

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
**Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова**  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

**В.В. Клочков, С.В. Ратнер**

**УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ «ЗЕЛЕННЫХ»  
ТЕХНОЛОГИЙ: ЭКОНОМИЧЕСКИЕ  
АСПЕКТЫ**

Москва  
ИПУ РАН  
2013

УДК 330.34:338.2:504.03

ББК 20.1 + 65.05

К50

**Клочков, В.В.** Управление развитием «зеленых» технологий: экономические аспекты [Электронный ресурс]: монография / Клочков В.В., Ратнер С.В.// Ин-т проблем упр-ния им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук [сайт].– М.: ИПУ РАН, 2013. – Режим доступа URL: [http://www.ipu.ru/sites/default/files/page\\_file/GreenTech.pdf](http://www.ipu.ru/sites/default/files/page_file/GreenTech.pdf). – Также доступен на 1 электрон. опт. диске (CD-R). – Электрон. текстовые и граф. дан. (3,2 Мб).– Систем. требования: IBM PC, Internet Explorer, Acrobat reader 3.0 и выше.– Загл. с экрана. – № гос. регистрации 0321301152.– ISBN 978-5-91450-132-4

Монография посвящена экономическим аспектам управления развитием т.н. «зеленых» технологий, т.е. ресурсосберегающих технологий и технологий воспроизводства природных ресурсов. Проведен анализ социально-экономической эффективности и рисков их внедрения. Изучены механизмы, определяющие заинтересованность экономических субъектов во внедрении «зеленых» технологий, выбор между ресурсосбережением и повышением доступности ресурсов. Обоснована необходимость стимулирования разработки и внедрения «зеленых» технологий, выявлены наиболее эффективные механизмы такого стимулирования. Разработаны рекомендации в сфере государственного управления «зеленым» развитием российской экономики.

Изложенный материал может быть полезен инженерам, экономистам, экологам, руководителям предприятий и органов государственного управления, а также студентам, аспирантам, преподавателям и широкому кругу подготовленных читателей, интересующихся проблемами экономики природопользования и устойчивого развития.

Рецензенты:

Варшавский Л.Е., д.э.н., проф., гл. н.с. Центрального экономико-математического института РАН

Нижегородцев Р.М., д.э.н., проф., зав. лабораторией Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

**Утверждено к печати Редакционным советом Института**

Текст воспроизводится в виде, утвержденном

Редакционным советом Института

ISBN 978-5-91450-132-4

 ИНСТИТУТ  
ПРОБЛЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ 2013

## Оглавление

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>6</b>
<b>ГЛАВА 1. «ЗЕЛЕНЫЕ» ТЕХНОЛОГИИ: ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ</b> .....	<b>14</b>
1.1. ОБЗОР И КЛАССИФИКАЦИЯ «ЗЕЛЕННЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ	14
1.1.1. Обзор основных видов возобновляемых источников энергии .....	16
1.1.2. Проблемы измерения эффективности возобновляемых источников энергии .....	26
1.2. АНАЛИЗ РЫНКОВ И ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ «ЗЕЛЕННЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ .....	32
1.2.1. Место новых источников энергии в мировом энергетическом балансе .....	32
1.2.2. Инвестиции в новые энергетические технологии .....	34
1.2.3. Глобальный рынок ветровой энергии и оборудования для ветровой энергетики .....	37
1.2.4. Развитие солнечной энергетики .....	42
1.2.5. Развитие малой гидроэнергетики и геотермальной энергетики .....	47
1.2.6. Рынки биотоплива .....	55
1.2.7. Макроэкономические аспекты развития «зеленых» технологий .....	58
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1 .....	64
<b>ГЛАВА 2. КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РИСКОВ ВНЕДРЕНИЯ «ЗЕЛЕННЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ</b> .....	<b>66</b>
2.1. АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИЙ С УЧЕТОМ РЕСУРСНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ .....	66
2.1.1. Социально-экономическая сущность «зеленых» технологий .....	66
2.1.2. Технологические инновации и благосостояние .....	72
2.2. РИСКИ ВНЕДРЕНИЯ «ЗЕЛЕННЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ .....	79
2.2.1. Эффект рикошета и анализ его природы .....	83
2.2.2. Анализ социально-экономических предпосылок проявления эффекта рикошета .....	99

2.2.3. Анализ социально-экономических последствий эффекта рикошета .....	109
2.2.4. Классификация и управление рисками внедрения «зеленых» технологий .....	115
2.3. ВЫБОР ЭКОЛОГИЧЕСКИ И СОЦИАЛЬНО ЭФФЕКТИВНЫХ ПУТЕЙ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ .....	122
2.3.1. Выбор предпочтительных направлений инновационного развития с учетом экологических и социальных рисков .....	122
2.3.2. Рост нематериального сектора: конец ресурсных ограничений? .....	134
2.3.3. «Бережливые» инновации – путь к экологичному росту благосостояния .....	140
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2 .....	145

### **ГЛАВА 3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОТИВАЦИЯ И «ЗЕЛЕННЫЕ» ТЕХНОЛОГИИ ..... 148**

3.1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСОВ, ЭГОИЗМ И ОБЩЕСТВЕННЫЙ ВЫБОР .....	148
3.1.1. Феномен «ловушки эгоизма» .....	148
3.1.2. Упрощенная модель потребления благ и ресурсов при наличии технологий с различной ресурсоемкостью .....	153
3.1.3. Предпосылки и последствия «ловушки эгоизма» .....	159
3.1.4. Пути преодоления «ловушки эгоизма» .....	165
3.2. ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА МЕЖДУ СБЕРЕЖЕНИЕМ И ВОСПРОИЗВОДСТВОМ РЕСУРСОВ.....	176
3.2.1. Выбор между ресурсосбережением и воспроизводством ресурсов: «ловушка лидерства».....	177
3.2.2. Ресурсные ограничения, соперничество и сотрудничество .....	191
3.3. ЗАИНТЕРЕСОВАННОСТЬ БИЗНЕСА ВО ВНЕДРЕНИИ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ .....	199
3.3.1. Гипотеза Портера и целесообразность ужесточения экологических стандартов.....	199
3.3.2. Условия целесообразности досрочной замены долговечного оборудования .....	202
3.3.3. Взаимосвязь экономических и экологических аспектов досрочной замены долговечного оборудования .....	208
3.3.4. Экономическое обоснование задач государственной экологической политики на рынках долговечных изделий.....	213
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3 .....	215

<b>ГЛАВА 4. СТИМУЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ И ВНЕДРЕНИЯ «ЗЕЛЕННЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ.....</b>	<b>218</b>
4.1. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДА К РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИМ ТЕХНОЛОГИЯМ... 218	
4.1.1. Сравнительный анализ прямого налогообложения эксплуатации старой техники и налогообложения выбросов . 219	
4.1.2. Корректировка ставок экологических налогов с учетом «провалов государства» ..... 230	
4.1.3. Методические проблемы регулирования процессов обновления технологий и долговечного оборудования..... 235	
4.2. АНАЛИЗ МИРОВОГО ОПЫТА СТИМУЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ И ВНЕДРЕНИЯ «ЗЕЛЕННЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ.....	241
4.2.1 Мировая практика налогового стимулирования развития «зеленых технологий»..... 241	
4.2.2. Налоговое стимулирование исследований и разработок в сфере альтернативной энергетики ..... 250	
4.2.3. Опыт Германии по созданию рамочных условий для развития альтернативной энергетики..... 253	
4.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ МЕХАНИЗМОВ НАЛОГОВОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ ...	261
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4.....	277
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>278</b>
<b>БЛАГОДАРНОСТИ .....</b>	<b>280</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>281</b>

## Введение

В силу исключительной значимости глобальных ресурсных ограничений технологического и социально-экономического развития, значительная доля усилий ученых, инженеров, общественных деятелей в последние десятилетия направлена на разработку и внедрение ресурсосберегающих технологий, позволяющих снизить потребление ресурсов человечеством. В свою очередь, понятие «потребление ресурсов» здесь трактуется расширенно. Имеется в виду как непосредственно расходование биоресурсов, полезных ископаемых и др. природных ресурсов, так и производство отходов, загрязнение окружающей среды, создающее нагрузку на экосистемы. В последнем случае под ресурсами подразумеваются чистый воздух, пресная вода и т.п., способности окружающей среды перерабатывать антропогенные отходы<sup>1</sup>.

Однако ресурсосбережение не является единственным способом справиться с ограниченностью природных ресурсов – тем более, что результативность этого способа не беспредельна: невозобновляемые ресурсы все равно рано или поздно закончатся<sup>2</sup>. Второй путь, приобретающий все большую актуальность – освоить технологии расширенного воспроизводства ресурсов, в т.ч. и тех, которые традиционно считались невозобновляемыми. В последние годы эти две группы инновационных технологий все чаще объединяют термином «зеленые» технологии», т.е. дружественные по отношению к природе, см. [124]. Примерами «зеленых» инноваций первого и второго типов являются, соответственно, снижение удельного расхода топлива различными двигателями и переход к его возобновляемым источникам – на-

---

<sup>1</sup> Такой подход предлагается, например, в работе [78]. Он позволяет рассматривать, например, расходование полезных ископаемых и загрязнение окружающей среды с единых методологических позиций.

<sup>2</sup> Разумеется, можно построить прогнозы их исчерпания, согласно которым запасы будут стремиться к нулю асимптотически, однако полагаться на такой прогноз рискованно – в реальности всегда может найтись такое случайное возмущение, которое приведет к полному исчерпанию истощающихся ресурсов.

пример, к биотопливу и т.п. В обозримой перспективе именно «зеленые» технологии являются основным видом инновационных технологий в сфере материального производства, сопряженного с расходом ресурсов. Т.е. это одна из самых многочисленных групп технологических инноваций. В то же время, развитие таких технологий и их последующее внедрение требует значительных затрат.

