процесса - 175,5 ккал/кг<sup>xx</sup>) (при таких показателях энергетический к.п.д. установки равен 0,86).

К внешним условиям, необходимым для участия УТТ в плане, относятся:

- дефицитность мазута внутри системы (нефтяного мазута недостаточно для полного покрытия и внешнего и внутрисистемного спроса);

- снижение или сохранение конкурентоспособности новой сланцевой КЭС по отношению к мазутной на принятом в работе уровне (см. матрицу задачи - приложение 1, табл. 4, технологии 46 и 49;

<sup>x</sup>) В пересчете на сланец III класса с теплотворной способностью  $Q_n^p$  2200 ккал/кг ( $Q_b$  2800 ккал/кг) это составляет 7,9 млн. т сланца. Последняя величина фигурирует в матрице задачи.

<sup>xx</sup>) То же на сухой сланец: выход смолы 181 кг., газа 29,8 м<sup>3</sup>, пара 197 ккал/кг.

- энергетическое использование всех топливных продуктов перегонки сланца без отбора сырья для химической переработки.

При худших показателях или при нарушении одного из перечисленных условий преимущество УТТ как энергетического агрегата по сравнению с сжиганием натурального сланца терлется.

В частности, УТТ не входит в оптимальный план (см. табл. 3), если:

отсутствует или уменьшена на 50% утилизация тепла процесса,

нет энергетического использования газа УТТ,

уменьшено количество мазута УТТ, используемого для энергетических целей,

высвобождены ресурсы нефтяного мазута вследствие сокращения внешнего спроса,

снижены приведенные затраты по новой сланцевой КЭС на 1% и более или удешевлен энергетический сланец на 2% и более,

увеличены приведенные затраты по мазутной КЭС более чем на 1% (см. табл. 4),

капитальные затраты на УТТ превышают 6,9 руб. на тонну сланца (уровень капиталоемкости согласно предпроектной проработке энергохимического комбината, выполненной Ленинградским отделением института "Теплоэлектропроект").

Применив данный критерий к показателям из проекта головного агрегата УТТ мощностью 3000 т сланца в сутки (капиталоемкость 8,5 руб./т сланца, КПД 77-80%, утилизации тепла процесса не предусмотрено), выясняем, что комбинированная схема производства электроэнергии (добыча сланца - УТТ - электростанция) при таких предпосылках себя не оправдывает по сравнению с простой схемой (сжигание на электростанции натурального сланца). При более оптимистичных показателях предпроектной проработки непосредственное сравнение приведенных затрат на КЭС, использующей сланцевый мазут УТТ, с затратами однотипной электростанции на сланце обнаруживает разницу в пользу первого варианта в размере 1,5% (расчет см. в приложении УШ, табл. 1, гр. 1, 2). Такой же результат получен при решении комплексной задачи (см. приложение IX, п. 1).

В случае использования мазута мелкими потребителями (в малых и средних котельных установках) взамен твердого топлива экономия будет выше, чем от такой замены на электростанциях, поэтому исчерпывающая оценка эффективности топливной продукции УТТ может быть сделана лишь при оптимизации топливно-энергетического баланса в целом.

В настоящей работе для воспроизведения условий конкуренции сланцевого мазута и твердого топлива в промышленных котельных и коммунальном хозяйстве решено несколько задач с таким изменением затрат на сланцевой электростанции, чтобы разница между ней и мазутной стан-

цией соответствовала разнице в приведенных затратах на твердо- и жидкотопливной котельных установках в промышленности. Оказалось, что в этом случае план, предусматривающий термическую переработку сланца на УТТ с производством жидкого котельного топлива, энергетического газа и пара, на 6,6% экономичнее плана с энергетическим использованием натурального сланца (см. приложение IX, п.2). Выяснилось также, что на малых и средних котельных установках мазут УТТ вытесняет энергетический сланец и при вдвое сниженной норме утилизации тепла (табл.3, гр.3), однако уступает при этом в экономичности каменному углю для ТЭЦ. Полный отказ от использования тепла на УТТ, а также сведение других показателей до уровня, предусмотренного упомянутым проектом головного агрегата, влечет за собой выход УТТ из плана при всех условиях, в том числе при повышенной норме расхода топлива на сланцевых электростанциях.

При таких предпосылках результат прямого сопоставления мазутной и сланцевой КЭС (затраты на топливо по соответствующим двойственным оценкам) становится в пользу последней: при удельном расходе топлива на фактическом уровне экономится 10% приведенных затрат, а на уровне уточненного проектного показателя - 15% (см. приложение УШ, табл.1, гр.3,4,5).

В задачах с исходным значением технико-экономических показателей применение сланцевого мазута и газа УТТ как топлива является производным от размера конеч-

ного потребления мазута. О большой зависимости структуры топливного баланса энергетики от уровня конечного потребления мазута свидетельствуют варианты расчеты, с помощью которых исследуются возможности перераспределения ресурсов мазута (табл. 2 и 7). Если спрос на мазут приближается к производственной мощности НПЗ по мазуту, то потребность электроэнергии в топливе при заданных показателях работы УТТ становится эффективным покрывать сланцевым мазутом (хотя принятая производственная мощность НПЗ по мазуту достаточна, чтобы удовлетворить внешних потребителей). В меру этого увеличивается масштаб переработки сланца в УТТ и внедряется попутно производимый газ. Высокий спрос на котельное топливо как определяющая черта топливного баланса в предстоящее десятилетие делает полукочевание сланца преимущественным направлением его переработки, чем и объясняется выбор смоляного режима работы УТТ, а не газового, согласно решению задач.

Сланцевые генераторы большой мощности не входят в план и при отсутствии в нем УТТ (табл. 2, гр. 3, 4). Сланцевый мазут как топливо для электростанций замещается в этом случае натуральным сланцем.

## У I. ХИМИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДСТВА

(первый этап расчетов)

Изучение эффективности производства основных видов потребных для Прибалтики полимеров и других химических продуктов в системе оптимизации промышленного комплекса, где использование местных и привозных топливно-сырьевых ресурсов района сочетается с производством полимеров вблизи сырьевых баз нефтехимии, позволило определить наиболее экономичный путь удовлетворения потребности Прибалтики в рассматриваемых продуктах, а также оценить эффективность их производства из сланца по сравнению с другими вариантами при изменении разных факторов и условий.

По отношению к производству полимерных материалов задача сводилась, в первую очередь, к выбору района их размещения - Прибалтики или Поволжья.

Для получения устойчивых результатов решен ряд задач с различными условиями использования сырья, применяемого для производства полимерных материалов.

Согласно результатам решения оптимальным вариантом удовлетворения потребности Прибалтики в полимерных материалах (полиэтилене, полипропиленовом и полиакрилонитрильном волокнах, а также фенол-формальдегидных смолах) является их доставка из Поволжья (см. табл. 2). Поскольку локализуемые в Поволжье производства полимеров относятся к сравнительно топливно- и энергоемким, полученный результат вполне закономерен, согласуясь с данными об экономи-

ческих преимуществах энергетической базы в Поволжье по сравнению с Прибалтикой. Разными авторами преимущество Поволжья в приведенных затратах на замыкающее топливо оценивается в 15-26% /11-13/. В настоящей работе минимальная разница по приведенным затратам на условное топливо для электростанций в Прибалтике и Поволжье составляет 20% в пользу Поволжья.

Определяющее влияние энергоемкости продукции на выбор района размещения (в данной задаче) подтверждается тем обстоятельством, что оптимальным вариантом производства мощного вещества сульфонола как не энергоемкого продукта был выбран вариант производства его из нефтяного сырья в Прибалтике. Следовательно, развивая отдельные отрасли химической промышленности на западе, целесообразно отдавать предпочтение менее энергоемким производствам.

Серия задач, в которых не предусмотрены поставки из Поволжья (см. табл. 3), в известном отношении отражает ту особенность современного состояния химической промышленности, что ее производственная база намного уступает по своей мощности ресурсам углеводородного сырья и потребностям в продукции. Эти задачи представляют также интерес с точки зрения анализа возможностей наиболее полного и комплексного использования топливно-химических ресурсов в районе, особенно ресурсов сланца. При помощи их дается сравнительная оценка вариантов химической техно-

логии на базе нефтяного и сланцевого сырья.

В результате расчетов установлено, что затраты на производство полимерных материалов в Поволжье и их доставку в район Прибалтики на 9-17% ниже, чем при организации их производства непосредственно в этом районе (см. приложение IX, п.3 и 5).

Сравнением вариантов производства полимерных материалов из нефтяного и сланцевого сырья в пределах Прибалтики преимущество нефтехимического варианта оценено в 4% (там же, п.6). При столь малом различии реализация нефтехимического (табл.3, гр.1-3) или сланцехимического (табл.3, гр.4,5) вариантов зависит от баланса производства и потребления в системе топливных продуктов и конечной потребности в топливах. Например, УТТ как поставщик мазута и газа в большинстве вариантов решения фигурирует в плане (за исключением случаев, когда по условию вырабатываемый газ не находит применения), но использование газа УТТ для производства олефинов или в качестве энергетического топлива зависит от баланса нефтяного пиролизного сырья.

Построен вариант задачи, предусматривающий повышенный спрос на бензин и позволяющий определить целесообразный способ его покрытия за счет нефтяного сырья для пиролиза или за счет сланцевого сырья. Поскольку при этом одновременно осуществляется выбор сырья для полимерных материалов, то тем самым решается следующая задача.

Пусть потребность в бензине превышает мощность НПЗ по бензину. Эта потребность, как и потребность в полимер-

ных материалах, может быть покрыта за счет нефтяного сырья (сырья для пиролиза) и за счет сланцевого сырья (обесфеноливание и дистилляция легкого масла дает бензин, разделение газа УТТ - олефины). Требуется распределить сырьевые ресурсы между производством бензина и полимерных материалов в расчете на минимум суммарных затрат.

Если использование низкооктановых бензиновых фракций, обычно служащих сырьем для пиролиза, в качестве добавок к бензину имеет преимущества по сравнению с выработкой бензина из сланцевого легкого масла и если это преимущество существеннее, чем достоинства нефтехимии по сравнению со сланцехимией при производстве полимерных материалов, то дополнительная потребность в бензине будет покрыта за счет нефтяных углеводородов.

Решение данной задачи оказалось именно таким: в случае возможности использовать нефтяное пиролизное сырье в качестве добавок при выработке бензина, олефины частично или полностью вырабатываются из сланцевого газа УТТ.

В задачу введены технологические способы, предложенные Институтом химии АН Эстонской ССР в результате работ по исследованию путей углубления химической переработки продукции УТТ. Эти разработки относятся к использованию газбензина и бензиновой фракции смолы УТТ в качестве сырья для пиролиза с получением ароматических углеводородов и дополнительного количества газа, богатого олефинами.

Результаты решения задач с технологическими способами вторичной переработки жидких продуктов УТТ (табл. 3, гр. 5) показывают, что эффективность УТТ как энергетического агрегата при этом снижается. Вариант теряет в экономичности 10% (на сравнимый комплекс продуктов) по отношению к варианту с разделением газа полукоксования сланца без пиролиза бензинов (см. приложение IX, п. 7). Но в условиях, когда бензола требуется больше, чем вырабатывается в пропорции со светлыми топливами на НПЗ, дополнительное количество бензола будет получаться этим способом, а повышения уровня переработки нефти не происходит.

Следует напомнить, что необходимой предпосылкой химического применения продуктов перегонки сланца с выгодой для народного хозяйства является соблюдение условий экономичности работы УТТ, рассмотренных в разделе V. Например, при показателях проекта головного агрегата из соответствующих вариантов плана автоматически выпадает как УТТ, так и связанные с ней сланцехимические производства.

В рассматриваемой системе сульфонол марки НП-3 может быть произведен из нефтяного сырья (на основе  $\alpha$ -олефинов, получаемых при термическом крекинге твердого парафина) или из легких погонов сланцевой смолы. Другой сырьевой компонент в сульфонольном производстве - бензол - выпускается на НПЗ в достаточном для этого количестве (с учетом конечного потребления), а также вырабатывается из сланцевого сырья.

Равные возможности для выбора нефтехимического или сланцехимического варианта производства сульфонола на основании экономического критерия созданы тем, что предназначенный для этого вариант задачи обеспечивает свободу использования сульфонольного сырья по прямому назначению (других потребителей оно не имеет) как в нефтехимическом, так и в сланцехимическом производствах. Задача решена в нескольких вариантах с изменением ограничений, а также затрат на передел (цех сульфонола).

В результате решения задач на этих основаниях установлена предпочтительность нефтехимического варианта производства сульфонола в Прибалтике для нужд этого района. Если система ограничена пределами Прибалтики, выбор также делается в пользу нефтяного сульфонола.

Энергоемкость моющих веществ сравнительно невелика (примерно в шесть раз ниже энергоемкости полиэтилена). Имея в виду как вышесказанное, так и результат решения задачи, можно рекомендовать организацию выработки нефтяного сульфонола в районе концентрированного потребления моющих. Таким районом является Прибалтика.

