

Г. Н. ТИШКИНА

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЗАМЫКАЮЩИХ ЗАТРАТ  
НА ГОРЮЧИЙ СЛАНЕЦ ПРИБАЛТИЙСКОГО БАССЕЙНА  
МЕТОДОМ ОПТИМИЗАЦИИ**

Одним из важнейших критериев определения народнохозяйственной эффективности добычи горючего сланца как в ближайшем будущем, так и в долгосрочной перспективе является показатель замыкающих затрат, которые, как известно, представляют собой предельно допустимые с народнохозяйственных позиций затраты на прирост производства данной продукции для рассматриваемого периода [1]. Концепция, рассматривающая замыкающие затраты на топливо и энергию как экономические показатели, которые обеспечивают соответствие изолированно выполняемых частных энергоэкономических расчетов глобальному оптимуму развития топливно-энергетического комплекса, получила широкое распространение и признание [2].

По содержанию замыкающие затраты — это стоимостные оценочные параметры рентного характера\*, позволяющие определять сумму экономического эффекта народнохозяйственного, отраслевого или регионального уровней по вариантам использования запасов минерального сырья, по структуре — комплексный показатель, включающий две составляющие, одна из которых оценивает уровень производственных затрат, а вторая — одновременные затраты на развитие производства. Обе составляющие имеют интегральный характер, их уровень определяется экономическим потенциалом отрасли (региона) и тем самым зависит от определенной экономической ситуации. Это, в свою очередь, требует установления временных границ определения величины замыкающих затрат. Современная теория планирования ограничивает эти сроки текущим периодом и средней перспективой [3].

В зависимости от соотношения затрат по добыче и транспортировке сырья потребителям замыкающие затраты могут быть едиными для всей страны или зональными. В условиях потребления отдельных видов минерального сырья только в районе его добычи замыкающие затраты могут устанавливаться в пределах каждой такой зоны. Это непосредственно относится и к добыче сланца, который является местным сырьем для Северо-Западного и Прибалтийского экономических районов, бедных другими энергетическими ресурсами. В этих районах постоянно нарастает дефицит топлива и энергии и роль горючего сланца весьма значительна, поскольку запасы его велики, а привоз угля из других областей страны сопряжен с большими транспортными расходами и ограничен пропускной способностью транспортных магистралей [2]. Однако даже при максимальном использовании всех имеющихся в европейской части страны ресурсов природного газа и нефти, интенсивном использовании торфа и горючих сланцев, а также наиболее экономичных ресурсов угля и гидроэнергии местных энергетических ресурсов чем дальше, тем больше не будет хватать для удовлетворения всевозрастающих потребностей европейских районов в топливе и энергии [4]. Для решения этой проблемы будут привлекаться наиболее перспективные топливно-энергетические базы восточной части страны.

\* Дифференциальная рента характеризует своеобразие горно-геологических условий, местоположение и качество полезного ископаемого.

По последним данным Всесоюзного научно-исследовательского института комплексных топливно-энергетических проблем Госплана СССР, для Северо-Западного и Прибалтийского экономических районов дополнительно вовлекаемым в перспективе для новых промышленных предприятий района (замыкающим) топливом по-прежнему является кузнецкий уголь. В работе [2] установлено, что замыкающие затраты на него составляли, по данным на 1980 г., 36—38 руб./т у. т. В этой экономической ситуации необходимо установить оптимальные объемы добычи сланца, конкурирующие по величине замыкающих затрат с кузнецким углем.

