

УДК 303.725.34 + 330.131.52
JEL C61, C67, O13

Н. И. Суслов^{1,2}, В. Ф. Бузулуцков²

¹ *Новосибирский государственный университет
ул. Пирогова, 2, Новосибирск, 630090, Россия*

² *Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН
пр. Акад. Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия*

nsus@ieie.nsc.ru, buzulu@ieie.nsc.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ЭФФЕКТОВ ОТ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОМММ-ТЭК*

Рассматриваются и анализируются макроэкономические эффекты, возникающие на региональном и национальном уровне в результате мероприятий по утилизации тепла. Эти эффекты моделируются с использованием инструментария специализированной оптимизационной межотраслевой межрегиональной модели с детализированным блоком энергетики (ОМММ-ТЭК). Суть примененного сценарного подхода заключается в определении интегральных макроэкономических эффектов, возникающих в масштабе страны, как следствие утилизации тепла в отдельном регионе. Полученный содержательный результат состоит в том, что рассмотренный уровень утилизации тепла, осуществленный в каком-то одном из регионов РФ (как самостоятельный сценарий), вызывает через механизмы межотраслевых и межрегиональных материально-вещественных связей изменения отраслевых и макроэкономических показателей во всех остальных регионах в разной степени. Поэтому результаты мультипликативных эффектов, выражаемые в отслеживаемых интегральных макроэкономических показателях, существенно различаются при одинаковом начальном импульсе, задаваемом последовательной утилизацией тепла в каждом из регионов. На примере двух регионов утилизации Западной Сибири и Европейской России подробно рассмотрены факторы этих различий по ключевому интегральному показателю эффективности – приросту экономики первичных топливно-энергетических ресурсов.

Ключевые слова: факторы прироста экономики ТЭР, прирост ВРП, интегральный и региональные эффекты от утилизации тепла.

Характеристика модельного инструментария

В ИЭОПП СО РАН для исследования долгосрочных потребностей в энергетических ресурсах и эффективности их использования в российской экономике в национальном и межрегиональном аспектах используется инструментарий специализированных народнохозяйственных моделей ОМММ-ТЭК [1]. ОМММ-ТЭК разработана Н. И. Сусловым и А. А. Чернышевым на основе оптимизационной межотраслевой межрегиональной модели (ОМММ), созданной в ИЭОПП под руководством академика А. Г. Гранберга [1].

* Материал подготовлен на основе результатов работы по интеграционному проекту СО РАН № 120 «Утилизация тепловых отходов в восточных районах России как важнейший фактор энергосбережения и роста эффективности развития экономики».

Сулов Н. И., Бузулуцков В. Ф. Моделирование потенциальных эффектов от утилизации тепловой энергии с использованием инструментария ОМММ-ТЭК // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Социально-экономические науки. 2014. Т. 14, вып. 4. С. 15–33.

ОМММ-ТЭК строится как система объединенных прогнозных региональных межотраслевых балансов по: 1) производству и распределению 45 видов продукции и услуг в последнем году прогнозного периода; 2) производству и потреблению инвестиций в основной капитал за весь прогнозируемый период и в последнем году прогнозного периода; 3) наличием и использованию трудовых ресурсов (занятым в производственной деятельности, понимаемой в методологии СНС) в последнем году прогнозного периода.

Условием объединения региональных балансов является межрегиональная система производственно-транспортных связей и единый максимизируемый критерий – затраты на фактическое конечное потребление домашних хозяйств в заданной межрегиональной и отраслевой структуре.

Единичным решением модели является вариант развития экономики в последнем году прогнозного периода, включающий производство общественного продукта в разрезе отраслей (видов деятельности), регионов и технологических способов, объемы перевозок транспортабельной продукции между регионами по выделяемым видам транспорта, объемы фактического конечного потребления домашних хозяйств, объемы инвестиций за последний год и за весь прогнозный период.

В модели выделяется 6 российских макрорегионов: европейская часть страны, Тюменская область, Западная Сибирь без Тюменской области (далее просто «Западная Сибирь»), Восточная Сибирь, Дальний Восток и Урал (Уральский федеральный округ без Тюменской области). Производственная структура регионов, адаптированная к ОКВЭД, включает 45 производств товаров и услуг, в том числе 8 отраслей (видов деятельности) ТЭК: добыча твердого топлива, переработка угля, добыча нефти и попутного газа, добыча газа и газового конденсата, производство темных нефтепродуктов, производство светлых нефтепродуктов, включая продукты переработки газа, производство электроэнергии, производство тепла. Структурная особенность модели – одновременное моделирование в рамках производственного блока стоимостных и натуральных пропорций отраслей ТЭК. Натуральный подблок отраслей ТЭК представлен набором технологических способов производства и переработки энергоресурсов, включая способы, производящие два продукта.

Блок энергетики в модели включает 20 обобщенных технологий, позволяющих, во-первых, полностью охватить генерацию тепла, а во-вторых, оптимизировать в прогнозных расчетах соотношение между централизованным и децентрализованным теплоснабжением в национальном и региональном разрезе: АЭС, АТЭЦ, ГЭС, ТУУ, электродкотлы, нетрадиционные источники энергии, КЭС, ТЭЦ, крупные котельные, мелкие котельные, АИТ. Последние пять технологий детализируются по каждому из трех видов используемого котельно-печного топлива – углю, газу, мазуту. Потребление тепловой энергии учитывается по схеме межотраслевого баланса: она потребляется производственной сферой – 45-ю отраслями экономики и домашними хозяйствами. Поскольку в модели не выделяются тепловые сети, то потери тепла учитываются при моделировании его генерации как затраты на собственные нужды.

Возможные подходы к оценке эффектов от утилизации тепла

Описанный выше инструментарий предполагается использовать для оценки отдельных проектов утилизации тепловой энергии с позиций народнохозяйственной эффективности. Для решения этой задачи возможны следующие подходы:

- оценка масштабов распространения отдельной новой технологии в отдельных регионах страны;
- оценка конкурентоспособности нескольких технологий, попадающих или не попадающих в оптимальный план (решение модели) или попадающих в разной комбинации в силу различий своих затратных характеристик;
- оценка экономии на традиционных технологиях при использовании новых технологий утилизации тепла.

На данном этапе, когда еще не аккумулировано достаточной информации о конкретных технологиях, ставилась поисковая задача оценки *потенциальных* народнохозяйственных эф-

фффектов от утилизации тепла. Заметим в этой связи, что понятие утилизации мы рассматриваем в самом широком смысле: это и ликвидация потерь, которая позволяет производить меньше тепла для потребителя, это и использование бросового тепла как побочного продукта технологических процессов, это и результат рационализации и нормирования с использованием учетно-измерительных средств. Исследователи из ЦЭНЭФ оценивают технический потенциал экономии тепла в 840 млн Гкал¹, или 120 млн т у. т., или 12 % всего энергопотребления (2008), или более четверти всего технического потенциала энергосбережения². Если учесть, что в российской экономике на единицу ВВП, соизмеренному с уровнями других стран по паритету покупательной способности, тратится более чем вдвое больше энергии, чем в США, в полтора раза больше, чем в таких северных странах, как Канада и Финляндия, и втрое больше, чем в развитых европейских странах и в Японии (как показывают исследования, суровый климат лишь отчасти ответственен за столь большую разницу в энергоёмкости ВВП) [2], то потенциал экономии тепла становится важнейшим фактором снижения энергоёмкости экономики.

Мы рассматривали реакцию ряда народнохозяйственных и отраслевых показателей – валового регионального продукта (валового внутреннего продукта) (ВРП (ВВП)), потребления домашних хозяйств, инвестиций в основной капитал, объемов отпуска тепла и др.) на реализацию программы масштабной утилизации тепла в разрезе отдельных регионов без непосредственного учета затратной составляющей на эту утилизацию. Может быть дана следующая трактовка таких расчетов: какова реакция отдельных регионов, измеряемая по шкале ряда макроэкономических показателей и возникающая по цепочкам межотраслевых и межрегиональных материально-вещественных связей, на масштабную экономию тепла за счет его утилизации, если, во-первых, предположить, что затраты на эту утилизацию относительно малы по сравнению с затратами на генерацию и доставку тепла потребителям традиционными технологиями, во-вторых, утилизируемое тепло расходуется в регионах в тех направлениях, которые приводят к наибольшему народнохозяйственному эффекту. В связи с этим ставится следующая задача: если инвестиционные ресурсы на развитие технологий утилизации тепла ограничены, то в какие регионы предпочтительнее их направлять в первую очередь, а это будут те регионы, где будет получен наибольший эффект от утилизации тепла.