Рассматриваемая серия расчетов включает также анализ экономичности производства моющего вещества сульфонола из нефтяного и сланцевого сырья. Так как при свободном выборе технологий сланцевый сульфонол не входит в план, в одном из решений из ресурсов мазута исключена та часть сланцевой смолы УТТ, которая понадобится для производства

сульфонола. Это снижает конкурентоспособность УТТ, интенсивность которой в оптимальном плане сокращается на одну треть (сланцевый мазут как топливо частично замещается на электростанциях натуральным сланцем).

При обязательном производстве сланцевого сульфонола - на основе смолы УТТ - по условию - стоимость его (приведенные затраты) оказывается на 16% выше, чем по оптимальному плану, в который входит производство в Прибалтике нефтяного сульфонола НП-3 (приложение IX, п.4). Разумеется, разрыв между стоимостью нефтяного и сланцевого сульфонола намного увеличивается при выработке последнего из смолы туннельных печей - наименее экономичных из сланцеперерабатывающих агрегатов.

При свободном выборе технологий оптимальный план включает производство аммиака из природного газа в Кохтла-Ярве и Ионаве. Если по условию в плане обязателен вариант переработки сланца в камерных печах, то сырьем для производства аммиака в Эстонии становится сланцевый камерный газ (приложение IV). Согласно решению задачи, включающему переработку сланца на УТТ, сырьем для аммиака служит сланцевый газ после извлечения из него олефинов в том случае, если этот газ не находит применения в энергетике.

Электродный кокс согласно решению производится из нефтяного мазута, причем в Поволжье, если задача допускает поставки извне (табл.2). По вариантам решений со сланцевой химией (в пределах Прибалтики) в план входит производство электродного кокса из сланцевой смолы (табл.3, гр.4,5).

Охарактеризованные результаты расчетов сведены для наглядности в табл. I приложения IX, где сопоставлены, со стороны затрат на отдельные продукты, три варианта плана, один из которых включает нефтехимические производства в Поволжье, второй предполагает их размещение в Прибалтике, а третий - развитие сланцехимии.

Экономическая оценка различных вариантов решений в целом не дает основания рассчитывать в течение ближайших 15-20 лет на широкое применение сланца для химической переработки. Преимущественной сферой его использования остается энергетика.

УП. ХИМИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДСТВА  
(второй этап расчетов)

Решение рассматриваемых проблем производства полимерных материалов для покрытия потребности Прибалтики завершено на втором этапе исследования.

На втором этапе в задачу включены в качестве конечных следующие продукты: поливинилацетатная (ПВА) эмульсия, полистирол, сополимеры стирола с акрилонитрилом (СНП), полиэферы для пенополиуретанов, фенол-формальдегидные пресспорошки, синтетические волокна лавсан, капрон, нитрон, вилол и полипропиленовое волокно. Исходным сырьем в основном служит продукция, которая производится при переработке топливно-химического сырья на первом этапе - углеводородные мономеры, бензол, ксилолы и т.д. Варианты производства конечных продуктов выполнены для условий Прибалтики и Поволжья. В задачу введены также соответствующие технологические способы транспорта промежуточных продуктов из Поволжья в Прибалтику (при технической возможности их транспортировки).

Из рассмотрения исключено производство в Прибалтике тех полупродуктов, для которых требуется не эффективное в Прибалтике, по результатам первого этапа, и не транспортабельное сырье.

Исходя из сказанного, в матрицу задачи для выбора оптимального варианта производства полимеров включено

64 технологического способа при 46 ограничениях. Матрица приведена в приложении П.

Для расчета коэффициентов целевой функции задачи требовалось оценить химическое сырье и энергетические ресурсы, которые являются конечными продуктами в задаче первого этапа и служат входами на втором этапе. Как отмечалось, в этих целях применены двойственные оценки соответствующих продуктов в задаче оптимизации использования топливно-химического сырья. Для большей надежности результатов и проверки принятой методики расчет коэффициентов целевой функции проведен и по другой методике, основанной на распределении совокупных затрат пропорционально оптовым ценам соответствующих продуктов.

Для подучения плана, близкого к целочисленному, без использования специальных методов решения ограничения по конечной продукции приняты на уровне расчетных мощностей соответствующих производств (табл. 8).

Вначале решалась задача для выбора видов волокон, а затем - с учетом ее результатов - задача размещения (основная задача).

Таблица 8

## Ограничения

	№ уравнивания	Единица измерения	Для за-пачи вы-броса ви-дов во-локон	Для ос-новной зада-чи
Поливинилацетатная эмульсия	1	тыс. т	20	20
Полистирол	2	"	40	40
Соподимер СНП	3	"	6	6
Фенол-формальдегидные пресспорошки	4	"	40	40
Полиэфир Д-2200	5	"	10	10
" Д-800/1100	6	"	12,5	12,5
Штапельное волокно				50
лавсан	7	"	50	
нитрон	8	"	50	
Техническое волокно				30
капрон	9	"	30	
полипропиленовое	10	"	30	
винол	11	"	30	
Шелковое волокно				15
лавсан	12	"	15	
капрон	13	"	15	
Дикарбоновые кислоты	19	"	14	14
Формалин	32	"	20	20
Ограничение мощности:				
Волокно капрон в Прибалтике	45	число объектов	0,5	0,5
Формалин в Прибалтике	46	"	1	1

Как и на первом этапе исследования, задача решалась с варьированием ее условий. Цель работы - выбрать район размещения полимерных производств и выявить факторы, влияющие на формирование оптимального плана, - определяет большой интерес экономических сравнений оптимального плана с другими плановыми решениями. Поэтому после получения оптимального плана задача решена с дополнительным условием производства всех конечных продуктов в Прибалтике. Кроме этого проведена серия расчетов специально для получения двойственных оценок. Основные результаты показаны в табл.9. Поскольку с обоими вариантами целевой функции получены одинаковые планы, в дальнейшем вариантность целевой функции анализируется лишь в связи с сопоставлением затрат.

Из приведенных в табл.9 данных видно, что в Прибалтике оказалось эффективным размещение производства следующих продуктов: поливинилацетатной эмульсии на базе привозных винилацетата и поливинилового спирта, фенолформальдегидной смолы и пресспорошков из привозного фенола, полиэфиров для пенополиуретанов на базе продуктов сланцепереработки - дикарбоновых кислот. Представленные в задаче другие полимерные материалы более эффективно привозить из Поволжья.

В отношении производства фенол-формальдегидной смолы изменился результат первого этапа исследования (на первом этапе в оптимальный план вошел поволжский

Таблица 9

Результаты решения задачи оптимизации производства полимерных материалов<sup>х)</sup>

Технологические способы	Расчетная мощность (в тыс.т) или единица измерения	Свободный выбор	Производство конечных продуктов в Прибалтике
	1	2	3
<u>Производство конечных продуктов:</u>			
ПВА эмульсия в Прибалтике	20	1	1
Полистирол в Поволжье	40	1	-
"    в Прибалтике	40	-	1
Сополимер СНП в Поволжье	6	1	-
"    в Прибалтике	6	-	1
Полиэфир Д-2200 в Прибалтике	10	1	1
"    Д-800/1100 в Прибалтике	12,5	1	1
Фенольные пресспорошки в Прибалтике	40	1	1
Штапельное волокно нитрон в Поволжье	50	1	-
"    в Прибалтике	50	-	1
Техническое полипропиленовое волокно в Поволжье	30	1	-
"    в Прибалтике	30	-	1
Шелковое волокно даясан в Поволжье	15	1	-
"    в Прибалтике	15	-	1
Шелк эластик капрон в Поволжье	15	1	-
"    в Прибалтике	15	-	1

	1	2	3
<u>Производство промежуточных продуктов:</u>			
Этидбензол в Поволжье	30	1,55	1,55
Акрилонитрил в Поволжье	50	1	1
Стирол в Поволжье	40	1,03	-
"    в Прибалтике	40	-	1,03
Фенол-формальдегидная смола в Прибалтике	20	0,86	0,86
Фенол в Поволжье	60	0,58	0,58
Капролактам в Поволжье	22	0,78	0,78
Виниацетат в Поволжье	40	0,27	0,27
Поливиниловый спирт в Поволжье	20	0,04	0,04
Параксилон в Поволжье	15	0,76	0,76
Этиленгликоль в Поволжье	30	1	1
Диметилтерефталат в Поволжье	18	0,86	0,86
Полипропилен в Поволжье	25	1,47	1,47
Дикарбоновые кислоты из сланца в Прибалтике	25	1	1
Формалин в Прибалтике	60	1	1
Ацетилен в Поволжье	70	0,16	0,16
Метанол в Поволжье	220	0,16	0,16
Уксусная кислота в Поволжье	25	0,34	0,34
Окись этилена в Поволжье	26	1	1
<u>Транспорт промежуточных продуктов из Поволжья в Прибалтику</u>			
Виниацетат	тыс. т	9,5	9,5
Этидбензол	"	-	46,4
Фенол	"	15,9	15,9
Поливиниловый спирт	"	0,7	0,7
Диметилтерефталат	"	-	15,4
Этиленгликоль	"	-	5,7
Диэтиленгликоль	"	4,35	4,35

	1	2	3
Капролактam	тыс.т	17,1	17,1
Акрилонитрид	"-	-	50
Полипропилен	"-	-	18,35
Метанол	"-	26,4	26,4
Значение целевой функции	млн.руб.	409,2	416,2

х) Потребное количество промежуточной продукции определяется объемом конечной продукции; в большинстве случаев оно меньше величины типовой мощности, чем и объясняется нецелочисленность значений ряда переменных.

вариант производства). Это объясняется тем, что на первом этапе не принималась в расчет возможность транспортировки фенола, и размещение производства фенола в Поволжье предопределило также и размещение его переработки.

Результаты решения показывают, что требование производства конечных продуктов в Прибалтике не повлияло на план выпуска промежуточных продуктов. Следовательно, вариант с производством в Прибалтике уступает поволжскому варианту больше, чем обходится доставка этих продуктов из Поволжья.

Сопоставление затрат оптимального плана с затратами плана при условии обязательного производства всех конечных продуктов в Прибалтике осуществляется следующим образом. Из общей суммы затрат (значения целевой функции) каждого из планов исключается доля тех производств, кото-

рые согласно обоим планам размещены одинаково (в одном районе). Оставшаяся величина характеризует затраты непосредственно на стадиях производства конечных продуктов. Сопоставление этих затрат (приложение IX, табл. 2) показывает, что преимущество поволжского варианта выражается в 2,8%.

Если иметь в виду, что по результатам решения задачи на первом этапе установлена разница в затратах на производство полимеров в Прибалтике и в Поволжье в размере 9-17% (приложение IX, п. 1 и 5), то можно сделать вывод, что наибольшая разница в пользу поволжского варианта образуется на первых стадиях технологической цепочки, т.е. на стадии производства сырья и углеводородных мономеров.

Для сопоставления затрат на отдельные продукты в прибалтийском и поволжском вариантах производства применяются двойственные оценки, выражающие полные приведенные затраты на продукты.

В табл. 10 даны результаты расчета разницы в двойственных оценках согласно решениям задачи для Прибалтики (вариант местного производства) или с доставкой продуктов поволжского производства. Расчет проведен при обоих вариантах целевой функции.

Данные табл. 10 показывают, что перерасход затрат в Прибалтике составляет по первому варианту целевой функции до 4% и по второму до 4,7%. По нитрону и полипропиленовому волокну (которые рассматриваются также и на первом этапе исследования, причем в каждом районе на ос-

нове местного сырья) преимущество поволжского варианта составляет лишь 2,0 и 2,2% при первом варианте целевой функции, при втором - соответственно 1,2 и 1,6%<sup>х)</sup>.

Изложенные результаты позволяют сделать вывод, что в отличие от производства полупродуктов, выработка конечных продуктов в Прибалтике из привозных полупродуктов имеет примерно равную экономичность с производством этих продуктов в Поволжье. Это дает известную свободу выбора между вариантами размещения конечных технологических стадий с учетом условий и факторов, не принимавшихся в расчет в данной работе. Однако показатели, выражающие преимущество того или другого варианта размещения для каждого продукта, не являются случайными и на них существенно не влияет неточность информации. Преимущество поволжского варианта для большинства продуктов связано с более благоприятными условиями энергетической базы Поволжья, и при высокой энергоемкости продуктов этот фактор не может не влиять на результат расчетов. Для принятия конкретных плановых решений следует учитывать, сколько народное хозяйство теряет при отказе от оптимального плана.

Весьма показательна абсолютная разница между районными двойственными оценками для каждого продукта.

<sup>х)</sup> Следует иметь в виду, что задача второго этапа предусматривает переработку в Прибалтике привозных полупродуктов, в данном случае акрилонитрида и полипропилена.