С одной стороны, именно экономические факторы - повышение дефицитности ресурсов и их удорожание - заставляют искать пути «зеленого» технологического развития. С другой стороны, внедрение «зеленых» технологий порождает разнообразные социально-экономические эффекты и риски. «Зеленые» инновации – один из главных предметов интереса такой отрасли экономической науки, как *экономика природопользования*. Зачем понадобилась еще одна книга на эту тему?

В предлагаемой работе сделана попытка рассмотреть в комплексе экономические аспекты (как предпосылки, так и последствия) развития «зеленых» технологий с позиций теории управления в социально-экономических системах. Само слово «управление» в названии этой книги нуждается в пояснении.

Прежде всего, необходимо определиться с целями управления. Сбережение окружающей среды, снижение антропогенной нагрузки на природу не может быть основной или, тем более, единственной целью развития «зеленых» технологий – так же, как минимизация издержек не может быть генеральной целью предприятия. В обоих случаях такие цели приводят к вырожденным решениям. Как известно, минимум затрат, равный нулю, достигается при отсутствии производственной деятельности и самого предприятия. Аналогично, минимальное воздействие на природу человечество будет оказывать, лишь самоуничтожившись или, по крайней мере, вернувшись к образу жизни и – особо подчеркнем – к численности популяции своих далеких предков. В книге [29] приведены оценки численности диких животных, примерно подобных человеку по размерам, массе и т.п. - человекообразных обезьян, некоторых крупных хищников. Даже в благоприятные периоды их численность на Земле не

превосходила нескольких сотен тысяч, в крайнем случае – миллионов. Нынешняя численность человечества превосходит 7 млрд. человек, притом, что качество жизни даже беднейших из них все-таки, как правило, не ниже качества жизни животных в дикой природе. Возможностью столь значительного увеличения своей численности и повышения качества жизни человечество обязано именно своей целенаправленной хозяйственной деятельностью: вначале – земледелию, затем – промышленному производству, и т.п. Поэтому предложения «вернуться к природе» практически нереализуемы и неприемлемы с социальной точки зрения. Как метко выразился Станислав Ежи Лец в «Непричесанных мыслях»,

*«возврата в пещеры нет – нас слишком много».*

Следовательно, генеральная цель инновационного технологического развития должна учитывать как необходимость сохранения окружающей среды и интересы будущих поколений человечества, так и интересы нынешних поколений, необходимость обеспечения их благосостояния.

Состояние окружающей среды само по себе является важным фактором, определяющим благосостояние и качество жизни населения. И нередки примеры того, что стремление к максимизации одних лишь материальных показателей благосостояния приводит к снижению качества жизни населения, прежде всего, в экологическом отношении. Как справедливо отмечено в работе [61], характерной чертой общественно-экономического развития последних десятилетий является значительный рост экономического ущерба от ухудшения качества окружающей среды, природных и техногенных катастроф, к которым добавились бедствия, спровоцированные изменением климата.

В числе пионерских работ, в которых был высказан явным образом тезис о возможности развития за счет сокращения уровня использования природных ресурсов (при повышении эффективности их использования) – прежде всего, диссертация голландского экономиста *R. Hueting* [107]. В ней был сформулирован и обоснован принцип *«More welfare through less produc-*



tion», т.е. «большее благосостояние посредством меньшего объема производства». Также эти идеи развиты в работе [115], и др.

Таким образом, сами критерии экономического развития должны стать более «зелеными». Предпринимаются попытки модификации системы национальных счетов с учетом расхода и воспроизводства природного потенциала, расчеты разнообразных индексов уровня жизни в стране, учитывающих не только душевой ВВП, но и экологическую обстановку и т.п. На первый взгляд, в состав целевой функции управления просто необходимо, наряду с уровнем материального благосостояния общества, включить показатели состояния природы в стоимостной форме. Впрочем, ограниченность такого «чисто рыночного» подхода в современной экономике природопользования уже осознается. Так, в работе [69] подчеркивается, что рынок как таковой способен оценить – более или менее адекватно (о чем пойдет речь далее) – только экономические ресурсы, непосредственно задействованные в хозяйственном обороте. Следовательно, природа как целостная система экономику не интересует, и ухудшение ее состояния, исчерпание тех или иных природных ресурсов в принципе не получают должной денежной оценки. В связи с этим, мы полагаем, что критерий управления, конечно, не может быть скалярной величиной, выраженной в стоимостной форме – показатели материального благосостояния и экологические показатели следует рассматривать отдельно.

Кроме того, возникает вопрос: а следует ли вообще управлять развитием «зеленых» технологий? В рамках либерально-неоклассической парадигмы в экономической науке, основная роль в управлении социально-экономическими системами отводится рынку, рыночному механизму саморегулирования. Возможно, и в сфере сбережения и воспроизводства ресурсов действует волшебная «невидимая рука рынка», и нет необходимости чем-либо управлять? В этой связи необходимо упомянуть т.н. *теорию неисчерпаемости невозобновляемых ресурсов*, или *теорию «рога изобилия»*, наиболее последовательно изложенную в книге [72]. Согласно этой теории, рыночные силы предотвратят полное исчерпание любых ресурсов – даже невозобновляемых, поскольку удорожание последних по мере усиления

их дефицитности заставит сократить потребление, а также изыскать новые источники этих ресурсов.

Данная теория основана на естественном для классической экономической теории и ее современных версий постулате: рыночный ценовой механизм эффективно «транслирует» экономическим субъектам ограниченность ресурсов, в т.ч. природных, побуждая их принимать рациональные решения. Однако «невидимая рука рынка», на которой зиждется теория «рога изобилия», может и не сработать, поскольку потребление многих природных ресурсов (в особенности, если под ресурсами понимаются способности природы перерабатывать антропогенные выбросы) является практически бесплатным<sup>1</sup>, и порождает, главным образом, внешние эффекты (*экстерналии*), не находящие отражения в ценах. Именно на эти аспекты, в основном, обращают внимание в современном «мейнстриме» экономики природопользования.

На первый взгляд, даже с учетом указанной проблемы отсутствует необходимость целенаправленного управления и государственного вмешательства – следует лишь четко специфицировать права собственности, исключить бесконтрольное пользование бесплатными ресурсами, т.е. сформировать эффективный рынок. Однако на практике экологические внешние эффекты не поддаются полной интернализации на рыночной основе<sup>2</sup>, т.е. нанесенный ущерб никогда не будет полностью оценен и компенсирован – как отмечено в работе [54], хотя бы ввиду большого количества пострадавших сторон, высоких транзакционных затрат на их выявление и оценку ущерба, и т.п.

Подчеркнем, что «пострадавшей стороной» в экологических коллизиях часто выступают именно будущие поколения, что дополнительно затрудняет интернализацию негативных внешних эффектов. Горизонт планирования хозяйствующих

---

<sup>1</sup> В терминах институциональной экономической теории (см., например, [35]), такие блага обладают низкой *исключаемостью*, т.е. сложно воспрепятствовать пользоваться ими тем, кто не заплатил за это право.

<sup>2</sup> Проблемы полноты интернализации экологических внешних эффектов детально исследованы в работах [61, 83] и др.

субъектов существенно короче характерного периода проявления экологических воздействий. Следовательно, рынок, экономические стимулы в принципе не способны заставить бережно относиться к природе, поскольку это – требование, относящееся к будущим поколениям. Поэтому, как обосновано в работах [69, 70] и др., требования экологии должны быть надэкономическим императивом, и не следует сводить все экологические эффекты к стоимостной форме, хотя ухудшение состояния природной среды и наносит разным экономическим субъектам вполне конкретный финансовый ущерб.

И даже если бы рынки подавали своевременные и точные сигналы о предстоящем исчерпании ресурсов, «невидимая рука» может сработать слишком поздно, поскольку процессы смены соответствующих технологий чрезвычайно инертны, и вполне возможно, что до срабатывания рыночных механизмов каким-то видам ресурсов уже будет нанесен невосполнимый урон. Динамика пагубных процессов в сфере использования природных ресурсов может приобретать – и нередко действительно приобретает – необратимый характер.

Существуют и менее очевидные проблемы, которым в современной экономике природопользования уделяется, на наш взгляд, недостаточно внимания. Обычно важнейшей практической задачей в этой сфере считается коррекция отрицательных внешних эффектов, усиление платности использования природных ресурсов. Но даже в сфере использования платных ресурсов (при условии их адекватной оценки, т.е. при идеальной интернализации внешних эффектов), как будет показано далее, рыночные стимулы могут способствовать выбору опасных, с экологической или социальной точек зрения, направлений экономического развития.

Следует учитывать, что в реальности рыночные механизмы распределяют ограниченные ресурсы весьма неравномерно<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Причем, в силу наличия множества положительных обратных связей между богатством и доходом – нельзя утверждать, что такая неравномерность оправдана пропорциональным различием вклада разнород-

Как будет показано далее, нередко рыночные механизмы стимулируют развитие технологий в таких направлениях, что обеспеченность немногих ресурсами и производимыми на их основе благами исключает обеспечение ими большинства.

Общество далеко не однородно, и внедрение даже самых благотворных, на первый взгляд, «зеленых» инноваций может привести к неожиданным негативным последствиям для многочисленных социальных групп. Взаимодействие субъектов с различными интересами и свойствами может существенно повлиять на протекание процессов «зеленого» технологического развития.

Таким образом, по целому ряду объективных причин необходимо управлять развитием и внедрением «зеленых» технологий, и основным субъектом управления является государство (а также, возможно, негосударственные общественные институты).