Существует несколько методов определения величины замыкающих (предельно допустимых) затрат [5—10]. Наиболее распространен метод ранжирования, использованный для горючего сланца в работе [5]. Он заключается в ранжировании предприятий по величине удельных предстоящих затрат, т. е. в расположении их в ряд, начиная с предприятий с наименьшими затратами на единицу конечной продукции. Достоинствами метода являются простота и наглядность, однако ряд допущаемых условий делают его результаты приближенными. Например, по каждому предприятию рассматривается лишь один вариант добычи полезного ископаемого с вполне определенными, конкретными значениями производственной мощности и текущих издержек производства. Заранее принято, что этот вариант оптимален для данного предприятия. Вместе с тем, согласно методике [1], для выбора оптимального варианта по каждому объекту необходимо рассмотреть все возможные варианты всех предприятий отрасли в целом. Любые попытки выбрать оптимальную мощность шахты локально, в отрыве от других предприятий, не дают экономически обоснованного ответа; здесь нужна одновременная, совместная по всем предприятиям отрасли оптимизация. К тому же информация, используемая при анализе методом ранжирования, зачастую представляет собой результаты научно-исследовательских работ, проведенных в разное время разными авторами и не сопоставимых по структуре учитываемых затрат.

Наиболее точным методом является определение замыкающих затрат на основе оптимизационных вариантных расчетов перспективных планов развития отраслей [1, 2, 6, 7, 10]. Последние разрабатывают исходя из существующих и перспективных потребностей в продукции данной отрасли и с учетом вариантных возможностей их удовлетворения при обязательном сопоставлении затрат по конкурирующим сланцедобывающим предприятиям. Для проведения вариантных расчетов создается экономико-математическая модель оптимизационного характера. Расчеты по модели служат основой для разработки перспективных планов развития отрасли. Потребности в продукции по направлениям использования, а также выделяемые на ее получение ресурсы отражаются в оптимизационной модели на каждое пятилетие (или рубежные годы) перспективного периода. Непосредственно уровень замыкающих затрат при этом методе определяют из двойственного решения задачи оптимизации перспективного плана развития добывающих отраслей [1], который нацелен на сведение к минимуму затрат (например, для сланцедобывающих предприятий при одновременном выполнении требований потребителей к количеству и качеству поставляемого топлива и сырья).

Горючий сланец, как известно, используется в двух направлениях: примерно 80% его сжигается на электростанциях для получения самой дешевой в данном регионе электрической энергии, а 20% поступает на химическую переработку и служит источником получения искусственных жидких топлив. Это обстоятельство заставляет нас чет-

ко выделять при определении замыкающих затрат затраты на добычу энергетического и технологического сланца.

Методику определения величины замыкающих затрат на добычу горючего сланца с учетом транспортных издержек на доставку его потребителям рассмотрим на конкретном примере.

Для анализа взят 1990 г. Объекты исследования — сланцевые шахты и разрезы Прибалтийского бассейна. Принято, что количество предприятий соответствует генеральной схеме развития отрасли, возможные варианты технологии добычи на них отобраны экспертным путем.\* Каждое предприятие, в зависимости от технологии добычи, охарактеризовано рядом технико-экономических показателей, таких, как производственная мощность по горной массе, выход товарного и технологического сланца, численность промышленно-производственного персонала, основные фонды, капитальные вложения, производственные затраты, теплота сгорания технологического и энергетического сланца, эксплуатационные потери полезного ископаемого в недрах и т. д.

Для определения оптимальной структуры объемов добычи сланца (оптимального плана) с учетом требований потребителей к его качеству разработана модель оптимизации [10]. За критерий оптимальности нами принят минимум приведенных затрат на добычу сланца, включающий текущие и единовременные затраты на развитие производства, а также транспортные расходы на доставку топлива и сырья местными потребителям.

Система ограничений модели включает следующие:

- по производственной мощности шахт и разрезов;
- по численности промышленно-производственного персонала с учетом заданных объемов добычи;
- по общему объему добычи сланца, в том числе технологического;
- по эксплуатационным потерям сланца в недрах;
- по дефицитному забойному оборудованию (комбайнам, механизированным крепям);
- по нормам качества на энергетический и технологический сланец и другие.