## Сопоставление двойственных оценок продукции при поволжском и прибалтийском вариантах производства

	Значение оценок						Экономия (-) или перерасход (+) по прибалтийскому варианту, в %
	Поволжский вариант			Прибалтийский вариант			
	1	2	3	4	5	6	
	Варианты целевой функции						
	1	2	3	4	5	6	
ПВА эмульсия	520,6	479,8	516,8	476,0	- 0,7	- 0,8	
Стирол	445,1	286,6	464,2	300,6	+ 4,1	+ 4,7	
Полистирол	906,5	758,8	928,5	765,2	+ 1,8	+ 1,5	
Сополимер СНП	1227,9	1132,8	1242,1	1148,8	+ 1,1	+ 0,9	
Зенол-формальдегидная смола	478,9	291,9	477,5	289,7	- 0,3	- 0,8	
Престорошки	385,1	258,7	388,1	251,1	- 0,6	- 1,0	
Штапельное волокно вискон	1758,4	1749,9	1789,8	1770,7	+ 2,0	+ 1,2	
Техническое волокно полипропиленовое	2292,2	2339,5	2344,7	2378,6	+ 2,2	+ 1,6	
Шелк лавсан	4420,7	4102,8	4508,8	4165,0	+ 2,0	+ 1,5	
Шелк эластик капрон	5976,8	5482,2	6078,9	5556,1	+ 1,7	+ 1,3	
Дикарбонатные кислоты на базе бензола	751,4	551,9	766,6	562,1	+ 2,0	+ 1,8	
в Прибалтике на базе сланца	751,4	551,9	461,7	389,7	-62,8	-41,7	
Полуэфир Д-2200 ДНК на базе бензола	900,3	796,8	902,6	797,8	+ 0,25	+ 0,1	
в Прибалтике ДНК на базе сланца	900,3	796,8	717,4	694,0	-25,5	-15,1	
Полуэфир Д-1100/800 ДНК на базе бензола	903,7	823,2	904,8	823,2	+ 0,1	-	
в Прибалтике ДНК на базе сланца	903,7	823,3	800,1	764,6	-13,0	- 7,7	

Как свидетельствуют данные табл. 10, перерасход затрат по прибалтийскому варианту колеблется в пределах от 1 до 102 руб. на 1 т для отдельных продуктов. Например, для эластичного шелка капрон перерасход составляет 102,1 руб. на тонну или 1,53 млн. руб. на расчетную годовую мощность.

Среди продуктов, размещаемых согласно оптимальному плану в Прибалтике, наибольшую экономию дают дикарбоновые кислоты и производимые на их основе полиэферы. Однако в данном случае экономия достигается не за счет лучшего варианта размещения, а за счет метода производства - окисления керогена сланца. Вариант выпуска дикарбоновых кислот в Прибалтике в случае, если он основан на переработке нефтяного бензола, не имеет преимущества перед волжским вариантом.

В настоящей работе в качестве стоимостных показателей используются двойственные оценки; для подтверждения их применимости в этих целях они сопоставлены с оптовыми ценами соответствующих продуктов, введенными в действие с 1 июля 1967 г. (табл. 11).

Как видно из таблицы, двойственные оценки хорошо согласуются с оптовыми ценами соответствующих продуктов. Поскольку коэффициенты целевой функции задачи выражены в приведенных затратах, получение двойственных оценок, близких к оптовым ценам, вполне закономерно. Этим подтверждается правильность исходной информации задачи.

Таблица II

Сопоставление двойственных оценок оптимального плана с оптовыми ценами соответствующих продуктов в руб.

	Оптовые цены	Двойственные оценки оптимального плана	
		I вариант целевой функции	II вариант целевой функции
	1	2	3
ПВА эмульсия	610	516,8	476,0
Полистирол	980	906,5	753,8
Сополимер СНП	1820	1227,9	1132,8
Полиэфир Д-2200	1330	691,7	649,7
Фенол-формальдегидная смола № 18	570	477,5	289,7
Пресспорошки К-18-2	425	333,1	251,1
Штапельное волокно нитрон	2700	1753,4	1749,9
Техническое волокно по- липропиленовое	2250 <sup>x)</sup>	2292,2	2339,5
Шедковое волокно лавсан	4660	4420,7	4102,8
Шедк эластик капрон	5000	5976,8	5482,2
Винилацетат	700	674,5	603,6
Стирол	380	445,1	236,6
Акрилонитрил	1300	670,0	746,3
Фенол	430	374,4	179,2
Формалин	90	54,1	49,1
Диметилтерефталат	700	887,8	699,3
Капролактан	1470	1442,5	1173,9
Дикарбоновые кислоты	850 <sup>xx)</sup>	422,6	320,5
Параксилон	235	392,5	196,9
Поливиниловый спирт	3300	2480,3	2292,9
Этилбензол	230	281,6	163,2

	1	2	3
Этиленгликоль	620	368,3	429,8
Метанол	110	87,6	79,9
Ацетиден	350	472,3	422,9
Диэтиленгликоль	700	382,4	447,2
Окись этилена	450	401,7	496,0

x) Цена технического волокна капрон

xx) Цена адипиновой кислоты

Для продуктов, вырабатываемых на базе ароматических углеводородов (этилбензол, стирол, параксилол, диметилтерефталат), некоторые оптовые цены ниже двойственных оценок при первом варианте целевой функции. Это объясняется тем, что в оптимизируемом комплексе производств ароматические углеводороды оказались в более жестких условиях, чем остальные продукты, и поэтому получили высокие двойственные оценки. Ввиду сравнительно большой дефицитности этих продуктов в настоящее время, полученные результаты не искажают действительности.

В тех случаях, когда двойственные оценки намного ниже оптовой цены (акрилонитрил, ДКК, полиэфир), это вызвано тем, что их производство в задаче представлено самыми экономичными технологиями. Оптовые же цены ориентированы на среднеотраслевой уровень.

В подтверждение изложенных результатов отметим, что после завершения программы данной работы поставлена и решена задача, где объединены первый и второй этапы исследова-

дования. Результаты решения этой задачи совпадали с теми, которые были получены поэтапно, отчасти они были использованы для анализа устойчивости решения (раздел III).

Полученные результаты, согласно которым экономия затрат при поволжском варианте производства конечных полимерных продуктов перед прибалтийским вариантом невелика по сравнению с разницей в затратах на первых стадиях технологической цепочки, могут создать впечатление, что ошибки в исходных данных или неточность расчетов влияют на устойчивость этих результатов. Поэтому представляет интерес исследование влияния ошибки в исходных данных на конечный результат.

В задаче второго этапа исследования районные различия в приведенных затратах на конечные продукты выражаются лишь через затраты на энергию и транспорт. Поэтому размещение производства в Прибалтике или в Поволжье определяется соотношением этих затрат в конкурирующих районах.

Введем обозначения:

$\Delta_T$  - экономия транспортных затрат в случае прибалтийского варианта производства;

$\Delta_Э$  - экономия затрат на энергию при поволжском варианте производства.

Введены также величины  $\alpha = \frac{\Delta_Э}{\Delta_T}$  и  $\Delta = |\Delta_Э - \Delta_T|$ .

Естественно, при  $\alpha > 1$  (т.е.  $\Delta_Э > \Delta_T$ ) оптимальным вариантом размещения производства выбирается поволжский, а при  $\alpha < 1$  - прибалтийский.

Необходимо исследовать изменение  $\Delta$  как результат совместного влияния ошибки в  $\Delta_9$  и  $\Delta_T$ .

Ошибка в  $\Delta$  складывается из ошибок при вычислении транспортных и энергетических затрат. Если эти ошибки обозначить соответственно через  $\varepsilon_T$  и  $\varepsilon_9$ , то абсолютную ошибку для  $\Delta$  можно выразить следующим образом:

$$\delta(\Delta) = |\Delta_9 \varepsilon_9 - \Delta_T \varepsilon_T|. \quad (16)$$

Рассмотрим случай, когда  $\varepsilon_T$  и  $\varepsilon_9$  численно равны. Очевидно, если  $\varepsilon_T$  и  $\varepsilon_9$  влияют в одном направлении, ошибка в  $\Delta$  не увеличивается. Если же  $\varepsilon_T$  и  $\varepsilon_9$  влияют в противоположном направлении,  $\delta(\Delta)$  начинает увеличиваться.  $\delta(\Delta)$  имеет максимальное значение, если  $\varepsilon_9 = -\varepsilon_T$ , поскольку тогда

$$\delta(\Delta) = \Delta_9 \varepsilon_9 + \Delta_T \varepsilon_T.$$

Допустив, что  $\varepsilon_9$  и  $\varepsilon_T$  численно равны, получим

$$\delta(\Delta) = (\Delta_9 + \Delta_T) \varepsilon. \quad (17)$$

Результат решения задачи устойчив, если абсолютная ошибка не превышает значения  $\Delta$ :

$$\Delta > \delta(\Delta). \quad (18)$$

Рассмотрим, каково должно быть  $\varepsilon$ , чтобы это условие было выполнено:

$$\begin{aligned} |\Delta_9 - \Delta_T| &> (\Delta_9 + \Delta_T) \varepsilon; \\ \varepsilon &< \left| \frac{\Delta_9 - \Delta_T}{\Delta_9 + \Delta_T} \right| < \left| \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} \right| \end{aligned} \quad (19)$$

Соответственно  $\alpha$  выражается как  $\alpha < \frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon}$ .

Из выражения  $\varepsilon$  видно, что с приближением  $\alpha$  к единице  $\varepsilon$  приближается к нулю.

Если предположить, что ошибка при исчислении транспортных и энергетических затрат не превышает  $\pm 5\%$ , минимальное значение  $\alpha$ , при котором эта ошибка не повлияет на результат решения, должна равняться

$$\alpha = \frac{1 + 0,05}{1 - 0,05} = 1,105.$$

Рассмотрим, каково может быть значение  $\varepsilon$  для продуктов, экономичность производства которых по прибалтийскому и поволжскому вариантам размещения сравнительно мало различается. Например, по сополимеру СНП поволжский вариант дает экономию  $1,1\%$  (табл.10). Значение  $\alpha$  для этого производства равняется  $1,5$ . Следовательно,

$$\varepsilon < \frac{1,5 - 1}{1,5 + 1} < 0,20.$$

Ошибка в исходных данных, превышающая  $20\%$ , нереальна. Поэтому полученный результат можно признать устойчивым.

х х  
х

Резюмируя итоги анализа перспектив развития и размещения химических производств, следует считать установленным, что наиболее экономичным вариантом производства углеводородных мономеров, полупродуктов и большинства полимерных материалов на их основе для обеспечения потребностей Прибалтики является размещение вблизи источников нефтехимического сырья, например, в Поволжье, и доставка в район потребления. Приведенные затраты в этом случае на 9-17% ниже, чем при организации соответствующих производств в Прибалтике.

Прибалтика как район размещения производства экономически предпочтительна для очень ограниченного круга полимерных материалов, причем с условием завоза полупродуктов. К таким полимерам относятся поливинилацетатная эмульсия, фенол-формальдегидная смола и пресспорошки на ее основе. Однако в отличие от производства полупродуктов, выработка конечных полимерных материалов в Прибалтике на базе привозных полупродуктов лишь незначительно уступает в экономичности поволжскому варианту. Для принятия конкретных плановых решений относительно размещения предприятий, выпускающих готовую продукцию, имеется известная свобода выбора между этими районами с точки зрения учтенных в данной работе факторов и условий.

Процесс окисления керогена сланца с получением дикарбоновых кислот при данных исходных показателях имеет значительное экономическое преимущество перед методом

производства ДЖК из бензола. Использование сланцехимических ДЖК в производстве полиэфиров для пенополиуретанов также высоко эффективно.

Те химические производства, которые целесообразно организовать в Прибалтике на основе нефтяного, сланцевого или газового сырья, могут успешно развиваться на действующих сланцеперерабатывающих комбинатах. Это углубит естественное в современных условиях кооперирование нефте-, газо- и сланцехимии и создаст прочные предпосылки для рентабельной работы предприятий и рационального использования их производственных мощностей.

В более отдаленной перспективе, при изменении топливно-сырьевого баланса и экономических показателей в пользу твердых топлив, переработка сланца на основе современной техники и технологии может приобрести существенное народнохозяйственное значение. Это требует дальнейшего развития науки о сланце и поставки соответствующих экспериментальных работ, однако, без увеличения масштабов промышленной переработки сланца.

## Л и т е р а т у р а

1. И.З.Каганович. Экономико-математическая модель для выбора оптимального варианта использования топливно-химического сырья в экономическом районе. - В кн.: Математико-экономические проблемы. Труды межвузовской научной конференции "Применение математики и электронно-вычислительной техники в экономике" (январь 1964 г.). Л., Изд-во Ленинградского университета, 1966.
2. И.Каганович, М.Рейснер. Об одной задаче целочисленного программирования. - Известия АН Эстонской ССР, серия общественных наук, 1965, № 2.
3. И.Каганович, К.Тенно. Оптимальное использование ресурсов местного и привозного топливно-химического сырья в Прибалтийском экономическом районе. - Сланцевая и химическая промышленность. Таллин, 1966, № 2-3.
4. Н.Барабанер, И.Каганович, М.Рейснер, К.Тенно, К.Хабихт. Оптимизация комплекса топливно-энерго-химических производств в Прибалтике. - В кн.: Экономико-математические исследования народного хозяйства Эстонской ССР. Таллин, "Вадгус", 1968.
5. К.Тенно. Выбор оптимального варианта производства синтетических материалов для покрытия потребности Прибалтики. - Материалы к Всесоюзной конференции по применению экономико-математических методов и электронно-

- вычислительной техники в планировании развития и размещения производства. Секция I.Таллин,1967.
6. Д.В.Канторович. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. М., Изд-во АН СССР, 1959.
  7. Д.Гейл. Теория линейных экономических моделей. М., Изд-во иностранной литературы, 1963.
  8. Дж.Данциг. Линейное программирование, его обобщения и применения. М., "Прогресс", 1966.
  9. Методические положения по оптимальному отраслевому планированию в промышленности. Новосибирск, "Наука", Сибирское отд., 1967.
  10. П.Ахметов, У.Малков. Программа мультипликативного алгоритма симплекс - метода на ЭВМ БЭСМ-2. Сборник алгоритмов и программ для решения на ЭВМ. М., "Статистика", 1967.
  11. В.А.Шелест. Экономика размещения электроэнергетики СССР. М., "Наука", 1965.
  12. Б.П.Андреев, А.А.Макаров. Методика определения затрат в замыкающее топливо и результаты исследования их устойчивости (Доклад на Всесоюзной конференции по проблемам топливно-энергетического баланса СССР). М., 1966.
  13. М.М.Албегов. Оценка затрат на замыкающее топливо.