Авторы задавались следующими основными вопросами:

- Какова роль «зеленых» технологий в решении важнейших проблем человечества? Как влияет распространение таких технологий на благосостояние различных социальных групп, стран и т.п.?
- С какими рисками экологического и социально-экономического характера сопряжено внедрение «зеленых» технологий, и как управлять этими рисками?
- Что полезнее и безопаснее, с социально-экономической точки зрения, и что более привлекательно для бизнеса – ресурсосбережение или воспроизводство ресурсов?
- Способствуют ли рыночная конкуренция и гедонистическое поведение людей выбору экологически и социально эффективных путей инновационного развития?

---

ных субъектов в общественное благосостояние. Т.е. в общем случае она может быть несправедливой – даже с точки зрения экономистов либерального направления.

- Необходима ли государственная поддержка развития и внедрения «зеленых» технологий, и если да, то в каких формах ее лучше оказывать?

На эти вопросы авторы пытаются получить ответы (конечно же, далеко не исчерпывающие) как путем анализа реальной практики развития и внедрения «зеленых» технологий, так и с помощью упрощенных экономико-математических моделей. Отличие авторского подхода от тех, что используются в громадном массиве работ на близкие темы (в основном, зарубежных), состоит в непосредственном учете технико-экономических факторов в экономических моделях. По убеждению авторов (выходцев из естественных и технических наук), корректный экономический анализ проблем технологического развития (в особенности, «зеленого») невозможен, если экономист будет представлять себе технологии, лишь как «черный ящик». Зачастую только понимание их физической и экологической сути позволяет сделать экономически содержательные выводы.

## **Глава 1. «Зеленые» технологии: тенденции развития и опыт внедрения**

### **1.1. ОБЗОР И КЛАССИФИКАЦИЯ «ЗЕЛЕННЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ**

Широкое использование термина «зеленые технологии» как в научной литературе, так и в повседневной жизни, привело в последние годы к некоторой девальвации его первоначального значения. Так, под термином «зеленый» сегодня может пониматься как высокотехнологичный способ генерации энергии из возобновляемых источников, так и старая традиция высадки деревьев вокруг жилища для того, чтобы получить тень и снизить температуру в доме в жаркую летнюю погоду.

Классификация «зеленых» технологий может быть весьма многообразной. Чаще всего в технических науках и в экологии она основывается на различиях в самих технологиях. Однако целью данной книги является изучение именно экономических аспектов развития «зеленых» технологий. Поскольку одна из главных проблем экономики – ограниченность ресурсов, в т.ч. природных, а «зеленые» технологии как раз и нацелены на решение этой проблемы, можно предложить следующие «экономические» категории классификации «зеленых» технологий:

- по способу преодоления ресурсных ограничений – ресурсосберегающие технологии и технологии воспроизводства ресурсов;
- по виду ресурсов, на сбережение или воспроизводство которых они нацелены. Помимо традиционного деления ресурсов на возобновляемые и невозобновляемые, а также конкретных видов этих ресурсов, здесь предлагается, вслед за работой [78] и др., рассматривать как собственно расходуемые ресурсы, так и способности природной среды поглощать антропогенные выбросы;
- по виду благ, в производстве которых они применяются (например, энергетические, транспортные; разнообразные про-

изводственные технологии, применяемые, например, в металлургии, химической промышленности и т.п.).

В табл. 1.1 приведены основные группы «зеленых» технологий, согласно первым двум категориям классификации.

**Таблица 1.1.**

**Классификация «зеленых» технологий**

Вид ресурсов	Ресурсосбережение	Воспроизводство ресурсов
Расходуемые ресурсы	Повышение эффективности генерации, передачи и использования энергии Снижение ресурсоемкости производственных технологий	Возобновляемые источники энергии, производство биотоплива Рециклирование конструкционных материалов
Поглощающие способности среды	Технологии сокращения вредных выбросов от тепловых двигателей Малоотходные и безотходные производственные технологии	Рекультивация и регенерация земель, лесов, акваторий и т.п.

При этом, поскольку расходование материальных ресурсов часто сопровождается и выбросами, некоторые группы инноваций, принадлежащих к различным категориям, очевидно, пересекаются. Например, экономия топлива в тепловых двигателях приводит и к сокращению выбросов парниковых газов<sup>1</sup>, и т.п. Малоотходные производственные технологии и повышение экономичности энергетического оборудования сокращают как расход различных материальных ресурсов, так и уровень вредных выбросов. Производство биотоплива, с одной стороны, позволяет воспроизводить углеводородное горючее, а с другой – поглощать выбросы CO<sub>2</sub><sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Экономические следствия одновременного снижения потребления ресурсов и уровня выбросов обсуждаются в п. 3.3.1.

<sup>2</sup> Впрочем, производство биотоплива может вносить негативный вклад в баланс производства и поглощения CO<sub>2</sub> – возникает т.н. проблема

В этой книге мы сконцентрируемся, в основном, на «зеленых» технологиях в таких отраслях, как транспорт, энергетика, строительство, на новых технологиях генерации энергии, формирующих новые сектора экономики – ветроэнергетику, солнечную энергетику, малую гидроэнергетику и геотермальную энергетику, а также на технологиях производства биотоплива и технологиях повышения энергоэффективности. В то же время, предлагаемые здесь подходы и модели, а также основные качественные выводы могут быть применены и в других отраслях, имеющих отношение к использованию и воспроизводству природных ресурсов.

### **1.1.1. Обзор основных видов возобновляемых источников энергии**

Ниже приведен обзор основных видов возобновляемых источников энергии, их технологической сущности и трендов развития технологий. Более подробную информацию можно почерпнуть, например, в обзорной работе [88] и др.

#### *Ветроэнергетика*

Частично терминология в области возобновляемой энергетики определяется серией государственных стандартов Российской Федерации, принятых в 1998-2000 гг. Так, согласно ГОСТ Р 51237-98, ветроэнергетика – это отрасль энергетики, связанная с разработкой методов и средств преобразования энергии ветра в механическую, тепловую или электрическую энергию. Данное преобразование осуществляется с помощью ветроэнергетических установок (ВЭУ), которые классифицируются:

- по виду вырабатываемой энергии (механические и электрические);

---

углеродного долга, см. [98, 102]. Подробнее эти проблемы обсуждаются в п. 2.2.



- по мощности (большой мощности – свыше 1 МВт, средней мощности – от 100 кВт до 1 МВт, малой мощности – от 5 до 99 кВт, очень малой мощности – до 5 кВт);

Механические ВЭУ классифицируются по областям применения (ветронасосные, ветросиловые), а электрические подразделяют на ВЭУ постоянного и переменного тока.

Ветронасосные ВЭУ используются для орошения, водоснабжения, осушения земель, подъема воды и других работ. Ветросиловые ВЭУ используют для механизации трудоемких процессов сельскохозяйственных и других работ.

Электрические ВЭУ постоянного тока подразделяют на три подгруппы: ветрозарядные (работающие на заряд аккумуляторных батарей), гарантированного питания (работающих параллельно с аккумуляторными батареями) и негарантированного питания (работающих без аккумуляторных батарей). Последние используются только для электропитания маломощных потребителей в местах с устойчивыми ветрами и в экстремальных условиях.

Электрические ВЭУ переменного тока подразделяют на автономные (работающие без подключения к сетям электроснабжения), гибридные (работа ВЭУ параллельно с независимыми электростанциями соизмеримой мощности) и сетевые (работа ВЭУ параллельно с мощной электрической сетью).

Наибольшее распространение в мире получила конструкция ветрогенератора с тремя лопастями и горизонтальной осью вращения. Вертикально-осевые ветродвигатели (с вертикальным расположением оси вращения), пока не получили практического распространения в ветроэнергетике, хотя некоторые специалисты считают, что двигатели такой конструкции имеют преимущество в виде очень малой скорости ветра, необходимой для начала работы ветрогенератора.

Мощность самых больших на настоящий момент ВЭУ достигает 6 МВт, диаметр ротора такой турбины 126 метров, вес гондолы - 200 тонн, высота башни - 120 м.

На сегодняшний день ветроэнергетика является, пожалуй, самой динамично развивающейся отраслью энергетики по всему миру, активно поддерживаемой не только национальными правительствами, но и такими международными организациями как *Global Wind Energy Council*. Большое внимание уделяется развитию т.н. *оффшорных*<sup>1</sup> ветряных ферм в прибрежных зонах. Башни оффшорных ветрогенераторов устанавливают фундаменты из свай, забитых на глубину до 30 метров. Могут использоваться и другие типы подводных фундаментов, а также плавающие основания.

### *Солнечная энергетика*

Солнечная энергетика – область энергетики, связанная с преобразованием солнечной энергии в электрическую и тепловую энергию (ГОСТ Р 51594-2000). В связи с большим разнообразием существующих способов преобразования энергии, выделяют несколько основных видов солнечных электростанций.

Солнечная электростанция (СЭС) – электростанция, предназначенная для преобразования энергии солнечного излучения в электрическую энергию. Солнечно-топливная электростанция (СТЭС)– электростанция, преобразующая по единой технологической схеме энергию солнечного излучения и химическую энергию топлива в электрическую и тепловую энергию.

Все СЭС и СТЭС работают на солнечных элементах. Солнечный элемент – преобразователь энергии солнечного излучения в электрическую энергию, выполненный на основе различных физических принципов прямого преобразования. На сегодняшний день наиболее распространены солнечные фотоэлектрические элементы, работающие на основе фотоэффекта. Однако используются и другие виды солнечных элементов, например, термоэлектрические, работающие на основе термоэлектри-

---

<sup>1</sup> Применительно к ветроэнергетике этот термин имеет не политико-экономический, а чисто технологический смысл: оффшорные ветроэлектростанции расположены не на суше, а в прибрежной зоне морей и т.п.

ческих явлений, в котором источником тепла является энергия солнечного излучения.