Методика проведения сценарных расчетов

Действующая версия программно-модельного комплекса ОМММ-ТЭК состоит из двух полудинамических (прогнозных) моделей и статической модели базового года (базовой модели). Каждая прогнозная модель описывает свой перспективный период (2008–2020, 2021–2030 гг.) и может использоваться самостоятельно. Связь между прогнозными моделями осуществляется на основе принципов построения многопериодной (в данном случае двухпериодной) модели с прямой рекурсией, когда часть результатов расчетов модели первого периода переносится в виде граничных и начальных условий в модель второго периода.

В проведенных расчетах применялась прогнозная модель первого периода (2008–2020). В соответствии с используемой методологией сценарных расчетов на первом этапе строился так называемый Центральный вариант решения модели (ЦВ), который представляет собой единичное сбалансированное решение модели, описывающее «нормативный», («оптимальный», «желаемый») и в то же время достаточно вероятный прогноз развития экономики на последний год прогнозного периода. ЦВ задает некоторый исходный обобщенный вариант развития экономики страны и регионов, логически предшествующий собственно сценарным расчетам, в которых как раз оценивается воздействие тех факторов, которые явно не учтены в ЦВ.

Сформированный ЦВ сориентирован на энергосырьевой сценарий развития экономики, как наиболее вероятный из трех сценариев (инновационный, энергосырьевой, пессимистиче-

¹ Доклад Президиуму Госсовета РФ «О повышении энергоэффективности российской экономики», ЦЭНЭФ, 2008. URL: [http://www.cenef.ru/file/Report %20 25.05.09.pdf](http://www.cenef.ru/file/Report%2025.05.09.pdf)

² О размерах технического потенциала (или потенциала организационно-технологических мер экономии) см. далее.

ский), которые разрабатывались при подготовке Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. (далее Концепция), принятой на правительственном уровне в 2008 г.³ Хотя в Концепции в качестве основного сценария развития для страны рассматривался оптимистический (инновационный) сценарий с высокими темпами экономического роста (6,5–7 % прироста ВВП в 2011–2020 гг.), вхождение России в мировой экономический кризис 2008–2009 гг., относительно медленное восстановление после него, а затем последовавшая стагнация предопределяют в качестве наиболее вероятного варианта рассматривать энергосырьевой сценарий с более медленными темпами экономического роста (4,0–5,5 % прироста ВВП в 2011–2020 гг.). В частности, в ЦВ заложен минимальный из приведенного диапазона среднегодовой темп прироста ВВП в 4 %. Сценарий характеризуется значительной нагрузкой на экономику со стороны ТЭК: доля инвестиций в ТЭК (включая трубопроводный транспорт) достигает 25 % к 2020 г. в общем объеме инвестиций в экономику; а инвестиции в энергетику (включая теплоснабжение) растут более ускоренными темпами по сравнению с инвестициями в ТЭК в целом. Уровень производства тепла в РФ в 2020 г. несколько превосходит верхний ориентир Энергетической стратегии России до 2030 (2009) (2 088 млн против 2 030 млн Гкал).

На следующем этапе после получения ЦВ были проведена серия сценарных расчетов, в которой оценивался народнохозяйственный эффект от утилизации абсолютного объема тепла, одинакового для всех регионов. Реакция на этот уровень определялась последовательно для каждого из шести регионов модели. Народнохозяйственный эффект может быть представлен по крайней мере тремя показателями, рассчитываемыми по результатам оптимальных решений ОМММ-ТЭК, которые получаются как реакция на воздействия фактора утилизации тепла: приростами (по отношению к центральному варианту) ВВП (ВРП), расходами на потребление домашних хозяйств (критерий оптимизации задачи линейного программирования), величиной экономии первичных энергетических ресурсов.

Технология каждого расчета, составляющего серию, заключалась в том, что в один из регионов модели вводился новый способ генерации тепловой энергии с заданной интенсивностью, имитирующий определенный уровень утилизации тепла, который может быть достигнут к 2020 г., и определялась реакция экономики регионов и страны в целом на его функционирование. В качестве целевой установки для этой серии расчетов был принят уровень утилизации тепла в 10 % от объема его генерации, полученном в ЦВ для Западной Сибири. Приведенная цифра не является произвольной. Так, в работе [3] показано, что за 10-летний период (2000–2010) при отмечаемой исследователями общей тенденции увеличения доля потерь тепла (от объема производства) выросла по Новосибирской области от 10 до 14 %, по Кемеровской области – от 4 до 8 %, по Сибирскому федеральному округу – от 8 до 10 %.

Результаты сценарных расчетов

В табл. 1 и 2 представлены результаты серии расчетов, в соответствии с которыми осуществляется утилизация тепла (в объеме, одинаковом для всех регионов) последовательно в каждом регионе (и только в одном), и, таким образом, определяется реакция региона и страны в целом на одинаковый абсолютный уровень утилизации тепла в различных региональных условиях. Размер утилизации составил 17,3 млн Гкал, что соответствует, как отмечено выше, 10 % от производства тепла в Западной Сибири в ЦВ. При такой целевой установке относительная максимальная величина утилизации приходится на наименьший по отпуску тепла регион – Тюменскую область (22,7 % от уровня центрального варианта), минимальный – на Европейскую Россию (1,2 %) (см. строку 1 табл. 1).

³ Основные параметры прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020–2030 годов. Приложение к Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации. Проект. Москва, август, 2008; Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р.

Таблица 1

Изменения натуральных показателей РФ
по сравнению с Центральным вариантом решения ОМММ-ТЭК
и интегральный народнохозяйственный эффект от утилизации 17,3 млн Гкал тепла
в каждом из регионов

Наименование сценария	Европейская Россия	Западная Сибирь	Восточная Сибирь	Дальний Восток	Тюменская обл.	Урал
1. Сокращение (-), прирост (+) отпуска тепла, млн Гкал *	-3,8 (1,2 %)	-1,4 (10 %)	-3,4 (10,3 %)	-0,6 (15,1 %)	0,9 (22,5 %)	-0,8 (11,1 %)
2. Коэффициент использования высвобождаемого тепла, %	71,3	82,1	97,7	93,3	87,1	91,4
3. Сокращение потребления ТЭР, млн т у.т. **	-7,0 (58 %)	-1,0 (95 %)	-6,4 (33 %)	-1,7 (56 %)	-0,3 (872 %)	-3,2 (***)
4. Прирост экономии ТЭР, млн т у.т. ****	8,3 (55 %)	2,7 (52 %)	9,1 (67 %)	2,7 (63 %)	2,3 (172 %)	5,4 (33 %)
5. Прирост экономии ТЭР на единицу утилизованного тепла (интегральный эффект), т у.т./т у.т.	3,4	1,1	3,7	1,1	0,95	2,2
Ранг эффекта *****	2	4	1	4	5	3

* В скобках показан уровень утилизации тепла в регионе как доля от общего отпуска в регионе в Центральном варианте.

** В скобках показана доля региона в общем сокращении потребления ТЭР страны, возникающем при утилизации тепла в данном регионе.

*** На Урале произошло абсолютное увеличение потребления ТЭР в результате утилизации тепла в регионе при общем уменьшении потребления ТЭР в масштабе страны.

**** В скобках показана доля региона в приросте общей экономии (сумме региональных приростов экономий), возникающей при утилизации тепла в данном регионе.

***** Большему рангу соответствует меньший эффект.

Таблица 2

Изменения макропоказателей РФ в последнем году прогнозного периода
по сравнению с Центральным вариантом решения ОМММ-ТЭК в результате утилизации 17,3 млн Гкал тепла
в каждом из регионов (в ценах 2007 г.)

Наименование сценария	Европейская Россия	Западная Сибирь	Восточная Сибирь	Дальний Восток	Тюменская обл.	Урал
1. Прирост ВВП, млн руб.	30 427	49 874	41 462	40 589	52 731	50 589
2. Доля региона утилизации в общем приросте показателя по стране, %	54,2	26,8	193,5	80,7	79,7	86,4
3. Прирост потребления домашних хозяйств, млн руб.	21 504	24 358	31 818	19 580	21 878	24 441
4. Доля региона утилизации в общем приросте показателя по стране, %	73,3	7,1	4,8	4,9	3,9	6,0
5. Прирост инвестиций в основной капитал, млн руб.	5 980	20 340	5916	16 705	24 925	20 879
6. Доля региона утилизации в общем приросте показателя по стране, %	*	42,3	869,9	131,5	33,4	74,2

* В регионе произошло абсолютное снижение потребления инвестиций при увеличении их потребления в масштабе страны.