(Доклад на Всесоюзной конференции по проблемам  
топливно-энергетического баланса СССР). М., 1966.



Таблица 2

## Химические производства

	Производство нефтяного сырья				Производство олефинов				Производство полимеров, смол и волокон									
	в нефтяном сырье		из газа		из газа		из газа		полиметилен		полипропилен-волокно		волокно вискозы		тепловыделительные материалы из нефтяного сырья			
	Б	П	Б	П	Б	П	Б	П	Б	П	Б	П	Б	П	Б	П	Б	П
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
Запасы, млн. руб. e = 0,2	5,8	4,4	5,9	5,9	11,9	10,6	28,2	22,0	32,4	27,3	1,0	0,9	0,4					
1а	3,8	2,9	4,6	4,6	8,9	7,6	17,5	16,8	27,1	22,3	1,0	0,9	0,4					
7		-105	-136	-136		-176	-198,7			-177,5								
8		-109	-226	-226		-53,4	-433,5			-1045								
9	-284																	
10		-284		19,2														
11			30,5															
12		86,8																
13																		
14																		
18			-196															
30	60,7	60,7	56,5	56	-50,5	-50,5	-0,7	-0,7										
31			36	36														
32	32,5	32,5	51,5	51,5														
38																		
26																		
27																		
84					48	48	19	19	25									
35																		
36																		
38																		
37			132	132														
52				-192														

	Крепкий па- рафина		Производство суль- фонола						Производство элект- родного кокса			Производство аммиака из газа		востанов- ленного в дим. ССР		
	Б	П	из крекинг- олефинов		из оле- финов		из сланце- вой смола	Б	П	И	камер- ных печей	УТТ	востанов- ленного в дим. ССР			
			Б	П	Б	П										
Затраты, млн.руб.	25	26	27	29	29	22	2,2	2,2	30	31	32	33	34	35	36	
1 e = 0,2	0,8	0,7	2,7	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,5	2,0	3,0	12,1	6,4	7,0	7,2	
1a e = 0,1	0,6	0,5	2,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,4	2,9	9,9	4,5	5,1	5,3	
4 Природный газ Латв. и Лит. ССР, млн.м³																
5 Сланец П кл., тыс.т																
7 Электроэнергия, млн.квт-ч																
8 Пар, тыс.т/час																
11 Бензин П, тыс.т																
12 Дизельное топливо П, тыс.т																
18 Бензол Б, тыс.т																
14 " П, тыс.т																
15 Мазул Б, тыс.т																
" П, тыс.т																
17 Природный газ Вост. ССР, млн.м³	54	54	6,9	6,9	31,2	8,3	8,3	8,3	483	483	367					
19 Парафин Б, тыс.т	-100	-100														
20 " П, тыс.т																
21 С-олефины Б, тыс.т	19	19														
22 " П, тыс.т																
23 Сульфид, тыс.т																
24 Сырье для сульфидов (сланцевое), тыс.т																
25 Электродный кокс, тыс.т																
26 Тенды сланцевые, тыс.т																
37 Остаточный газ УТТ, млн.м³																
38 Аммиак, тыс.т																
29 Сырая сланцевая смола, тыс.т																
39 Газобензин камерных печей, тыс.т																
41 Генераторный газ, млн.м³																
42 Бытовой газ Вост. ССР, млн.м³																
43 Ограничение интенсивности																

Таблица 3

## Добыча сланца

		Шахты		Карьеры		
		сущест- вующие	новые			
			17,2 млн.т	5,15 млн.т	5,0 млн.т	1,6 млн.т
		37	38	39	40	
Затраты, млн.руб.						
е = 0,2	1	40,2	20,8	12,7	5,3	
е = 0,1	1а	36,9	16,6	10,1	3,9	
Сланец II кл., тыс.т	5	3630	2125			
Сланец III кл., тыс.т	6	13160	2960	5000	1530	
Электроэнергия, млн. квт-ч	7	-176	-59	-46	-15	
Ограничение интенсив- ности	44	- 1				
- " -	45			- 1		
- " -	46				- 1	

## Производство электро- и тепловой энергии

	Каменный уголь		Торф		Сланец		Мазут				Природный газ				Газ УТТ		
	ТЭЦ 300	ТЭЦ 50	ТЭЦ 100	ТЭЦ 50	КС 1625	КС 1200	ТЭЦ 50	КС 1625	КС 1200	ТЭЦ 200	ТЭЦ 100	КС 1200	ТЭЦ 100	ТЭЦ 100	ТЭЦ 50	ТЭЦ 50	
Загрязн., млн. руб. в = 0,2	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
1	31,4	3,7	6,0	3,3	19,3	45,4	1,6	13,0	30,0	15,1	2,0	1,1	43,0	10,4	5,4	4,3	1,6
1а	22,2	3,7	6,0	3,3	19,2	30,1	1,6	12,9	19,3	9,4	2,0	1,1	29,0	6,9	5,4	4,3	1,6
4					-9350	-7000	-865						-1680	-380			
Природный газ, млн. м <sup>3</sup>																	
Дит. ССР, млн. м <sup>3</sup>	7	1000	250	500	8150	6000	250	8150	6000	1000	500	250	6000	500	500	250	250
Сланец Ш кл., тыс. т	8	3000	850	1500	500	500	850	500	3000	3000	1500	850	1500	1500	850	850	850
Электроэнергия, млн. кВт-ч	16							-1920	-1420	-620	-320	-180					
Газ, тыс. т/гал	17																
Мазут П, тыс. т	18																
Природный газ, вост. ССР, млн. м <sup>3</sup>	47	1		1													-189
Сырой газ УТТ, млн. м <sup>3</sup>	48																
Отрапаченные газы-Сибирский	49	1		1	1												
" "	50				1			1									
" "	51	-1	-1	-1	-1		-1	-1									
" "	53		1								1						

Таблица 5

## Заменяемость продуктов х)

	Сланец I кл. - сланец II кл. - сланец III кл.	Сырая сланце- вая смола - мазут	Легкая смола УТТ - сырая смола	Остат. газ УТТ - быто- вой газ	Природ- ный газ - быто- вой газ	Сырье для сульфо- нола - мазут	Сырье для пи- родива - сев- янн.
	58	59	60	61	62	63	64
Затраты, млн.руб.	e = 0,2						
	e = 0,1				1,3		
Сланец II кл., тыс.т	5				0,9		
Сланец III кл., тыс.т	6						
Сырье для пиродива II, тыс.т	10						-1
Бензин II, тыс.т	11						1
Мазут II, тыс.т	15	10				1	
Природный газ Зст. ССР, млн.м <sup>3</sup>	17				-100		
Сланцевое сырье для сульфенола, тыс.т	24					-1	
Легко-средняя смола УТТ, тыс.т	28		-10.				
Сырая смола сланцевая, тыс.т	29		10				
Остаточный газ УТТ, млн.м <sup>3</sup>	37	-10		-10			
Бытовой газ Зст. ССР, млн.м <sup>3</sup>	42			8,45	100		

х) Приведенные здесь технологические способы не должны одновременно фигурировать в задаче

МАТРИЦА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОЭФИЦИЕНТОВ ДЛЯ ЗАДАЧИ ВТОРОГО ЭТАПА (г)  
Производство конечных продуктов

ПРИЛОЖЕНИЕ П

Таблица 1

	ПВА эмульсия		Полистирол		Сополимер СМН		Техно-формальдегид прессоролон		Полиэфир (Десифоны)			Лавсан		
	Б	П	Б	П	Б	П	Б	П	Д - 2200	Б	П	Б	П	
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	
1	2268	2187	19792	19765	4426	4431	5264	5110	2875	2327	7942	7930	54868	55097
2	20	20	40	40	6	6	40	40	10	10	12,5	12,5	50	50
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														
41														
42														
43														
44														
45														

г) Составлена по расчетным данным

(Продолжение табл. 1)

	Капрон						Нейлон						Всего					
	Шелк			Техническое волокно			Шелк в ласти			Лтапель			Полипропиленовое волокно		Всего			
	Б	П	И	Б	П	И	Б	П	И	Б	П	И	Б	П	Б	П		
1	50586	51762	58082	59588	37448	64443	20	21	22	23	24	25	50244	51818	53622	26	27	
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9			80	80	80	80			50	50			80	80	80	30	30	80
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		
31																		
32																		
33																		
34																		
35																		
36																		
37																		
38																		
39																		
40																		
41																		
42																		
43																		
44																		
45																		

Таблица 2

## Производство промежуточных продуктов

Виды аптекарские	Свехоз		НАК		Венол-формальдег. смола		Дикарбоновые кислоты				Этандиэтиленгликоль		ДМТФ		Капролактамы	
	Б	П	Б	П	Б	П	Б	П	Б	П	Б	П	Б	П	Б	П
28	26	30	81	33	32	33	34	36	37	38	39	40	41	42		
6168	5178	5896	29948	1683	1929	6848	7174	17804	2531	2749	9890	10292	22787	28471		
40	.40	40	50		20											
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																
32																
33																
34																
35																
36																
37																
38																
39																
40																
41																
42																
43																
44																
45																
46																

Загрязн., тис.руб.

ПВА в муфте

Стекло

Акрилонитрил Б

Венол-формальдег.

Венол-смола Б

Дикарбоновые кислоты Б

Этиленгликоль Б

Диметилэтерфталат Б

Капролактамы Б

Полипропилен Б

Полвинилэфирный спирт Б

Формалин Б

Дивинилгликоль Б

Венол Б

Параксидол Б

Этилбензол Б

Окись этилена Б

Апектлен Б

Синтез-газ Б

Цетавон Б

Уксусная кислота Б

Амиак Б

Ограничение мощности



Таблица 3

## Транспорт промежуточных продуктов

		Транспорт из Поволжья в Прибалтику							
		Фенол-формаль-дег. смолы	Дикар-боно-вых кислот	Этилен-гликоль для	Диметил-терефта-лата	Капро-лакта-ма	Поливи-нилово-го спирта	Диэти-лен-глико-ля	Пара-ксило-ля
		57	58	59	60	61	62	63	64
Загр.ты, тыс.руб.		56	51	50	50	48	87	50	56
Фенол-формальдег. смолы	Б	-10							
" "	П	10							
Дикарбоновые кислоты	Б		-10						
" "	П		10						
Этиленгликоль	Б			-10					
" "	П			10					
Диметилтерефтаг	Б				-10				
" "	П				10				
Капролактам	Б					-10			
" "	П					10			
Поливиниловый спирт	Б						-10		
" "	П						10		
Диэтиленгликоль	Б							-10	
" "	П							10	
Параксиол	Б								-10
" "	П								10



	1	2	3	4	5	6	7
на каменном угле							
КСС	-	-	-	0,711	0,295	1,26	1,644
Переработка сланца							
УТТ со смоляным режимом	0,41	0,41	0,542	1,63	1,96	-	-
Химические производства							
Этилен и пропилен из нефти							
60 тыс. т этилена							
30 тыс. т пропилена							
в Поволжье	2	2	2	2	2	2	2
Пр-во фенол-формальдегидной смолы из нефтяного сырья в Поволжье	1	1	1	1	1	1	1
Пр-во сульфонида из нефтяного сырья в Поволжье	1	1	1	1	1	1	1
Пр-во полиэтилена из нефтяного сырья в Поволжье	1	1	1	1	1	1	1
Пр-во полипропиленового волокна из нефтяного сырья в Поволжье	1	1	1	1	1	1	1
Пр-во волокна нитрон из нефтяного сырья в Поволжье	1	1	1	1	1	1	1
Пр-во аммиака из природного газа в Эстонии	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78
в Литве							
Значение целевой функции	550,5	743,4	780,0	586,9	825,9	590,4	888,7

х) Для капитальных затрат на объекты энергетики  $\epsilon = 0,125$ , в остальных случаях  $\epsilon = 0,2$ .