Фотоэлектрические батареи пока что являются самой простой, надежной и экономически выгодной системой получения солнечной электроэнергии. Производятся они чаще всего из кремния – монокристаллического, поликристаллического или аморфного. Толщина полупроводниковых слоев составляет не более двух или трех десятых миллиметра. Во всем мире в настоящее время ведутся активные исследования, направленные на создание тонкопленочных фотоэлектрических панелей. Технология преобразования солнечного света в электроэнергию у тонкопленочных и обычных фотоэлектрических панелей одинакова, однако первые значительно тоньше и гибче обычных за счет полимерной, а не стеклянной подложки. Толщина полупроводниковых слоев данного типа батарей составляет лишь несколько миллионных долей метра, хотя название «тонкопленочные» обусловлено технологией производства и не связано с толщиной элементов.

Основными типами тонкопленочных фотоэлектрических модулей являются тонкопленочные модули из аморфного кремния, *CSG*-модули (*Crystalline Silicon on Glass*), *CdTe* модули (кадмий-теллуровые) и *CIS*-модули, основные ингредиенты которых -медь, индий, селен, и иногда галлий (тогда элементы обозначаются как *CIGS*). Лучшие показатели КПД фотоэлектрических элементов пока что остаются на уровне 18%.

Все большую популярность в быту приобретают солнечные коллекторы – устройства для поглощения энергии солнечного излучения и преобразования ее в тепловую энергию (ГОСТ Р 51594-2000). На основе использования солнечных коллекторов оборудуют системы солнечного горячего водоснабжения, которые используют солнечную энергию для нагрева воды и обеспечивают частичное или полное покрытие нагрузки горячего водоснабжения данного потребителя.

Системы солнечного горячего водоснабжения подразделяются на активные и пассивные. Активные используют солнечную энергию для нагрева теплоносителя в солнечных коллекто-

рах, в то время как в пассивных системах солнечные коллекторы и специальное оборудование не используются, а приемниками и аккумуляторами солнечной энергии являются конструктивные элементы здания или сооружения.

Помимо совершенно естественных по логике своего применения систем солнечного горячего водоснабжения, коллекторы также используются в системах солнечного охлаждения и в комплексных системах тепло- и холодоснабжения, которые трансформируют солнечную энергию с целью частичного или полного покрытия нагрузки отопления, горячего водоснабжения и охлаждения помещений.

Большое разнообразие различных типов солнечных коллекторов уже представлено на рынке, в том числе и на российском. Основными являются жидкостные и воздушные. Жидкостный солнечный коллектор - солнечный коллектор, служащий для нагрева жидкого теплоносителя. Воздушный солнечный коллектор - солнечный коллектор, служащий для нагрева воздуха. В свою очередь жидкостные и воздушные солнечные коллекторы подразделяются на проточные (нагрев теплоносителя осуществляется при движении его через коллектор) и коллекторы-аккумуляторы (нагрев заполняющего коллектор теплоносителя осуществляется при отсутствии движения через коллектор).

### *Малая гидроэнергетика*

Малую гидроэнергетику часто относят к альтернативным способам генерации энергии, так как она свободна от многих недостатков крупных ГЭС и признана одним из наиболее экономичных и экологически безопасных способов получения электроэнергии, особенно при использовании небольших водотоков. Принципиальное отличие малой энергетики от обычной заключается в отсутствии необходимости сооружения крупных гидротехнических объектов (плотин, водохранилищ), что упрощает строительство и лицензирование.

При строительстве и эксплуатации малых ГЭС (МГЭС) сохраняется природный ландшафт, практически отсутствует на-

грузка на экосистему. К преимуществам малой гидроэнергетики - по сравнению с электростанциями на ископаемом топливе - можно также отнести низкую себестоимость электроэнергии и эксплуатационные затраты, относительно недорогую замену оборудования, длительный срок службы ГЭС (до 40–50 лет), комплексное использование водных ресурсов (электроэнергетика, водоснабжение, мелиорация, охрана вод, рыбное хозяйство).

В настоящее время нет общепринятого для всех стран критерия, по которому гидроэлектростанции относят к малым. Однако во многих странах в качестве основной характеристики ГЭС принята ее установленная мощность. К малым, как правило, относятся ГЭС мощностью до 10 МВт (в некоторых странах до 50 МВт).

В России под малой гидроэнергетической установкой (МГЭУ) понимается гидроэнергетическая установка номинальной мощностью до 10 000 кВт. К малым гидроэлектростанциям (МГЭС) относят ГЭС с установленной мощностью от 100 до 30 000 кВт. Под микрогидроэлектростанцией понимается МГЭС с установленной мощностью до 100 кВт (ГОСТ Р 51238-98).

### *Геотермальная энергетика и тепловые насосы*

Геотермальная энергетика - получение тепловой или электрической энергии за счет тепла земных глубин. Геотермальные источники, согласно классификации Международного энергетического агентства, подразделяются на 5 типов:

- месторождения геотермального сухого пара;
- источники влажного пара (смеси горячей воды и пара);
- месторождения геотермальной воды (содержат горячую воду или пар и воду);
- сухие горячие скальные породы, разогретые магмой (на глубине 2 км и более);
- магма, представляющая собой расплавленные горные породы, нагретые до 1300 °С.

Наибольшая экономическая эффективность использования геотермальной энергии достигается в районах, где горячие воды приближены к поверхности земной коры - в районах активной вулканической деятельности с многочисленными гейзерами. Широко используется на Филиппинах (доля в энергобалансе страны 19%), в Мексике (4% от всей используемой энергии) и в США (с учетом использования «напрямую» для отопления - около 1%).

К геотермальной энергетике можно также отнести использование геотермальных тепловых насосов. Вообще говоря, тепловой насос – это система, позволяющая получать тепло для отопления, горячего водоснабжения и охлаждения потребителя за счет использования низкопотенциальных источников и переноса его к теплоносителю с более высокой температурой. В качестве низкопотенциальных источников могут использоваться грунтовые и артезианские воды, озера, моря, тепло грунта, а также вторичные энергетические ресурсы. В зависимости от вида низкопотенциального источника тепла (или холода) тепловые насосы могут быть геотермальными, земляными, воздушными.

Сегодня технология тепловых насосов относится к наиболее энергоэффективным технологиям кондиционирования и отопления. Затрачивая 1 кВт электрической мощности в приводе компрессионной теплонасосной установки (ТНУ), можно получить 3-4, а при определенных условиях и до 5-6 кВт тепловой мощности. Различные виды тепловых насосов широко распространены в Германии, Канаде, США. Геотермальные тепловые насосы устанавливаются повсеместно: в частных домах, в общественных зданиях, на промышленных объектах. Насос такого типа есть даже во всемирно известном небоскребе Нью-Йорка *Empire State Building*. В России тепловые насосы применяются, например, в Краснодарском крае.

### *Производство биотоплива*

Широкое распространение в США, Бразилии и многих других странах получили технологии производства и применения

биотоплива. Оно используется, главным образом, в тепловых двигателях на транспорте.

*Биотопливо первого поколения* производилось и до сих пор производится из пищевой биомассы: кукурузы и соевых бобов в США, сахарного тростника в Бразилии. Однако существенные недостатки производства и использования данного вида топлива, такие, как уменьшение площади сельскохозяйственных угодий под выращивание продовольственных культур и, как следствие, рост цен на продовольствие, значительные затраты ограниченных ресурсов пресной воды, выбросы в атмосферу загрязняющих веществ в процессе выращивания, уборки и переработки кукурузы – поставили под вопрос не только экономическую целесообразность применения данной технологии, но и ее экологическую эффективность и безопасность. Подробнее эти аспекты освещены в последующих главах этой книги.

Производимое из органических отходов *биотопливо второго поколения* (подробнее см. [20]) лишено этих недостатков. Его можно получать из десятков, если не сотен самых разных видов сырья: от древесных отходов в виде опилок и остатков деревянных конструкций до таких сельскохозяйственных отходов, как стебли кукурузы и пшеничная солома, отходы жизнедеятельности сельскохозяйственных животных и т.д. Стоимость подобного сырья невелика (\$40–50 за энергетический эквивалент барреля нефти), оно никак не связано с производством продуктов питания.

Биотопливо, производимое из целлюлозного материала, известно в литературе под разговорным названием «грассолин» (от *grass* — «трава» и *gasoline* — «бензин»). Целлюлозную биомассу можно также перерабатывать в любой вид горючего — этанол, обычный бензин, топливо для дизельных и даже ракетных двигателей [129]. Основной технологической проблемой производства биотоплива второго поколения является расщепление прочных целлюлозных волокон биомассы. Однако интенсивные научные исследования в этой области уже позволили добиться многообещающих результатов. На сегодняшний день разработаны и доведены до промышленного применения техно-

логии расщепления биомассы через нагревание под действием гамма-излучения или высокотемпературного пара, перемалывания, обработку концентрированными кислотами или щелочами, воздействие на нее различных микроорганизмов, в том числе специально созданных для этой цели с помощью генной инженерии. Кроме того, набирают популярность технологии производства биотоплива из животных жиров и рыбьего жира, являющихся побочным продуктом переработки мяса и рыбы.

В то же время, производство биотоплива второго поколения, т.е. топлива из органических отходов разнообразного происхождения, ограничено размером сырьевой базы. В качестве примера можно привести оценки общего объема органических отходов, пригодных для производства биотоплива, в России, см. [24]: в среднем, за год таких отходов образуется около 625 млн. т, чего достаточно для производства около 31 млрд. куб. м. биогаза. В то же время, годовая добыча природного газа только компанией «Газпром» составила

- в 2011 г. – 513 млрд. куб. м.;
- в 2012 г. (согласно планам) – 528 млрд. куб. м.,

и т.д. Т.е. потенциальные возможности производства биотоплива второго поколения также не позволяют полностью заместить ископаемые углеводороды в мировом энергетическом балансе. Тем не менее, даже ограниченными возможностями производства биотоплива из отходов (а, следовательно, и утилизации этих отходов) не стоит пренебрегать – хотя бы потому, что сами эти отходы, будучи непереработанными, наносят значительный вред природе<sup>1</sup>. И в ряде стран биотопливо второго поколения

---

<sup>1</sup> В этой связи весьма показателен пример истекающего из скважин *попутного нефтяного газа*, около 20 млрд. куб. м. которого ежегодно сжигается в факелах только в России. Поскольку сам по себе природный газ оказывает гораздо более сильный парниковый эффект, чем продукты его сгорания, с экологической точки зрения менее вредным является его сжигание в факелах. Естественно, любые технологии его полезной утилизации – например, выработка *авиационного сконденсированного топлива* (АСКТ, подробнее см. [2]) непосредственно у скважины, и т.п. – заведомо экологически благотворны.