Далее приведем подробные сравнительные характеристики двух сценариев для Западной Сибири и Европейской России, обозначая каждый из сценариев именем региона (как это сделано в табл. 1 и 2). Там, где это уместно, будем характеризовать другие сценарии серии, а также давать обобщающие характеристики, вытекающие из анализа всех шести региональных сценариев.

Уровень производства тепла в регионах утилизации снижается во всех шести сценариях. В обоих детально рассматриваемых сценариях (Западная Сибирь и Европейская Россия) уровень выработки тепла в регионе утилизации снижается на меньшую величину, чем осуществляемый объем утилизации, так как ее непосредственным следствием является использование высвобождаемого тепла на нужды экономики региона. Для сценария «Западная Сибирь» коэффициент использования (отношение используемого высвобождаемого тепла в регионе ко всему объему утилизации в процентах) составляет 82 %, для сценария «Европейская Россия» – 71 % (см. строку 2 табл. 1). В целом для всех шести сценариев (регионов утилизации) коэффициент использования высвобождаемого тепла на нужды экономики очень высок – 71–98 %. Во всех сценариях, кроме «Восточной Сибири» и «Тюменской области», уровень выработки тепла в регионе утилизации снижается на большую величину, чем по стране в целом, так как в других регионах в рамках отдельного сценария он может одновременно возрастать. В сценарии «Тюменская область» за счет структурных сдвигов в других регионах уровень выработки тепла в целом по стране даже возрастает (см. строку 1 табл. 1), а в сценарии «Восточная Сибирь», где коэффициент использования высвобождаемого тепла на нужды экономики максимальный среди регионов утилизации – 98 %, основная экономия тепла в масштабе страны осуществляется за счет снижения выработки тепла в Европейской России.

При утилизации тепла в одном из шести регионов во всех сценариях происходит снижение потребления первичных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в масштабе страны в весьма широком диапазоне от 0,3 до 7 млн т у.т. (см. строку 3 табл. 1). При этом в отдельных регионах (где не осуществляется утилизация) оно (потребление) может возрастать. В 4 сценариях, в частности в обоих детально рассматриваемых («Западная Сибирь» и «Европейская Россия»), в отличие от теплового ресурса величина снижения потребления ТЭР в целом по стране оказывается большей, чем в самом регионе утилизации. Наоборот, в сценарии «Тюменская область» величина сокращения потребления первичных ТЭР в регионе утилизации превосходит показатель по стране в 8,7 раза. Наконец, в сценарии «Урал» энергопотребление возрастает в самом регионе утилизации (см. строку 3 в табл. 1). Таким образом, утилизации тепла, выступая как начальный импульс, в результате межрегиональных структурных сдвигов вызывает, как следствие, весьма широкий диапазон изменений в производстве тепла и потреблении первичных ТЭР как в самом регионе утилизации, так и в других регионах, где утилизация не осуществляется.

Ключевым показателем эффективности является экономия первичных энергетических ресурсов. Его содержание подробно рассматривается далее. В сценариях «Европейская Россия» и «Западная Сибирь» больше половины национального прироста экономии ТЭР (по отношению к ЦВ решения модели) приходится на регион утилизации (см. строку 4 табл. 1), в то же время в этих сценариях в отдельных регионах она (экономия) может быть отрицательной. В сценариях «Восточная Сибирь» и «Дальний Восток» на регион утилизации приходится более 60 % всей экономии, в сценарии «Урал» она составляет 33 %, а в сценарии «Тюменская область» прирост экономии в регионе утилизации оказывается выше величины национально-го прироста в 1,72 раза (см. строку 4 табл. 1).

Из анализа двух выделяемых сценариев следует, что в «Европейской России» интегральный показатель эффективности (прирост экономии ТЭР в масштабе страны на 1 т у.т. утилизированного тепла в регионе) в 3.3 раза выше, чем в «Западной Сибири» (см. строку 5 табл. 1). В чем причина значительных различий в показателе эффективности? Чтобы ответить на этот вопрос на примере рассматриваемых сценариев, раскроем содержание данного показателя.

Экономия первичных ТЭР как показатель эффективности. В фундаментальной работе советского периода, посвященной проблемам взаимосвязи экономики и энергетики (6,1984),

размер общей экономии топливно-энергетических ресурсов в масштабе страны определяется по формуле

$$eco = (ener^0 - ener^T) \times nd^T,$$

где eco – годовая экономия ТЭР, достигнутая за счет изменения энергоемкости в данном периоде;

$ener^0$ – энергоемкость национального дохода в базовом году;

$ener^T$ – энергоемкость национального дохода в последнем году прогнозного периода;

nd^T – национальный доход в последнем году прогнозного периода [4. С. 66].

Как видно, экономия в данном случае представляется величиной дополнительных затрат ТЭР, которые потребовались бы в последнем году прогнозного периода при сохранении энергоемкости экономики на уровне базового года для получения национального дохода на уровне последнего года.

Применим эту формулу для модели ОМММ-ТЭК, адаптированной к системе национальных счетов. Вместо национального дохода страны будем рассматривать валовой региональный продукт (ВРП) для каждого региона в отдельности, а общую экономию в масштабе страны будем рассчитывать как сумму величин региональных экономий:

$$eco^r = (ener^{or} - ener^{Tr}) \times vrp^{Tr}, \quad (1)$$

где eco^r – годовая экономия ТЭР в регионе r , достигнутая за счет изменения энергоемкости ВРП в данном периоде;

$ener^{or}$ – энергоемкость валового регионального продукта (ВРП) региона r в базовом году;

$ener^{Tr}$ – энергоемкость ВРП региона r в последнем году прогнозного периода;

vrp^{Tr} – физический объем ВРП региона r в последнем году прогнозного периода.

Следует подчеркнуть, что по формуле (1) с использованием программно-модельного инструментария ОМММ-ТЭК находится экономия не вообще топливно-энергетических ресурсов, а первичных ТЭР региона. В соответствии с отраслевой, продуктовой и технологической номенклатурой модели потребление первичных ТЭР региона в последнем году прогнозного периода (выраженное через условное топливо) рассчитывается по результатам решения по следующей формуле (для каждого региона):

Потребление первичных ТЭР = производство (добыча) природного топлива (угля, нефти и газового конденсата, природного и попутного газа, прочего твердого топлива) + производство первичной энергии (ГЭС, АЭС, нетрадиционные источники энергии) + сальдо ввоза и вывоза природного топлива в другие регионы (ввоз минус вывоз) + сальдо импорта и экспорта природного топлива из региона (импорт минус экспорт) + сальдо ввоза и вывоза продуктов переработки природного топлива в другие регионы (переработка угля, темные и светлые нефтепродукты) (ввоз минус вывоз) + сальдо импорта и экспорта продуктов переработки природного топлива из региона (импорт минус экспорт) + сальдо ввоза и вывоза электроэнергии в другие регионы (ввоз минус вывоз) + сальдо импорта и экспорта электроэнергии из региона (импорт минус экспорт).

Поскольку перечисленные показатели производства ТЭР, а также показатели ввоза-вывоза являются эндогенными, а экспорт и импорт – экзогенными переменными, то потребление ТЭР в регионе в оптимальных решениях модели выступают как расчетная эндогенная величина. Аналогично ВРП (в последнем году прогнозного периода) является расчетной эндогенной переменной, формируемой в макроблоке модели по результатам решения как сумма добавленных стоимостей отраслей (производственных способов)⁴ региона. Объемы добавленных стоимостей рассчитываются производственным методом как разность оптимизируемых объемов производства отраслей (производственных способов) и материальных затрат. Материальные затраты, в свою очередь, однозначно определяются как функция региональ-

⁴ Выражение в скобках означает, что некоторые отрасли ТЭК представлены в ОМММ-ТЭК несколькими производственными способами (технологиями).

ных объемов производства и экзогенно задаваемых региональных материалоемкостей отраслей (производственных способов). Таким образом, энергоемкость ВРП региона по первичным ТЭР как отношение двух расчетных эндогенных переменных – энергопотребления и ВРП – также выступает как расчетная эндогенная величина.