хх) По условию

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ С УСЛОВИЕМ ДЕФИЦИТА БЫТОВОГО  
ГАЗА (ОГРАНИЧЕНИЯ 1)

Технологические способы	Расчетная мощность при единичной интенсивности	Вариант с ка- мерными печами	Сво- бод- ный выбор спо- собов	Без УТТ со смо- лянн- ым ре- жи- мом
		1	2	3
<u>Переработка нефти</u>				
НПЗ в Поволжье (условно), схема глубокой переработки	12 млн.т нефти	1	1	1
НПЗ, в Прибалтике (условно), схема неглубокой переработки	8 млн.т нефти	1	1	1
<u>Добыча сланца</u>				
Шахты и карьеры действующие	17,2 млн.т	1	1	1
Карьер новый	5 млн.т	0,14	0,58	0,64
Шахта новая	5,15 млн.т	0,81	-	-
<u>Электростанции</u>				
на сланце				
КЭС	1625 Мвт	1	1	1
ТЭЦ	50 Мвт	3	3	3
КЭС	1200 Мвт	-	-	0,72
на торфе				
ТЭЦ	100 Мвт	1	1	1
	50 Мвт	3	3	3
на мазуте				
КЭС	1200 Мвт	1,11	1,14	0,41
ТЭЦ	200 Мвт	1,03	0,78	1,08
на газе				
КЭС	1200 Мвт	0,20	0,2	0,15

		1	2	3
<u>Переработка сланца</u>				
УТТ, смоляной режим	7,9 млн.т сланца	0,33	0,73	-
Шахтные генераторы	3,18 млн. т	0,83	-	-
Камерные печи	1,9 млн.т	1	-	-
УТТ, газовый режим	3,88 млн. т	-	-	0,27
<u>Химические производства</u>				
Этилен и про- пилен в а неф ти	60 тыс.т этилена, 30 тыс.т пропилена			
в Поволжье		2	2	2
Пр-во фенол- формальдегид- ной смолы	6,5 тыс.т			
в Поволжье		1	1	1
Пр-во судьфо- нола	20 тыс.т			
в Прибалтике		0,28	0,28	0,28
Пр-во полиети- лена	48 тыс.т			
в Поволжье		1	1	1
Пр-во полипро- пиленового волокна	19 тыс.т			
в Поволжье		1	1	1
Пр-во волокна нитрон	25 тыс.т			
в Поволжье		1	1	1
Пр-во аммиака				
Из природного газа				
в Литве		0,76	0,76	1,76
в Эстонии		-	1	-
Из газа камерных печей		1	-	-
Значение целевой функции	млн.руб.	649,5	632,1	640,7

КОНЕЧНАЯ СМБЛЕКСНАЯ ТАБЛИЦА  
(соответствует оптимальному решению в табл. 2, гр. 1)

№ объек-тов пере-мов-ной	Опти-миза-ция пере-мной	Пара-фин	НПС	Сырье для пиро-лиза	Сланце-вые генера-торы	Газ-бензин кам. печей	Сырье для пиро-лиза	УТТ 1, 2 мвн. УТТ	Дистил-ляция легкой смолы УТТ
		Б	П	П			109	7	9
102	0	0,8991	25,02	0,0801	5,0079	0,1118	0,0165	0,50445	980,81
103	0	0,0038	-	+	-	-	-	-	-
43	10	0,0009	-0,3008	0,0005	+	+	-	-0,0104	-0,0972
56	2,60	0,0058	-0,8087	0,0011	0,0189	-0,0082	0,0004	0,0294	0,2624
58	30,30	-	+	+	-31,80	-	+	+	-
48	0	-0,0066	-1,5475	-0,0002	0,2835	0,0115	-0,0003	0,0323	-0,7755
133	0	-0,1074	-	-	-	+	0,0494	0,3529	3,4118
14	0	-0,0077	-0,1074	-	-	+	0,0036	+	+
3	1,0	0,0009	-1,3008	0,0005	-	-	-	-0,0104	-0,0972
64	568,0	0,5421	-170,84	-0,7227	-	-	-0,0397	-5,9074	-55,19
31	0	-0,0174	+	-	+	+	+	+	+
23	0	-0,0516	+	-	+	+	+	+	+
10	0	+	-	+	+	-0,0172	-	-0,1765	-1,7059
25	0	+	149,43	+	56,60	-	-	-	-
59	57,15	-1,5774	-	-0,1769	1,8789	+	0,0253	11,85	-124,04
61	0	-0,1238	+	-	+	+	0,0570	+	+
36	1,78	+	+	+	-	-	-	+	+
1	1,0	0,0038	-	+	-	-	-	-	-
12	2,0	0,0076	-	+	-	-	-0,0035	-	-
16	1,0	0,0091	-	+	-	-	-0,0042	-	-
49	1,28	0,0042	-0,1760	0,0004	0,0070	0,0022	0,0001	-0,0165	-0,1996
20	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
28	1,0	-	6,0795	-0,0037	0,2203	0,0114	0,0001	-0,2750	-
26	1,0	-	-	-	-	-	-	-0,2750	-
39	0,15	-0,0243	-	-	0,2203	0,0114	0,0001	0,1083	0,5578

В данс- ной пере- менной	Газ- бензин УТТ	Легкая смола УТТ	Суть до- вой ной	Суть сульф. слаб. ценов	Пр-во сульфо- лата и сланца.	Огр. мощ- ности шахт	Элек- трич. энерг. конт.	Пр-во электр. конт. и сланца	Бензол П	Земель сланца- вне	Бензол Б	Лесох- фор- мадер. смола	Эткен Б
	340	128	123	124	29	144	125	32	114	126	113	127	130
	0,031	0,0160	0,3596	0,4772	1001,41	3,9697	0,0263	2,5481	0,4648	0,1282	0,4716	0,4459	0,1485
102	-	-	-	0,0201	-	+	-	+	-	-	-	-	-
103	-	-	-	0,0053	-	+	-0,0004	0,0287	+	-	-	-	-0,0003
43	+	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+
50	-0,0045	-	-0,0090	0,0308	-0,2809	+	-0,0006	0,2246	-0,0255	-0,0264	-0,0237	-0,0136	0,0008
58	+	-	-	-	35,30	+	+	+	+	-	-	-	-
48	0,0066	-0,0005	0,0156	-0,0333	0,4109	-0,0019	-0,0022	-0,0866	0,0378	0,0428	0,0377	0,0223	-0,0009
133	+	+	+	-0,5650	-	-	+	2,0000	+	-0,5882	+	-0,3077	0,7700
14	+	+	-	-0,0407	-	-	+	+	+	-	+	+	0,0170
3	-	-	-	0,0053	-	+	-0,0004	0,0287	-	-	-	-	-0,0003
64	-	-	-	3,0067	-	-	-0,2333	16,33	-	-	-	-	-0,1858
31	+	-	-	-0,0377	-	-	0,0089	-0,6250	+	-	+	-	+
23	+	+	+	-0,2715	+	-	+	-1,0000	+	0,2941	0,2564	0,1538	+
10	-	-	+	0,0526	-	-	-	-	-	-	-	-	+
25	-	-	+	-8,4002	-	-	0,1488	-85,297	6,1224	7,0228	6,1224	3,6735	+
59	1,1505	-0,1000	2,5408	-0,4002	69,03	-	-	-	+	+	+	+	0,1186
61	+	-	+	-0,6516	+	-	+	-	+	-	-	-	0,2667
36	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+
1	-	-	-	0,0201	-	+	-	+	-	-	-	-	+
12	-	-	-	0,0403	-	+	-	+	-	-	-	-	+
16	-	-	-	0,0480	-	+	-	+	-	-	-	-	+
49	0,0011	+	0,0027	0,0224	0,0675	0,0026	-0,0003	-0,0129	0,0068	0,0074	-0,0003	0,0039	-0,0198
20	-	-	0,0500	-	-1,0000	-	-	-	-	-	-	-	0,0004
28	-	-	0,0500	+	-1,0000	-	-	-	-	-	-	-	0,0004
26	-	-	0,0154	-0,1326	0,2089	-3,4851	0,0075	-0,4939	0,0368	0,0433	0,0370	0,0227	0,0004
39	0,0039	0,0009	0,0154	-0,1326	0,2089	-3,4851	0,0075	-0,4939	0,0368	0,0433	0,0370	0,0227	0,0004

№ савс-ной про-решен-ной	Пр-во оефинной нефти П	Втя-лев П	Под-ежден	Топ-100 Мвт на мауте	Топи-пропн-денное волокно	Пр-во волок-на на нитрон П	Волокно нитрон	Пр-во амиака за ка-сервиз печей	Пр-во амиака из га-за П	Амиак	Огр. моц-ности амиака	Огр. пост-ства ПИИ	Станце-вые шахты новые
	13	131	134	51	135	21	136	33	34	138	143	151	38
102	20,30	0,1378	0,4041	0,1134	1,2742	3,3724	1,3352	2,4853	0,0243	0,0060	0,7096	30,60	6,9891
103	0,1585	-0,0003	-0,0003	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+
43	+	-	-	-1,0000	-	+	-	-	-	+	-	-	+
50	0,2280	0,0005	0,0009	+	0,0030	0,3467	0,0025	0,4639	-	0,0006	+	-	+
58	+	-	-	-	-	-	+	-19,20	+	-	+	-0,1667	+
48	-0,0499	-0,0004	-0,0009	-0,1685	-0,0015	-0,0824	-0,0012	-0,5333	0,0389	-0,0007	0,0389	+1,0383	21,25
133	-14,04	0,7700	0,8066	+	-1,5470	+	-1,3200	-	-	+	-	-	-
14	-1,0117	0,0170	0,0175	+	0,0007	+	+	-	-	+	+	-	+
3	0,1585	-0,0003	-0,0003	-	-0,0078	-	+	+	-	-	-	-	-
64	-193,96	-0,1858	-0,1955	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-
31	+	+	+	+	+	+	+	0,8483	-	+	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	+	-	+	-	0,0050	+	+	-81,39	-	+	-	+	-
59	-57,46	0,1186	0,1248	+	0,0112	+	+	-	-13,50	+	-	+	-
61	-16,19	0,2667	0,2806	+	-	0,1343	-	-	-1,000	0,0093	-1,000	+	+
36	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+	+
1	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-
12	+	-	-	-	+	-	0,0007	+	+	-	+	-	-
16	+	+	-	-	0,0007	-	0,0007	-0,0997	-	0,0007	-	-1,3311	0,0015
49	0,1369	-0,0001	0,0004	0,0024	-	-0,0400	0,0006	-	-0,0526	-	-0,0526	-	-
20	+	-	-	-	-	-1,0000	0,0400	-	-	-	-	-	-
28	+	-	-	-	-	-	0,0400	-	-	-	-	-	-
26	+	-	-	-	-	-	0,0400	-	-	-	-	-	-
39	-1,2117	0,0035	0,0046	0,3150	0,0029	0,1540	0,0023	-0,1725	-0,0728	0,0013	-0,0728	-0,0716	-1,0915

№	Мауэ	Склад- ы ы ы	ТЭЦ 200 МВт на камен- ном угле	ТЭЦ 50 МВт на камен- ном угле	Природ- ный газ в Лазь, и Лазь,	Огр. мог- ности эл.- стан- ция	Огр. мог- ности эл.- стан- ция	Пропн- тен Б	Склад П класс	ТЭЦ 50 МВт на при- род- ном газе	ТЭЦ 100 МВт на при- род- ном газе	ТЭЦ 100 МВт на при- род- ном газе	Пар	Огр. мог- ности эл.- стан- ция
	115	40	42	104	149	153	132	105	56	54	55	108	148	
	0,0009	1,4219	0,4000	0,0058	27,10	24,08	0,0237	0,0031	0,4329	0,0891	1,6129	0,0034	0,5671	
102	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	
103	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-1,0000	-	-	
43	+	+	-	-	+	1,0	-	+	+	+	-0,5000	0,0003	-	
50	-0,0001	+	-	+	+	-0,3333	-0,0019	-	+	+	-	-	-	
58	+	+	+	+	+	+	+	-0,0100	+	+	-	-	-	
48	-0,0005	-0,0001	0,3254	0,0004	-0,9499	-0,8751	-0,0009	+	0,0009	-0,0059	-0,1691	-	-0,0009	
133	+	-	-	-	+	-	-1,0000	-	-	+	+	-	+	
14	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	
3	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	
64	-0,0541	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	
31	0,0021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	
59	0,0345	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+	+	
61	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	
36	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	
1	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	
12	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	
16	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	
49	-	0,0002	-	+	+	+	0,0005	-	-	-	-	+	+	
20	-	-	-	+	+	+	0,0004	+	-0,0013	0,2263	0,2286	-	0,0013	
28	-	-	-	-0,0006	1,3354	1,3288	-	-	-	0,2263	0,2286	-	-	
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
39	0,0017	-0,3058	-	-0,0008	-0,0935	-0,2336	0,0017	0,0002	-0,1749	0,0110	0,3162	0,0001	0,1749	