занимает значимое место в топливном балансе – например, в Швеции, где образуется значительный объем отходов лесного хозяйства.

Наиболее многообещающий (как представляется в настоящее время) путь развития технологий производства биотоплива – т.н. технологии *третьего поколения* (подробнее см. [20]). Биотопливо можно получать из водорослей и планктона, а также из «энергетических культур» — быстрорастущих трав, кустарников и деревьев, которые выращиваются специально в качестве исходного сырья на площадях, непригодных для выращивания пищевых культур. Подчеркнем, что такие источники биотоплива не конкурируют за ограниченные ресурсы (сельхозсырье или посевные площади) с производством продовольствия. При этом прогнозируемая урожайность, например, водорослей позволяет рассчитывать на то, что сырьевая база окажется достаточной для производства значительных объемов биотоплива. Однако для промышленного применения таких технологий предстоит решить ряд проблем – создание соответствующих сортов растений и технологий их выращивания, эффективных технологий переработки полученной биомассы и т.д.

На сегодняшний день биотопливо используется, в основном, для нужд автомобильного транспорта. Однако в перспективе можно полагать, что наземный транспорт в качестве основного потребителя моторного топлива уступит место воздушному, и позитивный опыт применения биотоплива в авиации уже имеется, см. [91]. Если наземный транспорт может отказаться от использования тепловых двигателей – например, могут получить развитие электромобили на аккумуляторах или на топливных элементах, и т.п. – то воздушный транспорт способен на такой переход в наименьшей степени в силу технических особенностей, в т.ч. требований по весовой отдаче. Возможности подвода энергии (получаемой без сжигания химического топлива) извне, доступные большинству наземных транспортных средств, в авиации практически отсутствуют. Т.е. источник энергии должен находиться на борту. Мощность возобновляемых источников энергии (например, солнечной) оказывается достаточной (и то лишь теоретически) только для относительно

легких беспилотных летательных аппаратов. Размещение ядерной силовой установки на борту летательного аппарата было признано нецелесообразным, в т.ч. по соображениям безопасности. Остается химическое топливо. Использование в авиации криогенных топлив (например, водорода) сопряжено с целым рядом проблем. Традиционное углеводородное топливо обладает целым рядом достоинств в качестве авиационного топлива: высокая энергоемкость (как объемная, так и массовая), термостабильность, возможность хранения в баках сложной формы, интегрированных в конструкцию летательного аппарата, и т.п. Таким образом, в перспективе возможны изменения структуры, как производства моторных топлив, так и их потребления – наземный транспорт может уступить место ведущего потребителя топлива иным видам транспорта (преимущественно, скоростного).

### **1.1.2. Проблемы измерения эффективности возобновляемых источников энергии**

Поскольку речь идет об энергетических технологиях, следует уделить внимание их основным технико-экономическим параметрам. Во многих работах и в популярных статьях (в т.ч. и в политизированной аргументации за или против тех или иных технологий) используются значения КПД, коэффициента полезного действия. Однако этот показатель, строго говоря, малоинформативен применительно к источникам энергии. В самом деле, например, настолько ли критично, что КПД фотоэлектрического преобразователя равен 1% (разумеется, это значение условно), т.е. 99% поступающей солнечной энергии бесследно теряется, если Солнце мы считаем бесконечным и неисчерпаемым источником энергии? Важнее именно то, как соотносятся энергия, выработанная этим устройством за весь его жизненный цикл (ЖЦ), и энергия, затраченная на его производство и эксплуатацию. Поэтому в современных исследованиях, посвященных вопросам развития альтернативных энергетических технологий, вместо «традиционного» показателя – КПД – используют показатель, который является отношением полученной полезной

энергии к затраченной (*energy returned on energy invested, EROEI*):

$$EROEI = \frac{Energy\ Returned}{Energy\ Expanded},$$

где *Energy Returned* - энергия, полученная за ЖЦ источника;

*Energy Expanded* - затраченная энергия.

Также часто используется коэффициент чистого «выхода» энергии (*NEG, net energy gain*):

$$NEG = \frac{Net\ Energy}{Energy\ Expanded},$$

где  $Net\ Energy = Energy\ Returned - Energy\ Expanded$  - чистый «выход» энергии, т.е., в некотором смысле, «энергетическая прибыль» за ЖЦ источника (тогда *NEG* аналогичен рентабельности по затратам). Описанные показатели связаны очевидным соотношением:

$$EROEI = NEG + 1,$$

а интерпретация их значений аналогична интерпретации финансовых показателей – соответственно, индекса прибыльности и рентабельности. Например, если для данной энергетической технологии показатель  $EROEI=5$ , это означает, что на производство четырех единиц полезной энергии было затрачена одна единица энергии. Если же показатель  $EROEI$  данного энергетического источника равен или меньше единицы, это означает, что данный источник представляет собой не что иное, как «энергетическую воронку», а его использование в качестве первичного источника энергии нецелесообразно. В работе [109] приведены оценки значений коэффициента  $EROIE$  для различных первичных источников энергии (см. табл. 1.2), которые могут служить некоторым ориентиром для дальнейших рассуждений.

Таблица 1.2.

**Значения коэффициента *EROIE* для различных первичных источников энергии**

Вид источника	Год расчета <i>EROIE</i>	Значение <i>EROIE</i>	Источник первичных данных
Нефть и газ	1930	>100	<i>Cleveland, C.J. 2005. Net energy from oil and gas extraction in the United States, 1954–1997. Energy 30: 769–782.</i>
Нефть (среднее)	1999	35	<i>Yandle, B., M. Bhattarai &amp; M. Vijayaraghavan. 2004. Environmental kuznets curves: a review of findings, methods, and policy implications. PERC 2:1–38.</i>
Природный газ (среднее)	2005	10	<i>Hall, C.A.S. 2008. Reports published on The Oil Drum, <a href="http://www.theoil drum.com/">http://www.theoil drum.com/</a></i>
Уголь	2000	80	<i>Cleveland, C.J. 2005. Net energy from oil and gas extraction in the United States, 1954–1997. Energy 30: 769–782.</i>
Атомная		5-15	<i>Lenzen, M. 2008. Life cycle energy and greenhouse gas emissions of nuclear energy: a review. Energy Conversion Manage. 49: 2178–2199.</i>
Гидро		>100	<i>Hall, C.A.S. 2008. Reports published on The Oil Drum. <a href="http://www.theoil drum.com">http://www.theoil drum.com</a></i>
Ветровая		18	<i>Kubiszewski, I., C.J. Cleveland &amp; P.K. Endres. 2010. Metaanalysis of net energy return for wind power systems. Renewable Energy 35: 218–225.</i>

Плоские солнечные коллекторы		1,9	<i>Hall, C.A.S., C.J. Cleveland &amp; R. Kaufmann. 1986. Energy and Resource Quality: The Ecology of the Economic Process. Wiley. New York.</i>
Концентрирующие солнечные коллекторы		1,6	<i>Hall, C.A.S., C.J. Cleveland &amp; R. Kaufmann. 1986. Energy and Resource Quality: The Ecology of the Economic Process. Wiley. New York.</i>
Солнечные элементы (фотоэлектрические)		6,8	<i>Battisti, R. &amp; A. Corrado. 2005. Evaluation of technical improvements of photovoltaic systems through life cycle assessment methodology. Energy 30: 952–967</i>
Этанол (сахарный)		0,8-10	<i>Goldemberg, J. 2007. Ethanol for a sustainable energy future. Science 315: 808–810.</i>
Этанол (кукурузный)		0,8-1,6	<i>Farrell, A.E., R.J. Pelvin, B.T. Turner, et al. 2006. Ethanol can contribute to energy and environmental goals. Science 311: 506–508.</i>
Биодизель		1,3	<i>Hall, C.A.S. 2008. Reports published on The Oil Drum. <a href="http://www.theoil drum">http://www.theoil drum</a>.</i>

В то же время, даже поверхностный анализ приведенных значений *EROEI* показывает, что его значение очень сильно зависит от природно-климатических и геологических условий, от применяемых технологий и материалов. Так, например, сравнение *EROEI* нефти и газа в 1930 г. и на рубеже XX и XXI вв. отражает истощение запасов, необходимость разработки все более сложных и труднодоступных месторождений, применение все более энергоемких технологий. Что касается показателей *EROEI*

атомной энергетики, они чрезвычайно чувствительны не только к геологическим особенностям добычи урановых руд, но – даже в большей степени – к технологиям их обогащения. Приведенные в таблице сравнительно низкие значения характерны для общепринятой в странах Запада газодиффузионной технологии обогащения урана. В этой сфере отечественная атомная промышленность традиционно обладала технологическим преимуществом: центрифужные технологии обогащения требуют гораздо меньше энергии на единицу ядерного топлива.