Экономия, рассчитываемая по формуле (1), является результатом двух процессов: технологического энергосбережения и структурных межотраслевых и межрегиональных сдвигов. Используя при разработке Энергетической стратегии России до 2020 г. методические приемы выделения из общего объема экономии доли технологического энергосбережения и энергосбережения, полученного в результате структурных сдвигов⁵, применены нами к ОМММ-ТЭК и изложены в работе [5. С. 47–51]. В соответствии с ними размер экономии за счет технологического энергосбережения можно представить на отраслевом и продукто-вом уровне как произведение разности прогрессивного и преобладающего на данный момент в экономике (усредненного) норматива расхода энергоресурса на объем производства отрасли (продукта) в размере национальной потребности на данный момент времени. В терминах ОМММ-ТЭК с учетом региональной специфики это произведение разности энергоемкостей отрасли (продукта) модели базового года и прогнозной модели (экзогенные параметры) на объем производства отрасли (продукта) в регионе r , получаемого в решении базовой модели.

Формализованно это можно записать так:

$$eco_{tech}^r = \sum_i (ener_i^{0r} - ener_i^{Tr}) \times x_i^{0r}, \quad (2)$$

где eco_{tech}^r – размер технологического потенциала экономии ТЭР региона;

$ener_i^{0r}$ – энергоемкость отрасли (продукта) i в регионе r в базовом году, предшествующему прогнозируемому периоду;

$ener_i^{Tr}$ – энергоемкость производства отрасли (продукта) i в регионе r в последнем году прогнозного периода – прогрессивный норматив расхода энергоресурса на объем производства в данном регионе;

x_i^{0r} – объем производства отрасли (продукта) i в регионе r в базовом году, предшествующем прогнозируемому периоду.

Следует заметить, что формула (2) дает лишь обобщенное представление о моделировании технологического потенциала энергосбережения в межотраслевых моделях вида ОМММ. Во-первых, энергоемкость производства отрасли (продукта) i в регионе r в последнем году прогнозного периода представляется в этих моделях как минимум двумя энергоемкостями – энергоемкостью производства на «старых» мощностях (т. е. введенных до начала прогнозного периода и продолжающих функционировать) и на «новых» мощностях (т. е. введенных в прогнозируемом периоде). Поэтому прогрессивный норматив расхода энергоресурса или энергоемкость производства отрасли (продукта) i в регионе r в последнем году прогнозного периода в формуле (2) – это средневзвешенная величина нормативов расхода энергоресурса на двух типах мощностей. Во-вторых, сама энергоемкость в межотраслевых моделях балансового типа детализирована в соответствии с уровнем детализации отраслей ТЭК на конкретные виды энергетических затрат. В ОМММ-ТЭК это 8 продуктов ТЭК. Поэтому прогрессивная норма расхода в производстве отрасли по одному энергоресурсу, вызывающая сокращение использования этого ресурса, может дополняться «прогрессивной» нормой, вызывающей увеличение использования другого энергоресурса в отрасли (например соотношение угля, кокса и газа в металлургии).

При таком методическом подходе оценка величины технологического потенциала экономии ТЭР означает следующее допущение: если, например, к 2020 г. в отраслях экономики региона будет достигнуто преобладание прогрессивных нормативов энергозатрат и осуществлены организационные мероприятия по энергосбережению, то при сохранении неизменности структуры и объемов производства на уровне 2007 г. (модели базы) оценка величины технологического потенциала экономии может быть получена по формуле (2). Всякая другая

⁵ Основные положения Энергетической стратегии России на период до 2020 года / Министерство энергетики Российской Федерации. М., 2001. 120 с.

дополнительная экономия может быть отнесена к группе разнородных факторов структурных сдвигов, которые в прогнозной модели выступают как эндогенные величины. Полученная таким образом величина технологического энергосбережения входит составной частью в размер общей экономии, рассчитываемой по формуле (1) по результатам решения прогнозной оптимизационной модели. В официальных документах Энергетической стратегии России до 2020 г. (2001) потенциал организационно-технологических мер экономии энергоресурсов на начало 2000 г. оценивался в диапазоне 360–430 млн т у.т. в год в зависимости от освоенных отечественной (нижнее значение) и мировой (верхнее значение) практикой прогрессивных норм расхода энергоресурсов⁶. В Энергетической стратегии России до 2030 г. (2009) не дается прямой количественной оценки этого потенциала, говорится только, что он составляет до 40 % объема внутреннего энергопотребления⁷. Если за базу (как это сделано для многих показателей Стратегии) принять 2005 г., то его величина составит 377–389 млн т у.т. (при различных оценках объема внутреннего энергопотребления в 2005 г.).

Сценарий «Европейская Россия». Прямым следствием утилизации тепла в Европейской России является ослабление напряженности теплового баланса и уменьшение генерации тепловой энергии в регионе (см. строку 1 табл. 4). Непосредственно механизм межотраслевых связей и взаимодействий запускается в энергетике. Из-за снижения потребности в тепловой энергии и расширения выбора генерирующих источников вследствие снижения уровня загрузки мощностей происходит сокращение интенсивности функционирования газовых ТЭЦ в регионе. В связи с этим сокращаются поставки газа трубопроводным транспортом из Тюменской области. В целом в РФ происходит снижение добычи природного газа за счет уменьшения добычи в Тюменском регионе. В то же время увеличиваются поставки угля в регион из Сибири, который используется для развития более дешевой угольной энергетики, в частности увеличивается выпуск тепла и электроэнергии на угольных ТЭЦ. В целом уровень функционирования энергетики в регионе снижается не только за счет сокращения производства тепла, но и электроэнергии. Часть этого снижения обеспечивается благодаря росту энергетической нагрузки на соседний Уральский регион: там увеличивается производство электроэнергии и тепла на угольных ТЭЦ и соответственно сокращаются поставки электроэнергии в регион из Европейского региона.

Высвобождающиеся из энергетики ресурсы Европейской России расходуются на экономику региона, что обеспечивает приросты производства широкого круга отраслей и секторов. Значимые приросты производства (от 17 млн руб. и выше) произошли в 24 отраслях из 45. В то же время в 7 отраслях имело место снижение объемов производства (в энергетике, строительстве, газопроводном транспорте, энергетическом машиностроении, переработке угля, химическом производстве). Перечислим в порядке убывания положительных приростов первые 10 отраслей, которые обеспечивают 78,5 % общего (положительного) прироста производства в регионе: торговля, общее машиностроение, нефтепереработка, готовые металлические изделия, прочие минеральные продукты, государственное управление, социальные услуги (здравоохранение и образование), руды черных металлов, операции с недвижимостью.

Прирост производства в регионе оказывается более чем в 2 раза выше прироста внутреннего спроса (см. строки 6 и 7 табл. 4). Это означает, что регион начинает больше вывозить и меньше ввозить (в частности, меньше ввозится топлива и продуктов его переработки). Следствием роста производства является рост ВРП региона и ВВП страны в целом (суммы ВРП регионов) по сравнению с ЦВ. Прирост ВРП Европейской России составляет 54 % от общего прироста ВВП страны (см. строку 3 табл. 4).

Если проранжировать отрасли региона, в которых произошли приросты, по уровню энергоемкости, то в этом перечне окажутся как энергоемкие отрасли (нефтепереработка, руды черных металлов, производство резиновых и пластмассовых изделий), так и неэнергоемкие (торговля, отрасли социальных и государственных услуг, общее машиностроение и т. д.).

⁶ См.: Основные положения Энергетической стратегии России... С. 24, 26.

⁷ Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-п. URL: <http://www.worldenergy.ru/pdf/ES2030.pdf>

Таблица 3

Соизмерение интегральных эффектов по трем критериям в шести региональных сценариях (в ценах 2007 г.)

Наименование сценария	Европейская Россия	Западная Сибирь	Восточная Сибирь	Дальний Восток	Тюменская обл.	Урал
1. Прирост ВВП на единицу утилизированного тепла, руб./Гкал	1 757	2 880	2 394	2 344	3 043	2 921
Ранг эффекта *	6	3	4	5	1	2
2. Прирост потребления домашних хозяйств на единицу утилизированного тепла, руб./Гкал	1 242	1 407	1 837	1 131	1 267	1 411
Ранг эффекта *	5	3	1	6	4	2
3. Прирост экономии ТЭР на единицу утилизированного тепла, т у.т./т у.т.	3,4	1,1	3,7	1,1	0,9	2,2
Ранг эффекта *	2	4	1	4	5	3
4. Сумма рангов по трем критериям	13	10	6	15	10	7

* Большему рангу соответствует меньший эффект.