В базис- пере- менной	квс 1200 Мат на сплав- це	теп 50 Мат на маву- те	Пара- фин П	Элект- рооб- рат- ные	Пр-во сульфо- нола Б	Оле- фин П	Смалец II класс	Камер- ные печи	Маву- П	Олео- фин УТТ	Сырая сплав- ная смола	Быто- вое газ в эсто- нии	Бензин П	Остат. газ. УТТ
	46	52	120	107	27	122	106	5	116	118	129	142	111	137
	10,96	0,1209	0,0080	0,0088	90,08	0,0456	0,0026	4,6088	0,0160	0,0164	0,0160	0,0130	0,0801	0,0099
102	-	-	-	-	0,3824	-	-	+	-	+	-	-	+	+
103	-	-	-	-	0,1012	-	-	+	-	+	-	-	0,0005	-
43	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	0,0011	-
50	+	+	+	+	0,5706	0,0006	-	0,5451	-	-	-	+	+	-
58	-	-	-	-	-	+	-	-20,50	-	+	-	+	+	+
48	0,7395	-0,0938	-0,0003	-0,0001	-0,6292	-	-	-0,6439	-0,0005	+	-0,0005	-	-0,0002	+
133	+	+	+	+	-10,74	-	+	-	+	+	+	-	-	-
14	+	+	+	+	-0,7737	-	-	-	-	+	-	-	0,0005	+
3	-	-	-	-	0,1012	+	-	+	-	-	-	-	0,2773	-
64	+	+	+	+	57,50	+	+	-	-	+	-	-	-	-
31	+	+	+	+	-1,8707	-	+	-	-	-	-	-	-	-
23	+	+	+	+	-3,0294	-	+	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	1,0000	+	+	1,0	-	+	-	-	-	-
25	+	-	+	-	-159,84	+	+	-96,98	-	+	-0,10000	-	-0,1770	-
59	+	-	+	-	-12,38	-	-	-	-	+	-	+	+	-0,1000
61	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-
36	+	-	+	+	0,3824	-	-	+	-	+	-	+	+	-
1	-	-	-	-	0,7648	-	-	+	-	+	-	+	+	-
12	-	+	-	-	0,9094	+	-	+	-	+	-	+	+	-
16	-	+	-	-	0,4234	-	+	-	+	+	-	+	0,0004	-
49	-0,9999	+	+	+	-1,0000	-	+	-0,1035	+	+	+	+	-	-
20					-1,0000	0,0526								
28					-2,5340	+	0,0002	-0,2254	0,0009	-	0,0009	-	-0,0037	-
26	0,0172	0,0023	0,0005	0,0002										
39														

№	Славянской переменной	Отрицательный план	Парафин Б	НПС как сырья П	Сырье для перолина П	Славянские резервуары	Газобезопасные печи	Сырье для перолина Б	УТТ 1, 2, 3 мвн.	Детали, катушки, смолы УТТ
112	В небавянской переменной	0	119	2	110	4	139	109	7	9
62	Дизельное топливо П	6,13	-0,2496	127,89	1,3184			0,1888	-28,91	-265,35
22	Природный газ как бытовой газ	1,0	0,1036	-11,62	0,0138		-0,1437	0,0067	-0,1904	2,6889
24	Пр-во фенол-форм. смолы Б	0	0,0516	-	+		-			
17	То же из сланцев. фенолов П	0	-0,0091	+	-		+	3,0042	0,1765	1,7059
37	Пр-во полиметилена П	1,0	0,0048	+	-		+		+	+
18	Сланцевые шахты сульфата	1,0	0,0048	+	-		+	-0,0038	+	+
11	Пр-во полипропил. волокна Б	0	-0,0175	1,6603	-0,0020		0,0208	0,0003	-0,0649	-0,0613
35	Перолина газбензина УТТ	1,0	0,1384	-88,61	0,0708		+	+	+	+
63	Пр-во амиака в Востони	45,0	0,1384	-	-		+	-0,0101	25,99	-14,09
60	Сырье для сульфон. как мазут	11,06	-	+	-		+	-	-	-62,86
65	Дегтя смолы УТТ как сырья см.	14,85	-0,7922	96,30	-0,1141	1200,00	1,2109	-0,0870	-3,7682	-21,49
141	Газ УТТ как бытовой газ	0		-116,19	+1,3761		-14,37	+0,6724	-19,04	266,89
117	Генераторный газ	0,63	0,0174	6,0795	-0,0037		-	-	-	-
30	Природный газ в Востони	0,85	0,0243	-	+	+0,2203	+0,0114	+0,0011	+0,1083	0,5578
145	Пр-во электродного кокса Б	3,0	+	-	+		-	+	+	+
146	Огр. мощности сланц. карьеров	0	0,0018	1,6483	-0,0003		-	0,0004	-0,0219	0,8727
147	Огр. мощности электростанций	1,0	-0,0048	0,3008	-0,0005		-0,0115	+	+	+
45	КС 1625 Мвт на сланце	3,0	+	-	-		-	+	0,0104	0,0972
44	ТЭЦ 50 Мвт на торфе	0	-0,0048	-	-		-	+	-	+
150	Огр. мощности электростанций	0,98	-0,0485	-	+		-	0,0038	-	+
53	КС 1200 Мвт на газе	0	-0,0175	1,6603	-0,0019		0,0209	0,0003	-0,0649	-0,6798
19	Пр-во полипропил. волокна П	0,51	+	+	-		+	-	-	-
6	УТТ 8 мвн.ж	3,0								
47	ТЭЦ 50 Мвт на сланце									

№ базисной переменной	Газобензин УТТ	Легкая смола УТТ	Сульфидно Сульфидно	Сырье для сульфидно-сланцевое	Пр-во сульфидно ив сланца	Опр. мощности шахт	Земельный фонд ККС	Пр-во электр. в в сланца	Бензол П	Кислоты серные	Бензол Б	Земельный фонд УТТ	Этажен Б
	140	128	123	124	29	144	125	32	114	126	113	127	130
112	-0,0277	-	0,1499	-1,5360	-3,0000	+	0,3376	-23,63	+	+	+	127	-0,8833
62	-	-	-0,1976	0,5539	-2,2602	+	-0,0116	2,6668	-0,4761	-0,5461	-0,4761	-	0,0314
22	-	-	-	0,2715	-	+	-	1,0000	-0,2564	-0,2941	-0,2564	-	-
34	+	+	+	-0,0479	+	+	+	-	+	+	0,0003	+	0,0198
37	+	+	+	0,0255	+	1,0000	+	+	0,0171	+	0,0171	+	+
18	+	+	0,0282	-0,0933	+	-	0,0017	-0,3811	0,0680	0,0780	0,0680	0,0408	0,0013
35	+	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-
63	0,2227	+	-5,0000	0,7675	100,00	+	-0,0595	4,1684	+	+	+	+	-0,0474
60	0,2393	-0,1000	+	-	13,36	+	+	-	+	+	+	+	-
55	-	-	1,6374	-4,2325	17,94	+	0,0959	-22,10	3,9456	4,5258	3,9456	2,3673	-0,4070
191	-3,7670	-	-19,76	55,39	-226,02	+	-1,1574	266,68	-47,61	-54,61	-47,61	-	3,1413
117	-	-	0,0154	0,0977	-	+	-	+	-	-	-	-	-
36	0,0033	0,0010	-	-0,1326	0,2090	-3,4851	0,0075	-0,4939	0,0368	0,0433	0,0370	0,0227	0,0044
196	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+
197	-0,0066	0,0005	-0,0156	0,0079	-0,4109	0,0019	0,0026	0,0279	-0,0378	-0,0428	-0,0377	-0,0223	0,0012
45	-	+	-	-0,0254	+	-	0,0004	-0,0287	-	-	-	-	0,0003
44	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-
190	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
53	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-0,0255	-	-	-	-	-	+	-0,0171	+	-
6	0,0103	+	0,0282	-0,0933	0,6186	-	0,0017	-0,3811	0,0680	0,0780	0,0680	0,0408	0,0013
47	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-

№ заявки период месяц	Пр-во олефинов из нефти т	Эти- лен т	Поли- этилен	ПЭИ по Мв на мавуке	Поли- про- пилен во волокно	Пр-во виско- зы нитрон	Волок- но нитрон	Пр-во аммиака газа кам печей	Пр-во аммиака газа нит	Аммиак	Стр.- мощ- ности стан- ции	Стр.- мощ- ности аммиака	Стр.- мощ- ности шахты новые
112	13 466,83	131 -0,8833	134 -0,9293	51 +	135 -0,0372	21 +	136 +	33 -	34 -	138 +	143 -	151 -	38 -
62	2,0013	0,0314	0,0330	-	0,0013	-	-	5,5543	1,0260	-	+	+	+
24	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
17	-	-	0,0208	+	-	0,0174	-0,0007	-	-	+	-	+	+
37	-	-	-	+	+	1,1000	-0,0440	-	-	-	-	-	-
18	-0,6384	0,0013	0,0014	+	+	+	+	-1,0272	-	+	-	+	+
11	22,99	-0,0474	-0,0499	+	-0,0020	-	-	-1,0000	-	+	1,0000	-	-
35	22,99	-0,0474	-0,0499	+	-0,0020	-	-	-	-	+	+	+	+
63	22,99	-0,0474	-0,0499	+	-0,0020	-	-	-	-	+	+	+	+
60	-7,6908	-0,4069	-0,4281	+	-0,0171	+	+	-	-	+	+	+	+
65	-	-	-	+	-	-	-	-993,99	102,60	+	+	+	+
141	210,13	3,1413	3,3049	-	0,1323	-	-	467,93	-	-	87,50	+	+
117	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-1,2117	0,0035	0,0046	0,3150	0,0029	0,1540	0,0023	-0,1725	-0,0728	0,0013	-0,0728	0,0716	-1,0915
145	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
146	-	+	+	0,1685	0,0015	0,0824	0,0012	0,5333	-0,0389	0,0007	-0,0389	-0,0383	0,0011
147	-0,1086	0,0007	0,0013	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
44	-	0,0003	0,0003	+	-	-	-	0,0521	0,0521	-0,0005	0,0521	-	-
150	-0,1505	0,0003	0,0003	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
53	+	+	+	-	-	-0,0069	-	+	+	-	-	-	-
19	+	+	+	-	0,0526	-1,1000	0,0440	+	+	+	+	+	+
6	-0,6384	0,0013	0,0014	+	+	+	+	-1,0272	-	+	+	+	+
47	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+



№ базис- ной пере- менной	КЭС 1200 Мвт на станции	ТЭЦ 50 Мвт на мауте	Пара- фин II	Элект- ро- энер- гия	Пр-во суль- фонка Б	Олефины II	Сма- зоч- ный класс	Камер- ные печи	Магут II	Судой для УИТ	Склад- ная цеха смака	Буро- вой газ в остови	Безвып II	Остат. газ УИТ
	46	52	120	107	27	122	106	5	116	118	129	142	111	137
112	+	+	+	-32,73			+	-	-	-	-		1,3184	-
62	-	-	-	10,54			-	5,3038	-	0,0126	-	0,0100	0,0138	0,0076
22	-	-	-	3,0294			-	+	-	-	+		+	
44	-	-	-	-0,9094			+	-	+	+	+		-	
17	-	-	-	0,6266			+	-	+	+	+		-	
37	-	-	-	-1,7760			+	-0,2109	+	+	+		-0,0020	
18	+	+	+				+	-	+	+	+		+	+
11	+	+	+	114,68		-5,2632	-	+	-	+	-		-	
35	+	-	-1,0000	-			-	+	-	-0,1000	-		-	
63	+	+	+	-80,57			-	-70,23	+	+	+		-0,1141	-
60	+	+	+	1054,20			-	-1060,00	+	1,2600	1,0000		1,3761	0,7600
141	-	-	-	1,9707			-	530,38	0,0010	+	0,0010		-0,0037	-
117	-	-	-	-2,5340			0,0002	0,2253	0,0010	-	-		+	-
30	-	0,0023	0,0005	0,0002			+	+	0,0005	+	-		+	-
145	0,0172	0,0023	0,0005	0,0001			+	0,6439	0,0005	-	0,0005		-0,0003	-
146	+	1,0000	-	-			-	+	+	+	-		+	-
147	+	0,0938	0,0003	-			-	+	+	+	-		+	-
44	-	+	-	-0,4836			-	+	+	+	-		+	-
150	-	+	-	+			-	+	+	+	-		+	+
53	-	+	-	-0,6266			-	+	+	+	-		+	+
19	+	+	-	-1,7760			-	-1,2109	+	-	-		+	+
6	+	+	+	-			+	-	+	-	+		+	+
47	-	-1,0000	+	-			-	-	+	-	+		-0,0019	-

## МАТРИЦА КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРЯМЫХ ЗАТРАТ (Е-К)

Отрицательные элементы матрицы (Е-К) выражают расход продукта или ресурса, названного в заголовке строки, на единицу товарного продукта или ресурса, названного в заголовке столбца (потребление одноименного продукта для собственных нужд производства здесь в счет продукции не идет).