Информативность показателя *EROEI* нельзя признать исчерпывающей, так как, помимо, чисто «энергетической эффективности» большое значение при использовании того или иного первичного источника энергии имеет его удобство – транспортируемость, стабильность и т.д. Так, например, нефть и сжиженный газ удобно транспортировать и хранить, а энергия ветра и солнца нестабильна. Кроме того, при расчете *EROEI* возникает принципиальный вопрос: нужно ли учитывать в объемах затраченной энергии ту энергию, которая была израсходована на разведку месторождений, производство оборудования и транспортных средств для установки буровых, ветровых генераторов, солнечных коллекторов, захоронение отходов атомных электростанций и т.д.? А следует ли учитывать энергию, затраченную на жизнедеятельность рабочих, инженеров, а также тех работников, которые снабжали их необходимыми товарами и услугами? Другими словами, до какого уровня производственной цепочки необходимо дойти при расчете показателя *EROEI*? Экономически корректный ответ на эти вопросы может быть найден в рамках широко используемой в экономике концепции *межотраслевого баланса* (МОБ, подробнее см. [35]). Ведь не только в энергетической сфере, но и вообще в экономике возникает проблема учета косвенных затрат в различных отраслях, необходимых для производства данной отраслью определенного объема продукции. Для этого используется понятие полных затрат, и разработаны подходы к их расчету. Аналогичные подходы позволяют получить и более комплексные оценки *EROEI*.

Так или иначе, несмотря на отсутствие на настоящий момент единой методологии расчета показателя *EROEI* и другие

его недостатки, сложно не признать, что для оценки эффективности энергетических технологий он является более информативным, чем традиционно применяемый в этой сфере показатель, КПД. Однако, разумеется, КПД оказывает влияние на значения *EROEI*, поскольку если он низок – мал и объем энергии, получаемой за ЖЦ данного источника, т.е. *Energy Returned*. В работах [18, 28] особое внимание уделяется еще одной физической характеристике, определяющей эффективность энергетических технологий – плотности улавливаемой энергии. Например, плотность солнечной энергии, поступающей на поверхность Земли, весьма высока, однако низкий КПД фотоэлектрических преобразователей в сочетании с высокой энергоемкостью их производства снижает эффективность соответствующих технологий. Что касается, например, энергии морских волн, приливов и отливов, несмотря на гигантский энергетический потенциал этих источников, они обладают низкой плотностью энергии, т.е. устройства, улавливающие ее (приливные турбины и т.п.) должны иметь большие размеры, что также предсказуемо отражается на их эффективности.

Особо подчеркнем, что авторы не планируют давать собственные оценки эффективности тех или иных «зеленых» технологий. Необходимо отдавать себе отчет в том, что объективные знания в данной, чрезвычайно политизированной сфере неизбежно уступают место тенденциозным оценкам, нацеленным не столько на поиск истины, сколько на информационное управление общественным мнением, решениями государства и бизнеса. Цель данной главы – именно обзор тенденций развития «зеленых» технологий. Как будет показано далее, даже если те или иные «зеленые» технологии, действительно, обеспечивают заявленную эффективность, это еще не означает, что они благотворны с социально-экономической и экологической точек зрения.

## 1.2. АНАЛИЗ РЫНКОВ И ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ «ЗЕЛЕННЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ

### 1.2.1. Место новых источников энергии в мировом энергетическом балансе

Глобальные инвестиционные тренды свидетельствуют о вероятном повышении в ближайшие десятилетия доли возобновляемых источников энергии в структуре мировой энергетической системы. Как отмечается в докладе ООН о мировых инвестициях за 2010 год,

*«в настоящее время в рамках обсуждения политики решения проблем изменения климата вопрос о том, нужно ли что-то делать для борьбы с этим явлением в области энергетики, уже не ставится. Теперь речь идет о том, насколько масштабны должны быть действия, какие меры нужно принять и кто должен это делать. Глобальный уровень задачи по сокращению выбросов парниковых газов (ПГ) требует эквивалентных колоссальных финансовых и технологических ответных мер».*

В сценариях развития мировой энергетики Международного Энергетического Агентства (МЭА) присутствуют два альтернативных варианта – сценарий развития при бездействии национальных правительств и других регулирующих институтов, и сценарий развития с активным приложением управленческих воздействий к производителям и потребителям энергии для достижения поставленных целей – снижения выбросов CO<sub>2</sub> к 2050 году вдвое по сравнению с 2005 г. (т.н. сценарий карты *BLUE*). Реализация второго сценария предполагает активное участие правительств в процессах разработки и внедрения низкоуглеродных энергетических технологий (см. табл.1.3).



Таблица 1.3

**Тенденции развития энергетики и изменения объемов выбросов CO<sub>2</sub><sup>1</sup>**

Базовый сценарий	Сценарий Карты <i>BLUE</i>
Выбросы CO <sub>2</sub> , связанные с энергетикой, возрастут примерно вдвое	Выбросы CO <sub>2</sub> , связанные с энергетикой, сократятся на 50%
Использование первичных энергоресурсов возрастет на 84%, углеродоемкость энергопотребления возрастет на 7%	Использование первичных энергоресурсов возрастет на 32%, углеродоемкость энергопотребления снизится на 64%
Спрос на жидкое топливо возрастет на 57%, что потребует широко использования нетрадиционных нефтяных ресурсов и синтетических топлив; первичный спрос на уголь возрастет на 138%, спрос на газ возрастет на 85%	Спрос на жидкое топливо снизится на 4%, при этом биотопливо будет составлять 20% от общего потребления; спрос на уголь снизится на 36%; спрос на природный газ сократится на 12%; возобновляемые источники будут обеспечивать до 40% первичной энергии
Выбросы CO <sub>2</sub> от выработки электроэнергии увеличатся почти вдвое, углеродоемкость производства электроэнергии сократится незначительно до 459 г/кВтч	Выбросы CO <sub>2</sub> от выработки электроэнергии снизятся на 76%, углеродоемкость производства электроэнергии сократится до 67 г/кВтч
Ископаемое топливо будет обеспечивать до 2/3 производства электроэнергии, доля возобновляемых источников энергии увеличится незначительно до 22%	На возобновляемые источники энергии будет приходиться до 48% производства электроэнергии, на атомную энергию – 23%, на станции, оснащенные технологиями улавливания и хранения углерода (УХУ) -17%
Технологии УХУ не будут использоваться в промышленном масштабе	Технологии УХУ будут использоваться для улавливания 9,4 Гт CO <sub>2</sub> от заводов и станций, работающих в сфере производства электроэнергии (55%), промышленности (21%)

<sup>1</sup> По базовому сценарию и сценарию Карты *BLUE*: сравнение показателей 2007 и 2050 гг. [58].

	и преобразования топлива (24%).
Выбросы CO <sub>2</sub> от эксплуатации зданий и сооружений (в том числе, связанные с производством электроэнергии) почти удвоятся	Выбросы CO <sub>2</sub> от эксплуатации зданий и сооружений сократятся на 2/3 в результате использования электричества с низким уровнем выброса углерода, повышения энергоэффективности и перехода на технологии с низкими или нулевыми выбросами CO <sub>2</sub>
Почти 80% продаваемых легковых автомобилей будут работать на традиционных технологиях с использованием бензина или дизельного топлива, нефтепродукты будут удовлетворять 90% транспортного сектора в энергоресурсах	Почти 80% продаваемых автомобилей составят гибриды с подзарядкой, электромобили, либо автомобили, работающие на топливном элементе; доля нефтепродуктов в конечном потреблении энергии транспортом снизится до 50%
Выбросы CO <sub>2</sub> в промышленности возрастут почти вдвое в связи с ростом промышленного производства	Выбросы CO <sub>2</sub> в промышленности сократятся более чем на ¼ за счет повышения энергоэффективности, перехода на другие виды топлива, утилизации, регенерации энергии и технологий УХУ
Общий объем инвестиций в энергоснабжение составит 270 трлн. долл.	Общий объем инвестиций составит 316 трлн. долл. (на 17% больше, чем в базовом сценарии)
На страны, не являющиеся членами ОЭСР, придется почти 90% роста энергопотребления, и почти ¾ мировых выбросов CO <sub>2</sub>	Страны, не являющиеся членами ОЭСР, достигнут сокращения выбросов CO <sub>2</sub> примерно на 30% по сравнению с 2007 годом, на страны-члены ОЭСР будет приходиться менее ¼ мировых выбросов CO <sub>2</sub> , в связи с их сокращением на 70-80% по сравнению с 2007 годом.

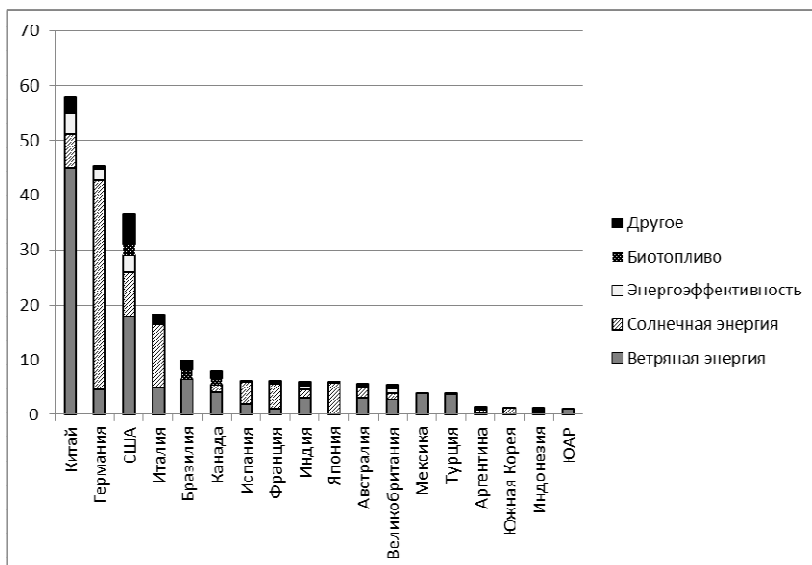
### 1.2.2. Инвестиции в новые энергетические технологии

Согласно оценкам на 2010-2015 годы, для того чтобы ограничить выбросы ПГ уровнем, необходимым для удержания потепления в пределах целевого показателя 2°C (целевой уровень,

принятый в Копенгагенской договоренности), ежегодно потребуются дополнительные глобальные вложения в размере 440 млрд. долл. К 2030 году размеры потребности в инвестициях возрастут еще больше, до 1,2 трлн. в год. Во всех исследованиях подчеркивается, что для обеспечения прогресса в усилиях, призванных сделать экономику всех стран мира более щадящей климат, необходим финансовый вклад частного сектора, особенно с учетом колоссальных дефицитов государственных бюджетов во всем мире.