Таблица 4

Интегральный и региональные приросты отпуска тепла, экономии ТЭР, ВРП и других макропоказателей (по отношению к Центральному варианту решения ОМММ-ТЭК) при утилизации 17,3 млн Гкал тепла в регионах «Европейская Россия» и «Западная Сибирь» (в ценах 2007 года)

Показатели	Европейская Россия	Западная Сибирь	Восточная Сибирь	Дальний Восток	Тюменская обл.	Урал	РФ
Сценарий «Европейская Россия»							
1. Сокращение (-), прирост (+) отпуска тепла, млн Гкал	-5,0	-0,001	0,1	0,01	-0,3	1,4	-3,8
2. Прирост ВРП, млн руб.	16 484	-3 554	-3 398	-1 402	-2 234	24 531	30 427
3. Доля региона в приросте ВВП, %	54,2	-11,7	-11,2	-4,6	-7,3	80,6	100
4. Прирост экономии ТЭР, млн т у.т.	4,6	-0,9	-0,3	0,06	0,18	3,8	8,3
5. Доля региона в интегральном приросте экономии ТЭР, %	55,4	-1,1	-3,5	0,7	2,2	46,3	100
6. Прирост производства, млн руб.	18 003	-9 551	-3 767	-4 195	-7 128	53 030	46 391
7. Прирост внутреннего спроса, млн руб.	8 278	-2 917	-775	-1 957	-12 290	56 052	46 391 *
Сценарий «Западная Сибирь»							
1. Сокращение (-), прирост (+) отпуска тепла, млн Гкал	1,7	-3,1	0,1	0,04	-0,3	0,2	-1,4
2. Прирост ВРП, млн руб.	32 695	13 343	-2 561	-709	-772	7 878	49 874
3. Доля региона в приросте ВВП, %	65,6	26,8	-5,1	-1,4	-1,5	15,8	100
4. Прирост экономии ТЭР, млн т у.т.	0,9	1,4	-0,07	-0,003	-0,2	0,7	2,7
5. Доля региона в интегральном приросте экономии ТЭР, %	32,0	51,7	-2,5	-0,1	-7,5	26,3	100
6. Прирост производства, млн руб.	64 463	21 087	-2 826	-1 998	-4 714	14 316	90 327
7. Прирост внутреннего спроса, млн руб.	64 351	18 431	-119	-727	-4 724	13 115	90 327 *

* Внешний спрос фиксирован во всех сценариях на уровне Центрального варианта.

Вектор общей энергоемкости в результате структурных сдвигов в регионе (роста одних производств и сокращения других) смещается в сторону снижения (по сравнению с ЦВ), что находит выражение в абсолютном уменьшении потребления ТЭР в регионе, доля которого в общем сокращении потребления ТЭР страны составляет 58 % (см. строку 3 табл. 1).

На основе данных табл. 1 и 2, полученных по результатам оптимизационных расчетов, в табл. 3 сведены и проранжированы показатели народнохозяйственной эффективности (показатели интегральных эффектов). Из нее следует, что реакция экономики на утилизацию в Европейском регионе относительно незначительной величины тепла (1,2 % от выпуска в регионе в ЦВ, см. строку 1 табл. 1) по совокупности региональных социально-экономических условий, а также по результатам межрегиональных взаимодействий материально-вещественных потоков выражается в самом низком значении интегрального показателя эффективности по критерию ВВП (из шести сценариев): его величина в 1,6 раза, а ранг в 2 раза ниже, чем величина и ранг аналогичного показателя в сценарии «Западная Сибирь». По критерию потребления домашних хозяйств значение интегрального показателя эффективности также является очень низким (пятое место из шести): его величина в 1,13 раза ниже, чем величина аналогичного показателя в сценарии «Западная Сибирь». В то же время сценарий «Европейская Россия» характеризуется высоким значением показателя по критерию экономии ТЭР (второе место из шести): его величина в 3 раза, а ранг в 2 раза выше, чем величина и ранг аналогичного показателя в сценарии «Западная Сибирь».

Специфика последнего интегрального показателя состоит в том, что он, являясь суммой региональных показателей, имеет синтетический характер, так как формируется под воздействием изменения всех региональных энергоемкостей ВРП (натурально-стоимостных показателей) и самих ВРП всех регионов (стоимостных показателей) (см. формулу (1)). Поэтому если в процессе оптимального перераспределения высвобождаемых в результате утилизации тепла в данном регионе ресурсов снижается уровень энергоемкости в другом регионе и одновременно усиливается (в другом регионе) производственная специализация по ряду конкурентоспособных отраслей и, как итог, увеличивается ВРП другого региона, то это будет отражено как составная часть эффекта в интегральном показателе экономии ТЭР исходного региона, где был задан начальный импульс.

Так, в первой части табл. 4 показано, что прирост экономии в самом Европейском регионе составляет больше половины общего прироста (55 %), возникающего по цепочкам межотраслевых и межрегиональных связей в масштабе страны. Сопоставимый прирост экономии приходится на соседний регион – Урал (46 %). Заметим, что в сумме оба прироста превышают 100 % за счет возникающих отрицательных приростов в двух других регионах (Западная и Восточная Сибирь).

Сценарий «Западная Сибирь». В табл. 1–4 представлены результаты расчетов по второму детально анализируемому сценарию, в соответствии с которым в регионе реализуется целевая установка на утилизацию 10 % вырабатываемого тепла (от уровня ЦВ). Это тяготеющая к средней величина между самым малым (1,2 % в Европейской России) и самым большим (22,5 % в Тюменской области) уровнями утилизации (см. строку 1 табл. 1). Прямым следствием утилизации тепла в Западносибирском регионе в размере 17,3 млн Гкал является ослабление напряженности теплового баланса и уменьшение генерации тепловой энергии в регионе на значительно меньшую, чем размер утилизации, величину (3,1 млн Гкал, или 18 % от объема утилизируемого тепла). Еще меньше снижается отпуск тепла в масштабе страны – на 1,4 млн Гкал (см. табл. 4).

Непосредственно механизм межотраслевых связей и взаимодействий, вызванных утилизацией тепла, запускается в энергетике. Из-за снижения потребности в тепловой энергии и расширения выбора генерирующих источников вследствие снижения уровня загруженности энергетических мощностей в регионе происходит сокращение интенсивности функционирования угольных ТЭЦ, крупных угольных и газовых котельных, мелких угольных котельных, автономных источников теплоснабжения, работающих на газе. В целом уровень функционирования энергетике в регионе снижается не только вследствие уменьшения производства тепла, но и электроэнергии. Часть этого снижения обеспечивается за счет роста энергетической нагрузки на Европейскую Россию и соседний Уральский регион: там увеличивается производство электроэнергии и тепла на угольных и газовых ТЭЦ и соответственно

увеличиваются поставки в сибирский регион электроэнергии по направлению Европа – Урал – Тюменская область – Западная Сибирь.

Высвобождающиеся из энергетики ресурсы расходуются в тех отраслях экономики, которые наиболее конкурентны для данного региона. Перечислим в порядке убывания все отрасли (их десять), в которых имели место положительные приросты производства: сельское хозяйство, неспециализированный транспорт, кроме железнодорожного, железнодорожный транспорт, нефтепроводный транспорт, государственное управление, социальные услуги (здравоохранение и образование), торговля, финансовая деятельность, связь, гостиницы и рестораны. Причем продукция сельского хозяйства занимает определяющее место в общем положительном приросте производства региона (89 %). Одновременно в восьми отраслях происходило снижение производства (по сравнению с ЦВ): кроме двух отраслей энергетики это строительство, операции с недвижимым имуществом, газопроводный транспорт, сбор, очистка и распределение воды, производство, передача и распределение газа, прочие социальные услуги.

Общий прирост производства в регионе на 87 % осуществляется за счет роста внутреннего спроса и на 13 % – за счет роста активного сальдо перевозок: вывоз из региона увеличивается в большей степени, чем ввоз в регион. Следствием роста производства в регионе является рост ВРП и суммарного ВРП страны по сравнению с ЦВ. В приросте ВРП Западной Сибири, если рассматривать его по элементам конечного использования, 65 % составляет прирост инвестиций, 13 % – прирост потребления домашних хозяйств и 20 % – активное сальдо вывоза-ввоза, которые вместе объясняют 97 % прироста ВРП. Наоборот, в сценарии «Европейская Россия» прирост ВРП в регионе утилизации на 96 % объясняется ростом потребления домашних хозяйств, а прирост инвестиций в основной капитал региона является отрицательной величиной.