В результате решения задачи оптимизации определена рациональная структура добычи сланца как по количественному, так и по качественному признакам, т. е. установлены оптимальные объемы добычи сланца соответствующего качества и участие предприятий по способам и технологиям добычи. Получены технико-экономические показатели оптимального плана, соответствующие этой структуре добычи. Замыкающие затраты принимаются по двойственным оценкам оптимального плана. Согласно [11], двойственные оценки показывают, во что обойдется увеличение объема добычи на 1 т по сравнению с полученным оптимальным планом. Дополнительную тонну сланца можно получить как с одного предприятия, имеющего резерв по производственной мощности (это простейший вариант, данное предприятие в этом случае будет замыкающим объектом), так и с нескольких.

Поскольку дополнительный объем добычи должен соответствовать требованиям потребителей к качеству сланца, то наиболее вероятна ситуация отбора нескольких замыкающих предприятий. Вполне возможно, что добыча того предприятия, которое окажется замыкающим по приведенным затратам, не будет удовлетворять требованиям к качеству. В таком случае дополнительную добычу обеспечат несколько предприятий таким образом, что их общая добыча в совокупности

\* Например, камеры-лавы, камерная, комбайновая по слоям А—С, ручные лавы, механизированные лавы по слоям А—F<sub>n</sub> и В—F<sub>n</sub> — на шахтах, частично-селективная и валовая с обогащением — на разрезах.

будет отвечать условиям, установленным потребителями. Эти предприятия составят так наз. замыкающую группу, а замыкающие затраты по ним будут формироваться как средневзвешенные приведенные затраты по этой группе.

Может иметь место и более сложная ситуация выбора оптимального решения, вызываемая необходимостью увеличения прироста объемов добычи против рассмотренных оптимальных вариантов плана. Погашение прироста добычи начинается с догрузки мощности замыкающего предприятия (группы предприятий). Если этого недостаточно, то возникает необходимость перестройки всей уравновешенной структуры добычи так, чтобы выполнялись ограничения по объему, качеству, сортности, величине эксплуатационных потерь сланца в недрах, численности работающих и пр. Все затраты, связанные с перестройкой структуры и участия предприятий по способам и технологиям добычи, переносятся на дополнительную продукцию, а поскольку такие затраты весьма существенны, то в конечном итоге это приведет к резкому увеличению замыкающих затрат.

При определении величин замыкающих затрат наиболее вероятны две ситуации.

1. В бассейне нет резерва для прироста производственных мощностей (например, до 1990 г.). В этом случае увеличение объемов добычи ограничивается «естественным» приростом производственных мощностей, который обязательно имеет место, поскольку их проектируют с резервом, рассчитывая по максимальным пиковым нагрузкам за десятилетие [12] (случай, когда мощности недоосвоены). В такой ситуации принципы выбора замыкающего предприятия (группы предприятий) аналогичны изложенным выше.

2. Ожидается дефицит производственных мощностей (например, после 1990 г.), поскольку все существующие мощности уже освоены. В этой ситуации замыкающие затраты обосновываются в процессе анализа предпроектных решений.