Альтернативная энергетика все еще сильно зависима и от государственных инвестиций и от специально созданных для нее рамочных условий, поэтому без политической поддержки развиваться ей пока сложно. Однако уже сейчас частные инвестиции в альтернативную энергетiku показывают быстрый рост. Согласно недавнему исследованию фонда *Pew Charitable Trusts*, мировые инвестиции в альтернативную энергетiku выросли в течение 2010 года на 30% и составили \$243 млрд. По сравнению с низким уровнем 2004 года рост составил 630%. На первое место по инвестициям в «зеленую» энергетiku в прошлом году вышел Китай с \$54,5 млрд, из которых \$45 млрд пришлось на энергию ветра (рис. 1.1).

На втором месте за Китаем следует Германия, где частные инвестиции удвоились и достигли \$41,2 млрд. Большое распространение в Германии получили небольшие солнечные панели, устанавливаемые, например, на крышах частных домов. Вслед за Германией по объемам инвестиций в альтернативную энергетiku идут США — \$34 млрд, большая часть этих инвестиций (43%) приходится на энергию ветра, на солнечную энергию приходится 25%, на биотопливо — 17%.



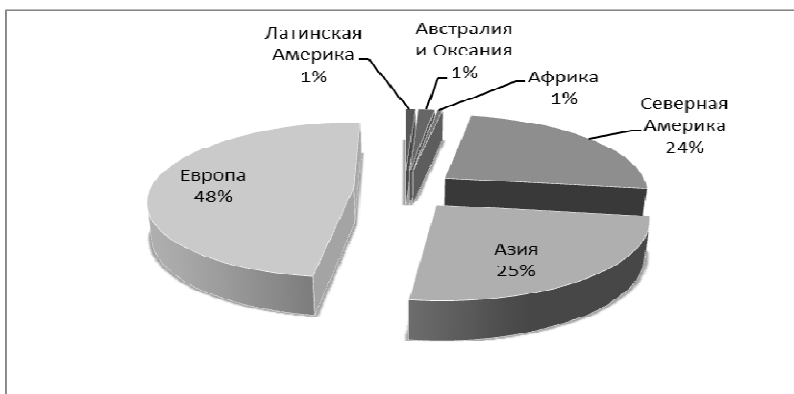
**Рис.1.1 Инвестиции по секторам и странам в 2010 году (в млрд. долл., по данным PEW Charitable Trusts)**

Инвесторов в разработку новых источников энергии можно разделить на две группы, к первой из которых относятся в основном инфраструктурные фонды, покупающие уже построенные проекты, например солнечные станции и ветропарки. Эти инвесторы заинтересованы в стабильном годовом доходе и используют низкорисковую стратегию инвестирования. Примером таких осторожных инвесторов могут служить датские частные и государственные пенсионные фонды. Вторая группа вкладчиков — это венчурные фонды, инвестирующие в компании, разрабатывающие новые энергетические технологии. Эти инвестиции — гораздо более рискованные, фонды покупают доли в технологических компаниях, надеясь продать их через несколько лет и заработать на росте (высокорисковые стратегии инвестирования). США остаются мировым лидером по венчурным инвестициям в разработку новых технологий, но теряют свои позиции в развитии производства.

### 1.2.3. Глобальный рынок ветровой энергии и оборудования для ветровой энергетики

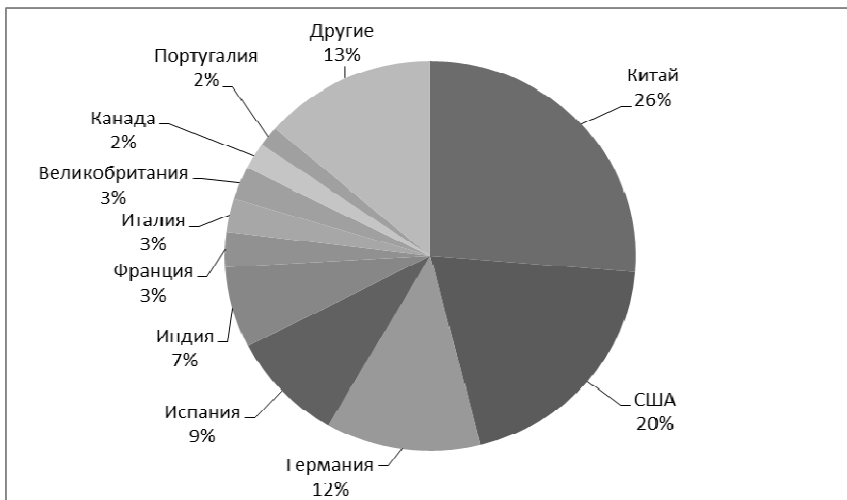
В последние годы глобальный рынок оборудования для производства ветровой энергии продолжал устойчиво расти. Производство новых ветровых турбин в 2009 выросло на 42.1%. В результате, общемировое количество производимой ветровой энергии выросло до 159213 МВт, из них 38312 МВт (около 24%) было добавлено к этому количеству лишь в 2009. Всемирная организация ветровой энергетики (*WWEA*) считает возможным довести общее количество производимой в мире ветровой энергии до 1900000 МВт к концу 2020 года.

Объем мирового рынка оборудования для ветровой энергетики достиг в 2009 г. 50 миллиардов евро, на котором доля Европы - доминирующая (47.9% от всех установок) (рис. 1.2).



**Рис.1.2. Мощность ветровых установок в 2009 году**

Однако в гонку за лидерство на рынке «зеленых» технологий в последние годы столь же активно включились США, предложив развития альтернативной энергетики в качестве основного пути для преодоления экономического спада и выхода из кризиса, и Китай – наиболее динамично развивающаяся из числа крупнейших экономик мира. Так, например, по суммарной мощности установленных к концу 2011 г. ветровых установок эти две страны уже обошли Германию (рис. 1.3).

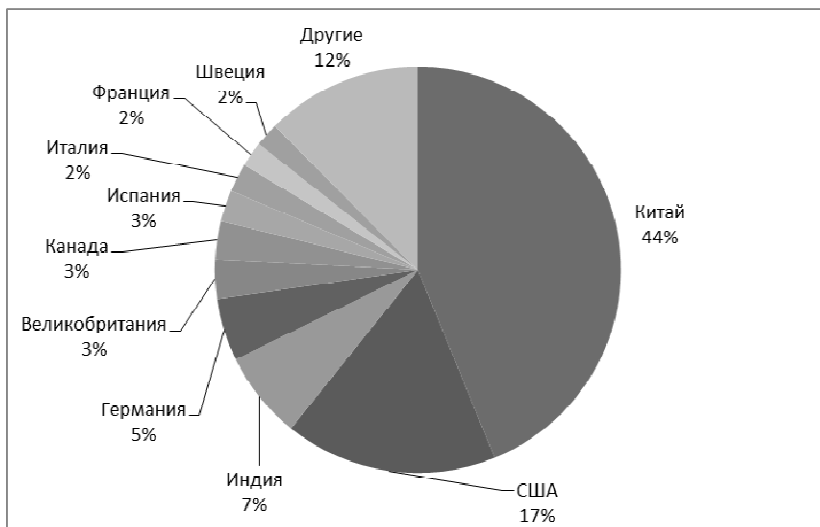


**Рис. 1.3** *Распределение ветроустановок (по мощности) на конец 2011 года*

Во многом такое положение было достигнуто благодаря активной инвестиционной политике США и Китая в последние годы. Только в 2011 году суммарная мощность вновь введенных ветровых ферм в Китае составила 18 000 МВт, а в США – 6,810 МВт. Всего за последние пять лет, энергия ветра стала вторым по величине ресурсом, вносящим основную долю в прирост производства энергии в США с точки зрения совокупной мощности. Исключением стал лишь посткризисный 2010 год, в котором новые проекты в области ветроэнергетики привнесли примерно 25% новых мощностей в 2010 году (благодаря чему Китай обошел США по объему введенных мощностей), по сравнению с 42% в 2009 году, 43% в 2008 году, 34% в 2007 году, 18% в 2006 году, 12% в 2005 году и менее чем на 4% с 2000 по 2004.

В 2010 году в 29 штатах США были установлены новые крупные ветряные турбины, при этом Техас превзошел все остальные штаты по объему введенных новых мощностей ветроэнергетических установок (680 МВт), хотя этот показатель и сократился с 2292 МВт в 2009 и 2671 МВт в 2008 году.

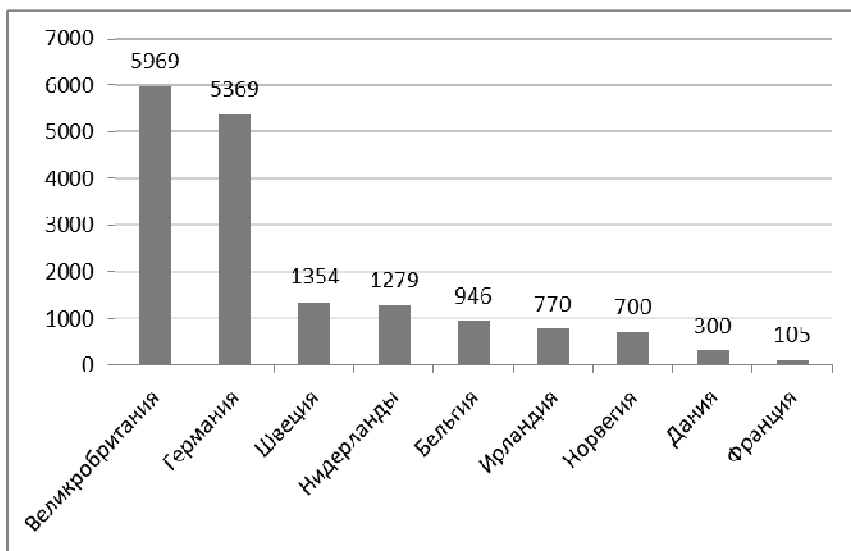
Следует также отметить успехи Индии в развитии ветроэнергетики в последние годы. В 2011 году в этой стране было введено в эксплуатацию ветряных ферм общей мощностью более 3000 МВт (рис. 1.4).