Во второй части табл. 4 показано, что доля сибирского региона в суммарном приросте ВРП (ВВП) составляет всего 27 %, а Европейской России – 66 %. В то же время в 3 регионах из 6 приросты ВРП отрицательны. В рассмотренном ранее сценарии «Европейская Россия» ситуация аналогична: наибольшая доля прироста суммарного ВРП (ВВП) (81 %) приходится не на регион, в котором осуществляется утилизация тепла, а на соседний – Урал, а отрицательные приросты ВРП наблюдаются в 4 регионах из 6 (см. табл. 4). Таким образом, разнообразие региональных условий производства и потребления (в частности региональные различия в материалоемкости, энергоёмкости, трудоёмкости, капиталоемкости производства), а также значительная роль транспортного фактора приводит к таким структурным сдвигам, в результате которых в интегральном эффекте по критерию ВРП, получаемом от утилизации тепла в регионе r , доля этого региона не обязательно является максимальной (см. строку 2 табл. 2 и строки 2 и 3 табл. 4).

Применим формулу (2) расчета экономии ТЭР в формате рассматриваемых сценариев для региона с отрицательным или положительным приростом экономии:

$$\begin{aligned} eco^{r'} - eco^r &< 0 \\ &> 0 \end{aligned} \quad (3)$$

где $eco^{r'}$ – годовая экономия ТЭР в регионе r в сценарии с утилизацией тепла;

eco^r – годовая экономия ТЭР в регионе r в ЦВ решения модели.

Тогда соотношение факторов, формирующих отрицательный или положительный прирост экономии по сравнению с ЦВ, можно представить по формуле (2) в виде следующих неравенств:

$$\begin{aligned} (ener^{or} - ener^{Tr}) \times vrp^{Tr} - (ener^{or} - ener^{Tr'}) \times vrp^{Tr'} &> 0 \\ &< 0 \end{aligned} \quad (4)$$

где $ener^{0r}$ – энергоёмкость валового регионального продукта (ВРП) региона r в базовом году;

$ener^{Tr}$ – энергоёмкость ВРП региона r в последнем году прогнозного периода в ЦВ;

$ener^{Tr'}$ – энергоёмкость ВРП региона r в последнем году прогнозного периода в сценарии с утилизацией тепла;

vrp^{Tr} – физический объем ВРП региона r в последнем году прогнозного периода в ЦВ;

vrp^{Tr} – физический объем ВРП региона r в последнем году прогнозного периода в сценарии с утилизацией тепла.

Вернемся к соизмерению интегральных эффектов в двух рассматриваемых сценариях. Значения интегрального эффекта от утилизации тепла в Западной Сибири по критериям ВВП и потребления домашних хозяйств заметно выше, чем от утилизации в Европейской России, тогда как по критерию экономии ТЭР в 3 раза ниже, чем в сравниваемом сценарии (см. табл. 3). Причина такого расхождения состоит в особенности формирования третьего критерия, а именно в том, что абсолютный прирост экономии в самом регионе, где осуществляется утилизация, в сценарии «Европейской России» оказывается намного выше (в 3,3 раза), чем в сценарии «Западной Сибири». При этом доли обоих регионов в интегральной экономии (т. е. экономии в масштабе страны) довольно близки – 54 и 52 % (см. табл. 4). Для пофакторного объяснения прироста экономии преобразуем выражение (4) для регионов Европейская Россия и Западная Сибирь в одноименных сценариях следующим образом:

$$\begin{aligned}\Delta eco^E &= \Delta ener^{E'} \times (vrp^{TE} + \Delta vrp^{TE}) - \Delta ener^E \times vrp^{TE}; \\ \Delta eco^{ZS} &= \Delta ener^{ZS'} \times (vrp^{TZS} + \Delta vrp^{TZS}) - \Delta ener^{ZS} \times vrp^{TZS}.\end{aligned}$$

Приведем подобные:

$$\Delta eco^E = \Delta ener^{E'} \times \Delta vrp^{TE} + vrp^{TE} \times (\Delta ener^{E'} - \Delta ener^E); \quad (5)$$

$$\Delta eco^{ZS} = \Delta ener^{ZS'} \times \Delta vrp^{TZS} + vrp^{TZS} \times (\Delta ener^{ZS'} - \Delta ener^{ZS}). \quad (6)$$

Здесь Δeco^E и Δeco^{ZS} – приросты годовой экономии ТЭР (по сравнению с ЦВ) в Европейской России и Западной Сибири в одноименных сценариях;

$\Delta ener^{E'}$ и $\Delta ener^{ZS'}$ – разности между энергоемкостью ВРП базового и последнего года прогнозного периода в Европейской России и Западной Сибири в одноименных сценариях;

$\Delta ener^E$ и $\Delta ener^{ZS}$ – разности между энергоемкостью ВРП базового и последнего года прогнозного периода в Европейской России и Западной Сибири в ЦВ;

vrp^{TE} и vrp^{ZS} – физические объемы ВРП Европейской России и Западной Сибири в последнем году прогнозного периода в ЦВ;

Δvrp^{TE} и Δvrp^{ZS} – приросты физических объемов ВРП Европейской России и Западной Сибири в последнем году прогнозного периода в соответствующих сценариях по сравнению с ЦВ.

Для любого региона r , используя обозначения из формул (1), (3)–(6), прирост годовой экономии в обобщенном виде можно представить как

$$\Delta eco^r = \Delta ener^{r'} \times \Delta vrp^{Tr} + vrp^{Tr} \times (\Delta ener^{r'} - \Delta ener^r). \quad (7)$$

В выражениях (6) и (7) прирост экономии представлен как функция следующих переменных величин, полученных по результатам трех оптимальных решений (ЦВ и двух сценариев): приростов энергоемкостей (ВРП), приростов объемов ВРП, уровней (объемов) ВРП, полученных в Центральном варианте, и разностей приростов энергоемкостей (ВРП). Из (6) и (7) также следует, что прирост экономии в регионе утилизации есть сумма двух слагаемых. Первое слагаемое зависит только от приростных величин: величины изменения энергоемкости ВРП за период и прироста ВРП в соответствующих сценариях. Второе слагаемое зависит, с одной стороны, от достигнутого в ЦВ в последнем году прогнозного периода абсолютного физического объема ВРП, с другой – от разности приростных величин энергоемкостей (от «разности разностей»).

В табл. 5 представлен расчет количественных соотношений факторов экономии в двух рассматриваемых регионах утилизации. Из нее и табл. 4 видно, что, хотя величина суммарного прироста ВРП в сценарии «Западная Сибирь» выше, чем в сценарии «Европейская Рос-

Таблица 5

Количественные оценки факторов прироста экономики ТЭР в регионах утилизации в сценариях «Европейская Россия» и «Западная Сибирь», рассчитанные по формулам (5) и (6), в ценах 2007 года

Показатели	Европейская Россия	Западная Сибирь
1. Объемы ВРП в Центральном варианте в последнем году прогнозного периода, млрд руб.	30 743	2 424
1.1. Соотношение физических объемов ВРП в последнем году прогнозного периода, в разах	12,7	1
2. Приросты ВРП по отношению к ЦВ, млн руб.	16 484	13 343
2.1. Соотношение приростов ВРП, в разах	1,24	1
3. Величины изменения энергоемкостей ВРП за прогнозный период, т у.т./руб.	0,0096	0,0048
3.1. Соотношение величин изменения энергоемкостей ВРП, в разах	2,01	1
4. Разности разностей энергоемкостей ВРП, т у.т./руб.	0,00014	0,00055
4.1. Соотношение разностей разностей энергоемкостей ВРП, в разах	0,26	1
5. Первое слагаемое в формулах (5) и (6) прироста экономики, млн т у.т.	0,16	0,06
5.1. Соотношение первых слагаемых, в разах	2,47	1
6. Второе слагаемое в формулах (5) и (6) прироста экономики, млн т у.т.	4,44	1,33
6.1. Соотношение вторых слагаемых, в разах	3,33	1
7. Прирост экономики как сумма двух слагаемых, млн т у.т.	4,60	1,40
7.1. Соотношение приростов экономий, в разах	3,29	1
8. Вклад первого слагаемого в прирост экономики в регионе, %	3,4	4,6
9. Вклад второго слагаемого в прирост экономики в регионе, %	96,6	95,4

сия», прирост ВРП в самом регионе утилизации существенно ниже. Преимущественно моноотраслевой характер структурных сдвигов в сибирском регионе (в пользу материалоемкого сельского хозяйства) и незначительная доля других отраслей в приросте ВРП ограничивают величину этого прироста. Напротив, такую же долю в общем положительном приросте производства региона (и соответственно ВРП), которую обеспечивает сельское хозяйство в сценарии «Западная Сибирь» (89 %), в сценарии «Европейская Россия» обеспечивают 13 отраслей с различной материалоемкостью и, следовательно, с различной долей добавленной стоимости, что и определяет больший потенциал ее роста в регионе.