		Нефть (Поволжье), тыс.т	Нефть (Прибалтика), тыс.т	Природный газ (Латвия и Литва), млн.м	Природный газ (Эстония), млн.м	Автомобильный завод	ТЭЦ 50 Мвт
	1	2	3	4	5	6	
Нефть (Поволжье)	1	1,0					
Нефть (Прибалтика)	2		1,0				
Природный газ (Латвия и Литва)	3			1,0			
Природный газ (Эстония)	4				1,0		
Автомобильный завод	5					1,0	
ТЭЦ 50 Мвт	6						1,0
Сланец II кл.	7						
Сланец III кл.	8						
Электроэнергия	9						
Пар	10						
Мазут (Поволжье)	11						
Мазут (Прибалтика)	12						
Дизельное топливо (Поволжье)	13						
Дизельное топливо (Прибалтика)	14						
Бензин (Прибалтика)	15						
Бензин и сырье для пирогаз. (Поволжье)	16						
Сырье для пирогаза (Прибалтика)	17						
Бензол (Поволжье)	18						
Бензол (Прибалтика)	19						
Сырой газ УТТ	20						
Парафин (Поволжье)	21						
Этилен (Поволжье)	22						
Пропилен (Поволжье)	23						
Сырье для сульфанола (Прибалтика)	24						
Сульфанол	25						
Электродный кокс	26						
Фенол-формальдегидная смола	27						
Подстилки	28						
Подипропиленовое волокно	29						
Нитрон	30						
Аммиак	31						
Легкая смола УТТ	32						
Тяжелая смола УТТ	33						
Бытовой газ (Эстония)	34						
Парафин (Прибалтика)	35						

	Склад П к.л., тыс.р	Склад III к.л., тыс.р	Электроэнергия, млн. кВт-ч	Газ, тыс.Гкал	Мазут (Порохье), тыс.р	Мазут (Прибалтика), тыс.р	Издельное топливо (Порохье), тыс.р
	7	8	9	10	11	12	13
1					-0,223281		-2,578022
2						-0,786438	
3			-0,062591				
4							
5							
6			-0,000110	-0,000263			
7	1,0	-0,180884					
8		1,0	-0,365738	-0,158276			
9	-0,011680	-0,007985	1,0	-0,001393		-0,03191	
10				1,0		-0,130575	
11					1,0		
12			-0,090715	-0,066778		1,0	
13							1,0
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20			-0,001841	-0,006401		-0,000031	
21							
22							
23							
24						-0,000078	
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33						-0,088809	
34							
35						-0,015956	

	Дивельное топливо (Прибалтика), тыс.р	Бензин (Прибалтика), тыс.р	Бензин и сырье для перо- лина (Поволье), тыс.р	Сырье для перолина (Прибалтика), тыс.р	Бензол (Поволье), тыс.р	Бензол (Прибалтика), тыс.р	Сырой газ УТТ, млн.р
	14	15	16	17	18	19	20
1							
2	-1,851276	-0,263680		-0,359155	-11,179245	-11,132812	-0,0018
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9	-0,074362	-0,010596		-0,014437		-0,447266	-2,724103
10	-0,299593	-0,042628		-0,058099		-1,798828	-0,065889
11							
12							
13							
14	1,0						
15		1,0					
16			1,0				
17		-0,277323		1,0			
18					1,0		
19	-0,000074					1,0	
20							1,0
21							
22							
23							
24	-0,000185						
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							

	Парафин (Поволье), тыс.т	Втилен (Поволье), тыс.т	Пропилен (Поволье), тыс.т	Сырье для сульфонола (Присытка), тыс.т	Сульфонол, тыс.т	Электродный кокс, тыс.т	Этанол-формальдегид- ная смесь, тыс.т	Полвинилон, тыс.т
	21	22	23	24	25	26	27	28
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10				-0,084211	-0,395000			
11				-0,821053	-2,670000			
12						-4,312571		
13								
14								
15								
16			-8,738461					
17								
18							-0,600000	
19					-0,395000			
20								
21	1,0							
22		1,0						
23			1,0				-0,307692	-1,052083
24				1,0	-0,900000			
25					1,0			
26						1,0		
27							1,0	
28								1,0
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35				-2,236842				

	Полипропиленовое волокно, тыс.т	Нитрон, тыс.т	Амиды, тыс.т	Легкая смола УТТ, тыс.т	Тяжелая смола УТТ, тыс.т	Бытовой газ (Восток), млн.м <sup>3</sup>	Парафин (Прибалтика), тыс.т
	29	30	31	32	33	34	35
1							-0,413793
2							
3			-0,518565				
4			-0,291647			- 1,0	
5			-0,003333				
6							
7							
8				-4,791199	-3,873087		
9			-1,708353	-0,115809	-0,093642		-0,016552
10			-1,761149				-0,066897
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23	-1,578947	-1,320000					
24							
25							
26							
27							
28							
29	1,0						
30		1,0					
31			1,0				
32				1,0			
33					-0,193349		
34					1,0		
35						1,0	1,0

ПРИЛОЖЕНИЕ УП

МАТРИЦА КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОЛНЫХ ЗАТРАТ  
 $(E - K)^{-1}$

Элементы матрицы означают объем товарного продукта или ресурса, названного в заголовке строки, необходимый для производства единицы конечного продукта, названного в заголовке столбца.

		Нефть (Поводье), тыс.г	Нефть (Прибалтика), тыс.г	Природный газ (Латвия и Литва), млн.м <sup>3</sup>	Природный газ (Эстония), млн.м <sup>3</sup>	Асбесто-тутовый завод	ТЭЦ 50 Мвт
		1	2	3	4	5	6
Нефть (Поводье)	1	1,0					
Нефть (Прибалтика)	2		1,0				
Природный газ (Латвия и Литва)	3			1,0			
Природный газ (Эстония)	4				1,0		
Асбесто-тутовый завод	5					1,0	
ТЭЦ 50 Мвт	6						1,0
Славец II кк.	7						
Славец III кк.	8						
Электрэнергия	9						
Пар	10						
Мазут (Поводье)	11						
Мазут (Прибалтика)	12						
Дизельное топливо (Поводье)	13						
Дизельное топливо (Прибалтика)	14						
Бензин (Прибалтика)	15						
Бензин и сырье для пирох. (Поводье)	16						
Сырье для пиролиза (Прибалтика)	17						
Бензол (Поводье)	18						
Бензол (Прибалтика)	19						
Сырой газ УТТ	20						
Парафин (Поводье)	21						
Этилен (Поводье)	22						
Пропилен (Поводье)	23						
Сырье для сульфанола (Прибалтика)	24						
Сульфанола	25						
Электроудный кокс	26						
Зенол-формальдегидная смола	27						
Годиватиден	28						
Годипропиленовое волокно	29						
Нитрон	30						
Аммиак	31						
Легкая смола УТТ	32						
Тяжелая смола УТТ	33						
Бытовой газ (Эстония)	34						
Парафин (Прибалтика)	35						

	Славенц II кл., тыс.г	Славенц III кл., тыс.г	Электроэнергия, млн.квт-ч	Пар, тыс.Гкал	Мазут (Повоцье), тыс.г	Мазут (Прибалтика), тыс.г	Дизельное топливо (Повоцье), тыс.г	Дизельное топливо (Прибалтика), тыс.г
	7	8	9	10	11	12	13	14
1			0,000003	0,000012	0,223281	0,000002	0,578022	0,000004
2	0,000854	0,000739	0,073154	0,053898		0,803329		0,872906
3	0,000737	0,000637	0,063086	0,000405		0,002792		0,004816
4								
5								
6	0,000001	0,000001	0,000114	0,000266		0,000040		0,000088
7	1,00080	0,181579	0,068801	0,031281		0,023591		0,014498
8	0,004443	1,003840	0,380358	0,172936		0,130420		0,080150
9	0,011772	0,010178	1,100791	0,006466		0,044615		0,076938
10	0,000142	0,000123	0,012151	1,008952		0,133439		0,303395
11					1,0			
12	0,001077	0,000931	0,092244	0,067962		1,101295		0,027240
13							1,0	
14								1,0
15								
16								
17								
18								
19			0,000003	0,000002		0,000031		0,000075
20	0,000023	0,000020	0,001933	0,006470		0,000936		0,002084
21								
22								
23								
24			0,000007	0,000005		0,000079		0,000187
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32	0,000019	0,000016	0,001584	0,001167		0,017394		0,000468
33	0,000096	0,000083	0,008192	0,006036		0,089960		0,002419
34								
35	0,000017	0,000015	0,001479	0,001086		0,016181		0,000479

	Бензин (Прибалтика), тыс. т	Бензин и сырье для пиро- лиза (Поволжье), тыс. т	Сырье для пиролиза (Прибалтика), тыс. т	Бензол (Поволжье), тыс. т	Бензол (Прибалтика), тыс. т	Сжиженный газ УТТ, млн. м <sup>3</sup>	Парафин (Поволжье), тыс. т	Этилен (Поволжье), тыс. т
	15	16	17	18	19	20	21	22
1		0,441441	0,000001	0,179245	0,000011	0,001800		
2	0,367516		0,363343		0,208586	0,005355		
3	0,000945		0,000934		0,028539	0,004618		
4								
5								
6	0,000017		0,000017		0,000264	0,000008		
7	0,002842		0,002811		0,055761	0,136015		
8	0,015711		0,015539		0,308267	0,751946		
9	0,015095		0,014927		0,455967	0,073779		
10	0,059443		0,058795		0,811415	0,000889		
11								
12	0,005339		0,005280		0,095548	0,006752		
13								
14								
15	1,0							
16		1,0						
17	0,277323		1,0					
18				1,0				
19					1,0			
20	0,000408		0,000404		0,006033	1,000141		
21							1,0	
22								1,0
23								
24					0,000007			
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32	0,000092		0,000091		0,001641	0,000116		
33	0,000474		0,000469		0,008485	0,000599		
34								
35	0,000085		0,000084		0,001526	0,000108		

	Програн (Гонимые), тыс. р.	Сырье для сульфонов (Грибачева), тыс. р.	Сульфонов, тыс. р.	Электролитный конст., тыс. р.	Вещь-формальдегидная сырье, тыс. р.	Гомметален, тыс. р.	Полипропиленовое волокно, тыс. р.	Нитрон, тыс. р.
	23	24	25	26	27	28	29	30
1	0,325987	0,000010	0,000023	0,069791	0,207851		0,188729	0,104316
2		0,149558	0,282001					
3		0,005899	0,041772					
4								
5								
6		0,000233	0,000537					
7		0,032243	0,099179					
8		0,178251	0,548300					
9		0,094240	0,667378					
10			1,762221					
11				0,312571				
12		0,0650071	0,178219					
13								
14								
15								
16	0,738461				0,227219		0,427530	0,236308
17								
18								
19		0,000002	0,395006					
20		0,005585	0,012509					
21								
22						0,052083		
23	1,0				0,307692		0,578947	0,320000
24		1,000005	0,900014					
25			1,0					
26				1,0				
27					1,0			
28						1,0		
29							1,0	
30								1,0
31								
32		0,001116	0,003060					
33		0,005773	0,015827					
34								
35		0,237880	0,216005					

	Аммиак, тыс. т	Легкая смола УТТ, тыс. т	Тяжелая смола УТТ, тыс. т	Выходной газ (Востонки), млн. м <sup>3</sup>	Парафин (Прибалтика), тыс. т
	31	32	33	34	35
1	0,000011				0,000001
2	0,092843	0,009056	0,009246		0,418609
3	0,563560	0,007810	0,007974		0,001071
4	0,291647			1,0	
5	0,003333				
6	0,000283	0,000014	0,000014		0,000020
7	0,072545	0,151633	0,194295		0,003231
8	0,401058	0,838287	1,074139		0,017865
9	0,718875	0,124777	0,127394		0,017115
10	0,776571	0,001504	0,001536		0,067697
11					
12	0,117071	0,114196	0,011659		0,006073
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19	0,000004				
20	0,006294	0,000239	0,000244		0,000465
21					
22					
23					
24	0,000009				
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31	1,0				
32	0,002010	1,000196	0,193549		0,000104
33	0,010397	0,001014	1,00104		0,000539
34				1,0	
35	0,001870	0,000182	0,000186		1,000097

ПРИЛОЖЕНИЕ УИ  
Таблица I

Расчет затрат на производство электроэнергии  
(КЭС 1200 Мвт, 6000 Мвт)

	По первоначальным проектам			По уточненным проектам			Действуй-щая стан-ция	Типовой проект
	1	2	3	4	5	6		
Вид топлива	Сланец	Мазут УТТ <sup>x</sup>	Сланец	Мазут УТТ <sup>xx</sup>	Сланец	Мазут УТТ <sup>xx</sup>	Сланец	Нефтяной мазут
Стоимость топлива <sup>xxx</sup> , руб./т								
натурального	2,87	22,40	2,87	30,0	2,87	30,0	2,87	16,04
условного	9,25	16,35	9,25	21,90	9,25	21,90	9,25	11,70
Удельный расход условного топлива, г/квт-ч	860	825	390	325	442	325	442	325
Капитальные затраты, млн.руб.	120	70	120	70	120	70	120	70
Затраты на производство, коп./10 квт-ч								
топливная составляющая	3,38	5,31	3,60	7,12	4,11	7,12	4,11	3,80
амортизация	1,74	0,85	1,74	0,85	1,74	0,85	1,74	0,85
остальные затраты	0,99	0,55	0,99	0,55	0,99	0,55	0,99	0,55
Итого себестоимость	6,06	6,71	6,33	8,52	6,84	8,52	6,84	5,20
Капитальные затраты с коэффициентом 0,15	1,80	1,05	1,80	1,05	1,80	1,05	1,80	1,05
Приведенные затраты	7,86	7,76	8,13	9,57	8,64	9,57	8,64	6,25

x) При утилизации тепла УТТ

xx) Без утилизации тепла

xxx) По двойственным оценкам из решений соответствующих задач

Таблица 2

Экономические показатели различных видов энергетического топлива  
в Прибалтике, руб./т