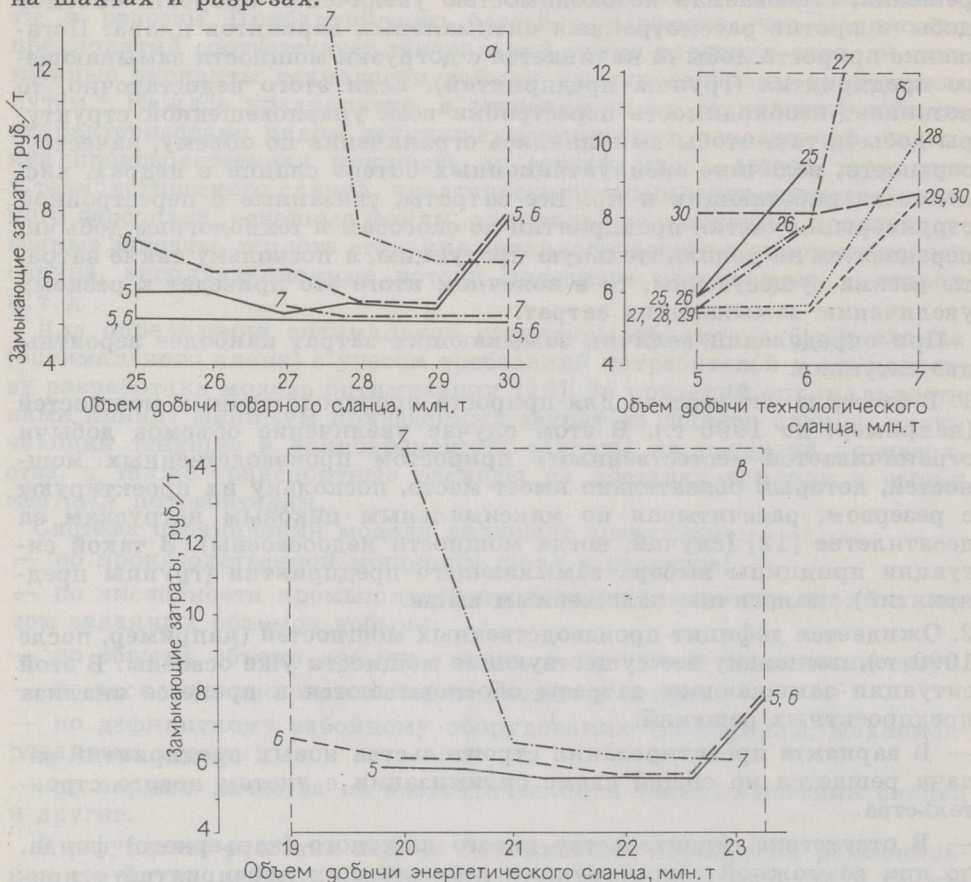
— В варианте проектирования строительства новых предприятий задача решается по общей схеме оптимизации с учетом нового строительства.

— В отсутствие строительства нового шахтного (карьерного) фонда, но при возможной реконструкции действующих предприятий с приростом производственной мощности в число учитываемых объектов должно войти реконструируемое предприятие, технико-экономические показатели которого принимаются на опорный год завершения реконструкции. Решение выбирается по предложенной схеме оптимизации.

— В отсутствие технических решений по развитию производственных мощностей замыкающие затраты определяются методом ранжирования по предприятию с наибольшим уровнем приведенных затрат на товарный сланец.

Уровни замыкающих затрат, полученные нами методом оптимизации структуры добычи сланца на 1990 г., представлены на графиках (рисунок). Необходимо отметить, что предлагаемые величины замыкающих затрат правомерно использовать в расчетах, осуществляемых на период до 1990 г. с учетом указанных объемов добычи сланца. Для рубежных 1995 и 2000 гг. уровни замыкающих затрат (с учетом и без учета нового строительства) будут опубликованы дополнительно. Видно (рисунок, а), что наименьший уровень замыкающих затрат на добычу товарного сланца соответствует объему 27 млн. т/год, из них технологического — 5 млн. т/год. Величина замыкающих затрат в этом случае равна 5,37 руб./т, или 16,8 руб./т у. т., что на 0,15 руб. выше среднего уровня приведенных затрат по бассейну. Получение

больших объемов товарного сланца при малых объемах технологического, равно как меньших объемов товарного при больших объемах технологического, приводит к резкому возрастанию уровня замыкающих затрат. Это объясняется тем, что добиться таких соотношений можно лишь за счет значительных изменений в технологии добычи на шахтах и разрезах.



Зависимость показателя замыкающих затрат на товарный (а), технологический (б) и энергетический сланец (в) от объемов добычи. Условные обозначения: 5—7 — объем добычи технологического, 19—23 — энергетического и 25—30 — товарного сланца. Пунктирной линией отмечена область наличия решения; штрих-пунктирной линией показан средний уровень приведенных затрат на добычу товарного сланца по Прибалтийскому бассейну.