Другой сомножитель первого слагаемого в выражениях (5) и (6) – величина изменения энергоемкости за прогнозный период (разность между энергоемкостью ВРП базового и последнего года) в Западной Сибири также меньше, чем в Европейской России (см. строку 3 табл. 5). Это не означает, что динамика снижения энергоемкости ВРП в Европейской России оказывается выше в результате утилизации тепла. В данных расчетах ее (динамики) преобладание получено еще при формировании Центрального варианта. Напротив, в результате утилизации тепла в Западной Сибири, энергоемкость здесь снижается больше, чем при утилизации тепла в Европейской России (см. строку 4 табл. 5). Вклад первого слагаемого в прирост экономики в регионе утилизации составляет в сценариях «Европейская Россия» и «Западная Сибирь» 3,4 и 4,6 % соответственно (см. строку 8. табл. 5).

При расчете прироста экономики за счет второго слагаемого получаем, что абсолютный физический объем ВРП в Европейской России в последнем году прогнозного периода по ЦВ был в 12,7 раза выше, чем в Западной Сибири (см. строку 1.1 табл. 5). Второй сомножитель

второго слагаемого в (5) и (6) – это разность приростных величин энергоемкостей ВРП (разность разностей). Здесь первая приростная величина – это разность между энергоемкостью ВРП базового и последнего года прогнозного периода в сценарии, а вторая – это разность между энергоемкостью ВРП базового и последнего года в ЦВ. Разность разностей есть не что иное, как величина изменения энергоемкостей, полученная в результате утилизации тепла в регионе. В обоих рассматриваемых (и в остальных четырех) сценариях эта величина положительна (т. е. в регионе утилизации всегда происходит снижение энергоемкости), но в «Западной Сибири» она почти в 4 раза больше (см. строку 4.1 табл. 5). Перемножение объема ВРП и разности разностей энергоемкостей дает величину превышения «Европейской России» над «Западной Сибирью» по второму слагаемому – 3,3 раза. В целом вклад второго слагаемого в прирост экономии в регионе утилизации имеет определяющий характер и составляет в сценариях «Европейская Россия» и «Западная Сибирь» 96,6 и 95,4 % соответственно. В остальных четырех сценариях доля второго слагаемого в приросте экономии в регионах утилизации варьируется от 74 («Урал») до 98 % («Дальний Восток»).

Существенна роль и других регионов в формировании интегрального эффекта (см. строку 4 табл. 1 и строку 5 в табл. 4). В сценарии «Европейская Россия» доля других регионов (т. е. тех, где утилизация не осуществляется) в общем приросте экономии ТЭР составляет 45 %, в сценарии «Западная Сибирь» – 48 %. В остальных сценариях доля других регионов значительно меньше. Наибольшую сопряженность в приросте интегральной экономии в сценарии «Европейская Россия», как отмечалось ранее, показывает соседний Урал (46 %), а в сценарии «Западная Сибирь» – Европейская Россия (32 %) и Урал (26 %) (см. строки 5 табл. 4). Хотя в сибирском сценарии сумма приростов экономий ТЭР, полученная в двух последних регионах, в абсолютном выражении превосходит величину экономии, полученную в самой Западной Сибири, следует иметь в виду, что мультипликативный эффект, выражающийся в соотношении регионального (в регионе утилизации) и интегрального (по сумме всех регионов) эффекта включает и отрицательные эффекты. Так, в 2 регионах (Западная и Восточная Сибирь) в сценарии «Европейская Россия» и в 3 регионах (Восточная Сибирь, Дальний Восток, Тюменская область) в сценарии «Западная Сибирь» прирост экономии является отрицательной величиной. В целом доля региональных отрицательных приростов в интегральном приросте экономии в первом сценарии составляет около 5 %, во втором – 10 % (см. строку 5 в обеих частях табл. 4).

При рассмотрении прироста экономии (в регионах, где утилизация не осуществлялась) по факторам для сценария «Западная Сибирь» отметим следующие особенности. В соответствии с формулой расчета прироста экономии (5), которую применим к Европейской России, за счет первого слагаемого, учитывающего прирост ВРП, а также общую (т. е. включающую как тренд ЦВ, так и эффект сценария) величину снижения энергоемкости ВРП, прирост экономии составил 36 % (см. строку 7 второй части табл. 6). Напомним, что в регионе утилизации (Западной Сибири) доля этого слагаемого достигает всего 4,6 %. В то же время энергоемкость ВРП Европейской России в результате утилизации тепла в Западной Сибири мало изменилась (по отношению к ЦВ), что отражено в малом значении сомножителя второго слагаемого – разности приростов энергоемкостей (разности разностей) (см. строку 3 второй части табл. 6). За счет малой величины приростного сомножителя второго слагаемого, который в 28 раз меньше, чем аналогичный показатель в регионе утилизации, доля второго слагаемого в приросте экономии Европейской России в сценарии «Западная Сибирь» составила всего 64 %, тогда как в регионе утилизации доля этого слагаемого достигает 95,4 %. (см. строку 8 второй части табл. 6).

Вторым регионом сопряжения по доле в приросте интегральной экономии ТЭР в сценарии «Западная Сибирь» после Европейской России является Урал. Разлагая прирост экономии в уральском регионе по факторам и давая им количественную оценку по формуле (7), получим, что доля прироста ВРП Урала в интегральном приросте ВРП (ВВП) существенна и составляет почти 16 %, что меньше, чем в регионе утилизации и в Европейской России (см. строку 3 второй части табл. 4). В то же время Урал характеризуется максимальной среди шести регионов величиной изменения энергоемкости за прогнозный период (см. строку 1 второй части табл. 6). Поэтому благодаря последнему фактору Урал по величине первого

Таблица 6

Количественные оценки факторов прироста экономии ТЭР в сценариях «Европейская Россия» и «Западная Сибирь», рассчитанные по формулам (5)–(7), в ценах 2007 года

Показатель	Европейская Россия	Западная Сибирь	Восточная Сибирь	Дальний Восток	Тюменская обл.	Урал
Сценарий «Европейская Россия»						
1. Величины изменения энергоемкостей ВРП за прогнозный период, т у.т./руб.	0,0096	0,0042	0,0062	0,0005	0,0050	0,0114
2. Первое слагаемое в формулах (5)–(7), млн т у.т.	0,16	–0,01	–0,02	–0,0007	–0,011	0,28
3. Разности разностей энергоемкостей ВРП, т у.т./руб.	0,00014	–0,00003	–0,00011	0,00003	0,00006	0,00143
4. Второе слагаемое в формулах (5)–(7), млн т у.т.	4,44	–0,07	–0,27	0,061	0,19	3,56
5. Прирост экономии как сумма двух слагаемых, млн т у.т.	4,60	–0,09	–0,29	0,060	0,18	3,84
7. Вклад первого слагаемого в прирост экономии в регионе, %	3,4	16,7	7,2	–1,2	–6,2	7,3
8. Вклад второго слагаемого в прирост экономии в регионе, %	96,6	83,3	92,8	101,2	106,2	92,7
Сценарий «Западная Сибирь»						
1. Величины изменения энергоемкостей ВРП за прогнозный период, т у.т./руб.	0,0095	0,0048	0,0063	0,0005	0,0049	0,0102
2. Первое слагаемое в формулах (5)–(7), млн т у.т.	0,31	0,06	–0,02	–0,0003	–0,004	0,08
3. Разности разностей энергоемкостей ВРП, т у.т./руб.	0,000018	0,00055	–0,00002	–0,000001	–0,00006	0,00025
4. Второе слагаемое в формулах (5)–(7), млн т у.т.	0,56	1,33	–0,05	–0,003	–0,20	0,63
5. Прирост экономии как сумма двух слагаемых, млн т у.т.	0,87	1,40	–0,07	–0,003	–0,20	0,71
7. Вклад первого слагаемого в прирост экономии в регионе, %	35,5	4,6	24,3	10,3	1,9	11,3
8. Вклад второго слагаемого в прирост экономии в регионе, %	64,5	95,4	75,7	89,7	98,1	88,7

слагаемого превосходит регион утилизации, хотя и уступает Европейской России (см. строку 2 второй части табл. 6). По величине второго слагаемого Урал уже превосходит Европейскую Россию.