	ккал/кг	Тепло- БСЖ/тк- вивы- лент	Собственность			Удельные капиталы на			На I в основном		
			Добы- чи	транс- порта	всего	добы- чу	транс- порт	всего	себ- стои- мость	удель- ные кап. вклады	приве- денные к 100%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Эстонская ССР</b>											
<b>1. Природный газ (восточноукраинский)</b>											
франко - Нарва	8000	1,14	1,00	3,60	4,65	11,80	28,60	40,40	4,05	35,40	11,18
франко - Таллин	8000	1,14	1,00	4,30	5,30	11,80	28,60	40,40	4,65	35,40	11,78
2. Мазут (нефть)	9600	1,37	3,25	1,80	5,05	45,6	11,5	57,1	3,70	41,6	12,02
3. Каменный уголь (Донецкий)	5950	0,85	6,4	2,6	9,0	24,9	14,1	39,0	10,6	45,9	19,70
4. Торф	2300	0,33	1,6	0,6	2,2	9,6	0,8	10,4	6,7	34,4	18,60
<b>5. Шахты</b>											
а) действующие шахты	2500	0,36	2,6	0,1	2,7	2,2	-	2,2	7,50	6,10	
б) новые шахты	2850	0,33	2,7	0,1	2,8	9,0	0,2	9,2	8,50	27,90	14,10
в) действующие карьеры	2100	0,30	1,6	0,1	1,7	1,7	-	1,7	5,67	5,70	
г) новые карьеры	2000	0,31	1,6	0,1	1,7	6,0	0,2	6,2	5,50	20,0	9,50
д) в среднем	2170	0,31	1,85	0,10	1,95	5,0	0,1	5,1	6,30	16,50	11,60
<b>Латвийская ССР</b>											
<b>1. Природный газ (владикоукраинский)</b>											
2. Мазут (нефть)	9600	1,37	3,25	0,70	3,95	45,60	8,10	53,70	2,85	39,20	10,69
3. Каменный уголь (Донецкий)	5950	0,85	6,4	2,4	8,8	24,9	12,6	37,5	10,4	44,1	19,20
4. Торф	2300	0,33	1,6	0,6	2,2	9,6	0,8	10,4	6,7	34,4	18,60
<b>Литовская ССР</b>											
<b>1. Природный газ (владикоукраинский)</b>											
2. Мазут (нефть)	9600	1,37	3,25	0,55	3,80	45,6	7,25	52,85	2,78	38,60	10,50
3. Каменный уголь (Донецкий)	5950	0,85	6,4	1,9	8,3	24,9	9,7	34,6	9,8	40,7	17,8
4. Торф	2300	0,33	1,6	0,6	2,2	9,6	0,8	10,4	6,7	34,4	18,60

х) Соответственно решению задач

ПРИЛОЖЕНИЕ IX

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ СРАВНЕНИЯ И ОЦЕНКИ

1) Сопоставление затрат на производство энергии при сжигании сланца и сланцевого мазута (согласно решениям)

Приведенные затраты (значение целевой функции задачи) по варианту с КЭС и ТЭЦ на сланце - 575,14 млн.руб.

То же по варианту с КЭС на сланцевом мазуте, ТЭЦ - на мазуте и газе - 573,84 млн.руб.

Удешевление - 1,3 млн.руб.

Объем продукции, условиями производства которой рассматриваемые варианты различаются между собой

	КЭС	ТЭЦ
Продукция при единичной интенсивности		
Электроэнергия, млн.квт-ч	6000	250
Пар, тыс.Гкал	-	850
Согласно плану: интенсивность	1,056	2,605
электроэнергия, млн.квт-ч	6981	
пар, тыс.Гкал		2210

Двойственная оценка электроэнергии 10,6 руб./тыс. квт-ч, пара - 6,38 руб./Гкал.

Затраты на производство (в оценках):

$$6981 \cdot 10,6 + 2210 \cdot 6,38 \approx 89200 \text{ тыс.руб.}$$

Удешевление по отношению к затратам:

$$\frac{1,3 \cdot 100}{89,2} = 1,5\%$$

2) Сопоставление затрат на производство энергии в котельных установках на сланцевом мазуте и на сланце

Приведенные затраты (значение целевой функции задачи) при топливном использовании сланца и котлоустановках на твердом топливе - 579,69 млн.руб.

То же при перегонке сланца на УТТ и котлоустановках на жидком топливе - 573,84 млн.руб.

Удешевление - 5,85 млн.руб.

Затраты на производство продукции, условиями производства которой рассматриваемые варианты различаются между собой (см. предыдущий расчет) - 89,2 млн.руб.

Удешевление по отношению к затратам:

$$\frac{5,85 \cdot 100}{89,2} = 6,6\%$$

3) Сопоставление затрат на производство химической продукции в Прибалтике и в Поволжье с доставкой в Прибалтику

Приведенные затраты на 1 руб. конечной продукции (в оптовых ценах) - 0,62 руб.

Продукция, условиями производства которой вариант с поставками из Поволжья отличается от варианта без них:

- электродный кокс,
- фенол-формальдегидная смола,
- полиэтилен,
- полипропиленовое волокно,

волокно нитрон.

Согласно расчету приведенные затраты на эту продукцию составляют 97047,6 тыс.руб.

Значение целевой функции для варианта в Прибалтике (в интересах сравнимости прибавляется коэффициент целевой функции по НПЗ в Поволжье):

$$554430 + 240700 = 795130 \text{ тыс.руб.}$$

Значение целевой функции для варианта в Поволжье:

$$778915 \text{ тыс.руб.}$$

$$\text{Разница:} \quad 16215 \quad " \quad "$$

$$\frac{16215}{97047,6} \cdot 100 = 16,7\%$$

#### 4) Сопоставление затрат на производство сульфанола из нефти и сланца

Приведенные затраты на 1 руб. конечной продукции (в оптовых ценах) - 0,59 руб.

Продукция, условиями производства которой вариант со сланцевым сульфаноном отличается от варианта с нефтяным сульфаноном:

сульфонол,

электродный кокс из сланцевой смолы,

фенол-формальдегидная смола из сланцевых фенолов.

Согласно расчету приведенные затраты на эту продукцию составляют 7782 тыс.руб.

Значение целевой функции для варианта со сланцевым сульфидом: 557436 тыс.руб.

Значение целевой функции для варианта с нефтяным сульфидом: 556220 тыс.руб.

Разница: 1216 " "

$$\frac{1216}{7782} \cdot 100 = 15,6\%$$

5) Сопоставление затрат на производство химической продукции в Прибалтике и в Поволжье с доставкой в Прибалтику (по двойственным оценкам)

	План с НПЗ в Прибалти- ке	План с НПЗ в Поволжье
Значение целевой функции плана, млн.руб.	575,83	557,03
В т.ч.совпадающие слагаемые	248,73	255,74
Затраты,связанные с раз- личием вариантов	327,10	301,29
То же в %	108,6	100,0

6) Сопоставление затрат на нефте- и сланцехимию  
в Прибалтике (по двойственным оценкам)

	План с нефтя- ной химией	План со слан- цевой химией
Значение целевой функ- ции плана, млн.руб.	575,83	579,15
В т.ч. совпадающие сла- гаемые	421,46	418,86
Затраты, связанные с различием вариантов	154,37	160,29
То же в %	100	103,9

7) Сопоставление затрат при различных вариантах  
сланцехимии (по двойственным оценкам)

	План с разде- лением газа полукоксова- ния	План с пиро- лизом газбен- зина и легк. смолы
Значение целевой функ- ции плана, млн.руб.	579,15	595,36
В т.ч. совпадающие сла- гаемые	418,86	418,86
Затраты, связанные с раз- личием вариантов	160,29	176,49
То же в %	100	110

Таблица 1

Приведенные затраты на некоторые продукты  
 франко-потребитель в Прибалтике  
 (по вариантам плана), руб.

	Нефтехимия		Сланце- химия
	в Поволжье	в Прибал- тике	
Мазут	13	16	23
Электродный кокс	43	51	53
Фенол-формальдегид- вая смола	353	412	428
Полиэтилен	403	470	489
Полипропиленовое волокно	1395	1627	1690
Волокно нитрон	1674	1951	2030
Сульфонол	...	267	309
Дикарбоновые кислоты	552	562	321

Примечание. Все показатели расчетные и носят ориенти-  
 ровочный характер. Вариант со сланцепереработкой -  
 при исходных показателях УТТ.

Таблица 2

Сопоставление затрат на конечные технологические  
стадии в Прибалтике и Поволжье  
(I вариант целевой функции)

	Значение перемен- ной	Приведенные затраты, тыс. руб.		
		при еди- ничной интен- сивно- сти	соответственно решению	
			в По- волжье	в При- балтике
	1	2	3	4
Значение целевой функ- ции			409196	416220
Отключаемые производ- ства:				
ПВА эмульсия	1	2187	2187	2187
Фенол-формальд. смола	0,86	1823	1568	1568
Пресспорошки	1	5110	5110	5110
Ацетилен	0,159	33061	5257	5257
Уксусная кислота	0,344	4968	1709	1709
Полиэфир Д-2200	1	2338	2338	2338
Полиэфир Д-800/1100	1	7729	7729	7729
Этилбензол	1,545	8448	13052	13052
Поливиниловый спирт	0,035	20807	728	728
Параксилол	0,764	5887	4498	4498
ДМТФ	0,856	9890	8466	8466
Капролактан	0,777	22787	17705	17705
ДКК	0,436	10564	4606	4606
Фенол	0,575	22466	12918	12918
Виниацетат	0,274	6168	1690	1690
НАК	1	29891	29891	29891
Полипропилен	1,468	12618	18523	18523
Этиленгликоль	1	2459	2459	2459

	1	2	3	4
Формалин	1	933	933	933
Метанол	0,159	19268	3064	3064
Транспорт ПВС	0,7	87	6	6
Окись этилена	1	10455	10455	10455
Аммиак	0,352	10257	3610	3610
Итого			158502	158502
Затраты на конечных ста- диях производства				
в Поводье			250694	
в Прибалтике				257718
То же в %			100	102,8

## О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
РАЗДЕЛ I. Постановка задачи, методика.....	7
РАЗДЕЛ II. Исходная информация. Вариантные расчеты.....	19
РАЗДЕЛ III. Анализ чувствительности решений.....	35
РАЗДЕЛ IV. Анализ оптимальных межпродуктовых связей.....	48
РАЗДЕЛ V. Термическая переработка сланца и энергетика.....	55
РАЗДЕЛ VI. Химические производства (первый этап расчетов).....	64
РАЗДЕЛ VII. Химические производства (второй этап расчетов).....	72
ЛИТЕРАТУРА.....	90
ПРИЛОЖЕНИЕ I. Матрица технологических коэффи- циентов задачи первого этапа	
Таблица 1. Переработка нефти и сланца.....	93
Таблица 2. Химические производства.....	94
Таблица 3. Добыча сланца.....	96
Таблица 4. Производство электро- и тепло- энергии.....	97
Таблица 5. Заменяемость продуктов.....	98
ПРИЛОЖЕНИЕ II. Матрица технологических коэффициен- тов для задачи второго этапа	
Таблица 1. Производство конечных продуктов..	99

Таблица 2. Производство промежуточных продуктов.....	101
Таблица 3. Транспорт промежуточных продуктов.....	103
ПРИЛОЖЕНИЕ III. Решение задач с варьированием коэффициента эффективности капитальных вложений.....	104
ПРИЛОЖЕНИЕ IV. Решение задач с условием дефицита бытового газа.....	106
ПРИЛОЖЕНИЕ V. Конечная симплексная таблица.....	108
ПРИЛОЖЕНИЕ VI. Матрица коэффициентов прямых затрат $(E-K)$ .....	118
ПРИЛОЖЕНИЕ VII. Матрица коэффициентов полных затрат $(E-K)^{-1}$ .....	124
ПРИЛОЖЕНИЕ VIII.	
Таблица 1. Расчет затрат на производство электроэнергии.....	130
Таблица 2. Экономические показатели различных видов энергетического топлива в Прибалтике.....	131
ПРИЛОЖЕНИЕ IX. Экономические сравнения и оценки...	132
Таблица 1. Затраты на некоторые продукты франко-потребитель в Прибалтике.....	137
Таблица 2. Сопоставление затрат на конечные технологические стадии в Прибалтике и Поволжье.....	138





Экспериментальный комбинат "Бит"  
Таллин, ул. Планэади, 18

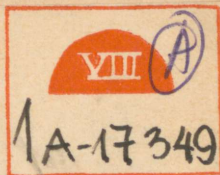
Подписано в печать 01. X/1968 г. Тираж 550 экз.  
Бумага 30x41. Усл. печ. л. 5,98. МВ-07129.  
Заказ № 2236-2077.

Ротапринт экспериментального комбината "Бит"  
Таллин, ул. Пикк, 68

Цена 57 коп.



Цена 57 коп.



224941