Анализ результатов оптимизации позволяет заключить, что соотношение энергетического и технологического сланца в общем объеме добычи не может быть произвольным. Экономически наиболее приемлемы варианты, когда доля технологического сланца составляет 20—25% общей добычи. При этом на 1990 г. уровень замыкающих затрат на добычу товарного сланца в зависимости от объемов и структуры добычи колеблется от 5,3 до 8,0 руб./т, или от 17 до 26 руб./т у. т.

Впервые был определен уровень замыкающих затрат на добычу технологического сланца (рисунок, б). Эта величина варьирует от 6 до 10 руб./т, или от 16 до 28 руб./т у. т. Уровень замыкающих затрат на добычу энергетического сланца (рисунок, в) исчисляется в пределах от 6 до 8 руб./т, или от 20 до 27 руб./т у. т., что значительно ниже предельно допустимого уровня замыкающих затрат, расчи-

таных для энергетических углей по топливно-энергетическому балансу страны для районов Латвии и Эстонии [2].\* Следовательно, в 1990 г. отказ от привозного топлива и использование взамен его местного сырья — горючего сланца — в объеме 21—23 млн. т позволит народному хозяйству сэкономить (без учета технологического использования горючего сланца) порядка 0,5 млрд. руб.

\* В настоящее время эта величина, очевидно, еще больше.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Временная типовая методика экономической оценки месторождений полезных ископаемых. — М., 1979, с. 4—6.
2. Макаров А. А., Вигдорчик А. Г. Топливо-энергетический комплекс. — М., 1979, с. 240.
3. Методические указания к разработке государственных планов экономического и социального развития СССР. — М., 1982.
4. Пробст А. Е. Вопросы размещения социалистической промышленности. — М., 1971, с. 189.
5. Кивит А. А., Петерсель В. Х., Горная Л. В., Эпштейн С. Л. Замыкающие затраты как основа экономической оценки балансовых запасов прибалтийского сланца-кукерсита. — Горючие сланцы / ЭстНИИТИ, 1981, № 12, с. 16—20.
6. Гизатуллин Х. Н. Замыкающие затраты на железорудные ресурсы. — Экономика и математические методы, 1978, 14, вып. 4, с. 700—708.
7. Астахов А. С. Экономическая оценка запасов полезных ископаемых. — М., 1981, с. 66—87.
8. Основы экономической оценки потерь и учета запасов угля в недрах / Под ред. А. Н. Омельченко. — М., 1979, с. 104—118.
9. Скобелина В. П. Прогнозная экономическая оценка минерально-сырьевых ресурсов цветной металлургии. — Автореф. дисс. ... докт. техн. наук. Л., 1984.
10. Рейнсалу Э. Я. Оптимальное развитие добычи горючего сланца. — Таллин, 1984, с. 105.
11. Пакет прикладных программ «Линейное программирование 2» (ППП ЛП-2). Описание применения. — Калинин, 1975.
12. Астахов А. С., Москвин В. Б. Повышение экономической эффективности капитальных вложений в угольную промышленность. — М., 1969, с. 60.

Представил Э. Г. Кальюевэ

Поступила в редакцию  
10. 07. 1985

Эстонский филиал  
Института горного дела  
им. А. А. Скочинского  
г. Кохтла-Ярве

G. N. TISHKINA

## ESTIMATION OF MARGINAL COSTS OF OIL SHALE PRODUCTION BY THE OPTIMIZATION METHOD

The paper discusses the role of marginal costs in evaluating the efficiency of oil shale production in the Baltic basin. A method of determining oil shale production costs is put forward. On an example of the year 1990, the principle of estimating marginal costs on the basis of optimized calculations of long-term plans of development of the Baltic basin is given. The author shows the dependence of marginal costs on the shale production level. The economic efficiency of utilizing oil shale as a fuel is ascertained.

A. Skochinsky Mining Research Institute,  
Estonian Branch  
Kohvila-Järve