Действительно, по решению ОМММ-ТЭК физический объем ВРП Урала в последнем году прогнозного периода в ЦВ оказывается всего на 3 % больше уровня Западной Сибири, который в свою очередь почти в 13 раз меньше уровня Европейской России (см. 1.1 табл. 5). С другой стороны, величина разности приростов энергоемкостей (разность разностей) в случае Урала больше разности приростов в случае Европейской России почти в 14 раз (см. строку 3 второй части табл. 6). Иначе говоря, для сценария «Западная Сибирь» характерна следующая последовательность в поведении фактора снижения энергоемкости ВРП вследствие утилизации тепла: максимальное снижение в регионе утилизации, существенное снижение на Урале и минимальное снижение в Европейской России. За счет заметной величины приростного сомножителя второго слагаемого доля последнего в общем приросте экономии ТЭР Урала в сценарии «Западная Сибирь» составила 88,7 %. Напомним, что в Европейской России доля этого слагаемого достигает всего 64 % (см. строку 8 второй части табл. 6).

Заключение

В статье представлено описание потенциальных макроэкономических эффектов, возникающих в результате утилизации тепловой энергии в конкретных региональных условиях. Эти эффекты моделируются с использованием инструментария ОМММ-ТЭК в серии прогнозных сценарных расчетов. Суть примененного методического подхода, который может быть реализован в рамках специализированной оптимизационной межотраслевой межрегиональной модели, заключается в определении интегральных макроэкономических эффектов, возникающих в масштабе страны, как следствие утилизации тепла в отдельном регионе. Эффекты определяются в виде абсолютных приростов по ряду выбранных макропоказателей, измеряемых в стоимостной или натуральной форме, которые (приросты) возникают по отношению к некоторому стационарному состоянию (ЦВ решения модели), в котором утилизация не осуществляется. Представим некоторые выводы и обобщения.

- Основной содержательный результат состоит в том, что рассмотренный уровень утилизация тепла, осуществленный в каком-то одном из регионов РФ (как самостоятельный сценарий), вызывает через механизмы межотраслевых и межрегиональных материально-вещественных связей изменения отраслевых и макроэкономических показателей во всех остальных регионах в разной степени. Поэтому результаты мультипликативных эффектов, выражаемые в отслеживаемом интегральном макроэкономическом показателе, существенно различаются при одинаковом начальном импульсе, задаваемом последовательной утилизацией тепла в каждом из регионов.

- Интегральные эффекты, полученные (в результате утилизация тепла в каком-то одном регионе) по трем критериям (ВРП, потреблению домашних хозяйств и годовой экономии первичных энергетических ресурсов (ПЭР)) неоднозначны. Ранжирование эффектов по каждому критерию и по 6 регионам утилизации не всегда совпадает. Так, интегральный эффект от утилизация 17,3 млн Гкал тепловой энергии в Европейской России имеет 6-й ранг (занимает по величине эффекта последнее место среди шести сценариев утилизации) по критерию ВРП, 5-й ранг (предпоследнее место) по критерию потребления домашних хозяйств и второе место по критерию экономии ТЭР (см. табл. 3).

- Выбранный методический характер изложения результатов реализованных сценариев и проведенный анализ формирования макроэкономических оценок эффективности, в частности показателя экономии ТЭР, позволяют сделать вывод об относительном характере и большой зависимости этих оценок от начальных региональных условий социально-экономического развития, описываемых в ЦВ. Так, в выведенных нами выражениях для расчета региональных приростов экономии ТЭР (5)–(7) показана зависимость величины региональных приростов экономии ТЭР от уровней физических объемов ВРП, достигнутых в ЦВ, а также от динамики энергоемкости ВРП, полученной в ЦВ и выраженной через разность между энергоемкостью ВРП базового и последнего года прогнозного периода (см. второе слагаемое

в выражениях (5)–(7)). Поэтому выбор той или иной общеэкономической динамики⁸, складывающейся в соответствии с методологией моделирования ОМММ из динамики отдельных регионов, будет в значительной степени влиять на показатель интегральной экономики. Отсюда следует вывод о необходимости постоянного повышения качества исходных региональных прогнозов и соответствующей корректировки Центральных вариантов.

Список литературы

1. Гранберг А. Г. Оптимизация территориальных пропорций народного хозяйства. М.: Экономика, 1973. 188 с.
2. Сулов Н. И. Возобновляемые источники энергии в стране, где много традиционных энергоресурсов: еще о России // ЭКО. 2014. № 3. С. 69–88.
3. Чураиёв В. Н., Маркова В. М. Оценка потенциала теплосбережения: региональные особенности и возможности ТЭБ // IX Междунар. науч. конгресс и выставка «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013». Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью: Сб. материалов: В 4 т. Новосибирск, 2013. Т. 1. С. 114–119.
4. Современные проблемы энергетики / Под ред. Д. Г. Жимерина. М.: Энергоатомиздат, 1984. 230 с.
5. Бузулуцков В. Ф. Оценка экономики топливно-энергетических ресурсов с использованием модельного комплекса ОМММ // Экономическое развитие России: региональный и отраслевой аспекты: Сб. науч. тр. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2004. Вып. 5. С. 47–65.

Материал поступил в редколлегию 23.05.2014

N. I. Suslov, V. F. Buzulutskov

*Novosibirsk National Research State University
2 Pirogov Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation*

*Institute of Economics and Industrial Engineering of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences
17 Lavrentiev Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation*

nsus@ieie.nsc.ru, buzulu@ieie.nsc.ru

MODELLING OF POTENTIAL EFFECTS FROM UTILIZATION OF THERMAL ENERGY USING THE OMMM-TEK TOOLS

The paper analyzes the macroeconomic effects arising at the regional and national level as a result of the implementation of measures for heat recovery in some regions of the Russian Federation. Both national and regional reaction on the heat recovery are simulated using multi-regional I-O model of vector optimization with a detailed representation of the energy sector (OMMM-TEK). The role and the structure of the key indicator of efficiency – increase energy resources saving are considered in detail.

Keywords: factors of increase energy resources saving, GRP increase, integral and regional effects of heat recovery.

References

1. Granberg A. G. *Optimizatsiya territorialnykh proporsiy narodnogo hozyaystva*. [Optimization of Territorial Proportions of the National Economy]. Moscow, Ekonomika, 1973. 188 p. (in Russ.)

⁸ Напомним, что, например, в материалах при подготовке концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. (2008) рассматривалось три тренда общеэкономической динамики, охватывающих общий диапазон среднегодового темпа прироста ВВП от 3 до 7 %.

2. Suslov N. I. Vozobnovlyaemye istochniki energii v strane, gde mnogo tradicionnykh energoresursov: eshhyo o Rossii. [Renewable energy sources in the country, where many traditional energy resources: more about Russia]. *EKO*, 2014, no. 3, p. 69–88. (in Russ.)

3. Churashov V. N., Markova V. M. Otsenka potentsiala teplosberezheniya: regionalnyie osobennosti i vozmozhnosti TEB [Capacity assessment heat saving: regional peculiarities and possibilities of FEB]. *IX Mezhdunar. nauch. kongress i vystavka «Interexpo GEO-Sibir-2013». Ekonomicheskoe razvitie Sibiri i Dalnego Vostoka. Ekonomika prirodopolzovaniya, zemleustroystvo, lesoustroystvo, upravlenie nedvizhimostyu* [IX international scientific Congress and exhibition «Interexpo GEO-Siberia-2013». *Economic development of Siberia and the Far East. Environmental Economics, land management, forest management, property management*]. Novosibirsk, SGGA, 2013, vol. 1, p. 114–119. (in Russ.)

4. Zhimerin D. G. (ed.) *Sovremennyye problemy energetiki* [Modern Problems of Energetics]. Moscow, Energoatomizdat, 1984, 230 p. (in Russ.)

5. Buzulutskov V. F. Otsenka ekonomii toplivno-energeticheskikh resursov s ispolzovaniem modelnogo kompleksa OMMM [Assessment of saving fuel-energy resources with the use of model complex OMMM]. *Ekonomicheskoe razvitie Rossii: regionalnyj i otraslevoj aspekty* [Economic Development of Russia: Regional and Sectoral Aspects]. Novosibirsk, IEOPP SO RAN, 2004, iss. 5, p. 47–65. (in Russ.)