**Рис. 1.4** Распределение ветроустановок (по мощности), инсталлированных в 2011 году

Однако в области развития оффшорной энергетики США и Китай значительно уступают Европе. Так, на конец 2010 года подавляющее большинство мировых оффшорных ветрогенерирующих объектов (более 95%) было расположено в Европе, см. рис. 1.5. Северные европейские ветроэнергетические рынки с преобладанием оффшорных ветропарков, в основном Германия и Великобритания, являются главным фокусом деятельности нескольких крупных компаний. Некоторые уже заняли место на северной береговой линии Германии или планируют сделать это. Так, в рамках программы по переводу германской энергетики на альтернативные источники энергии в районе города Цингст летом 2011 года введен в эксплуатацию первый промышленный ветропарк «Балтика-1», расположенный на морском шельфе. Владелец ветропарка – энергетический концерн *EnBW*. Площадь ветропарка занимает 7 кв. км. В его состав вхо-

дит 21 ветрогенератор *SWT-2,3-93* производства *Siemens* мощностью по 2,3 МВт, высотой около 160 метров, с диаметром винта 93 метра. Электроэнергия поступает на сушу по кабелю длиной более 60 км, проложенному по дну моря. Общая мощность ветропарка составляет 48,3 МВт, а годовая производительность – 185 ГВт/ч. Такого количества энергии достаточно для обеспечения 50 тысяч домов. В планах компании создание еще одного ветропарка – «Балтика-2». В его составе будет применено уже 80 турбин *SWT-3,6-120* мощностью по 3,6 МВт компании *Siemens*. Ввод ветропарка «Балтика-2» в коммерческую эксплуатацию планируется в конце 2013 года.



**Рис. 1.5** Общая мощность (в МВт) оффшорных ветровых установок, установленных к 2011 году в Европе

Бурное развитие оффшорных ветровых установок в Германии и во всей Северной Европе, открывают множество новых возможностей для инвестиций и начала нового бизнеса в сфере производства турбин и оснований для них, поставке комплектующих, оффшорной логистике, охраны подводной окружающей среды и, конечно, проектирования и научных исследований и разработок. Закрепленные на законодательном уровне гаран-



тии по предоставлению бонусного тарифа на 20 лет и обязательному подключению к энергосети, позволяют инвесторам оффшорных проектов снизить риски и планировать свою деятельность на годы вперед.

Энергогенерирующий потенциал ветроэнергетики в США огромен в связи со значительной суммарной длиной Западного и Восточного побережий США, а также высокого качества энергетических ресурсов на этих территориях (морские ветры дуют сильнее и более равномерно, чем на суше, создавая в результате большой потенциал для выработки энергии). По оценкам специалистов Департамента Энергетики оффшорные ветровые ресурсы районов Великих Озер и в прибрежных водах США при среднегодовой скорости ветра более 7 метров в секунду (м/с), составляют 4150 ГВт, что примерно в четыре раза больше всех генерирующих мощностей в США в настоящее время. При этом более 25% из них доступны на глубине менее 30 метров, около 15% – на глубине от 30 до 60 м и почти 60% - на глубине, большей, чем 60 м.

Высокая стоимость электричества в прибрежных районах, большая потенциальная мощность оффшорных ветроустановок, и непосредственная территориальная близость к крупным центрам потребления может позволить ветроэнергетике относительно быстро стать конкурентоспособной по отношению к ископаемым видам топлива.

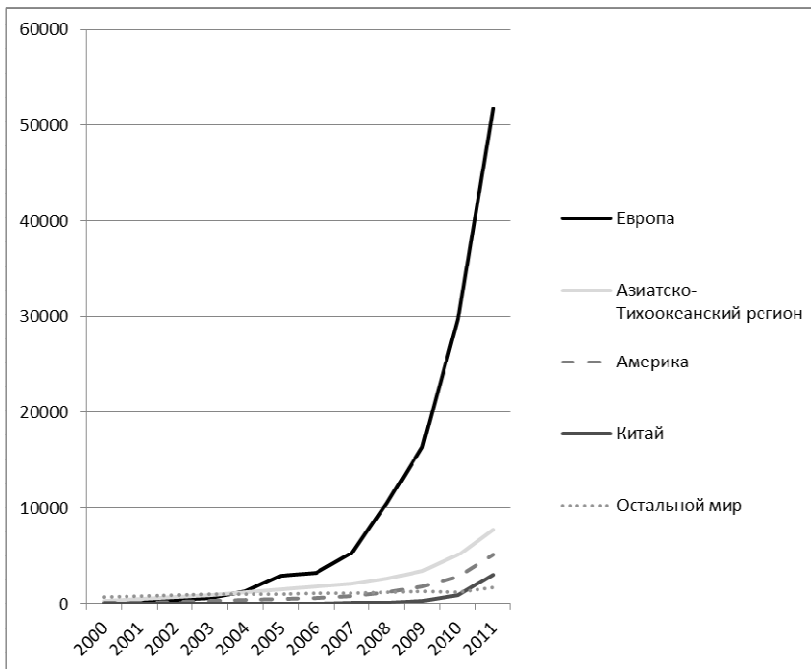
Основные проблемы, стоящие на пути развития шельфовой ветроэнергетики в США схожи с европейскими - это высокие затраты производство, инсталляцию и эксплуатацию оффшорных ветряных ферм. Однако, помимо высокой стоимости и необходимости решения ряда технико-технологических проблем, это еще и отсутствие инфраструктуры для поддержки производства, монтажа, соединения, эксплуатации и технического обслуживания этих систем. Кроме того, в отличие от Европы, в США ощущается острая нехватка статистических и экспериментальных данных об особенностях функционировании ветровых парков, их влиянии на окружающую среду и морские экосистемы, а также отсутствие опыта работы и эффективной норма-

тивно-правовой базы в области лицензирования проектов, реализуемых в федеральных водах и водах того или иного штата. Недостаточно подробная классификация энергетических ресурсов прибрежных зон и отсутствие необходимых данных о возможных последствиях подключения к энергосистеме страны большого объема дополнительных генерирующих мощностей создают ситуацию неопределенности, повышая инвестиционные риски и стоимость заемного капитала.

Оффшорных ветровые парки имеют более высокие капитальные затраты, чем наземные на единицу генерирующих мощностей, в основном из-за дополнительных работ, связанных с установкой турбины в море, ее балансировкой и подключением к сети. Кроме того, необходимо учесть единовременные расходы, необходимые для погрузки турбины в порту на специально приспособленное под эти цели судно и транспортировки ее по морю и, что само по себе является уникальным технико-технологическим процессом, требующим от персонала высокой квалификации и дополнительных навыков, приобретаемых на дополнительных программах обучения. Следует отметить, что собственных судов для транспортировки и установки турбин в США пока нет, а используемые для этих целей иностранные суда, согласно законодательству США, могут работать далеко не на всей акватории страны.

#### **1.2.4. Развитие солнечной энергетики**

По данным Европейской ассоциации фотогальванической индустрии (*EPIA*) в 2011 г. во всем мире было подключено около 28 ГВт новых солнечных станций. Суммарная установленная мощность всех станций в мире достигла 67,4 ГВт (рис. 1.6), причем основная их часть расположена в Европе.



**Рис. 1.6 Суммарная мощность солнечных станций в динамике за 200-2011 гг.**

Лидирующее положение на европейском рынке занимает Германия. Однако в 2011 году впервые в истории Италия обошла Германию по мощности введенных в эксплуатацию солнечных фотогальванических установок (9,3 ГВт против 7,5 ГВт). Совместный прирост инсталляций в двух указанных странах составил 60% от всего мирового прироста в 2011 году (рис. 1.7).



**Рис. 1.7 Мощность фотогальванических установок, установленных в 2011 году в Европе**

По суммарной мощности солнечных электростанций в Европе Германия пока что уверенно занимает лидирующие позиции, обогнав другие страны на годы вперед (табл.1.4)

**Таблица 1.4  
Мощность солнечных электростанций, установленных в Европе**

Страна	Установлено в 2011 г., МВт	Суммарная мощность в 2011 г., МВт	Вт/чел
Италия	9 284	12754	212,6
Германия	7485	<b>24678</b>	<b>302,8</b>
Франция	1671	2659	40,3
Бельгия	974	2018	183,5
Великобритания	784	875	13,9
Греция	426	631	58,9
Испания	372	4400	93,6
Словакия	321	468	85,1
Чехия	6	1959	185,4

Несмотря на значительные успехи, достигнутые Грецией и Испанией в развитии солнечной энергетики, экономические проблемы последних лет оказали существенное негативное влияние на рост данного сектора энергетики в этих странах. Будущий рост солнечной энергетики в Европе специалисты связывают в первую очередь с Германией.

Следующим за Европой по темпам развития солнечной энергетики идет Азиатско-Тихоокеанский регион с основными рынками в Китае, Японии, Корее, Австралии, Тайване и Таиланде (табл.1.5). В 2011 году Китай впервые вошел в число крупнейших неевропейских рынков солнечной энергетики.

**Таблица 1.5**

**Мощность солнечных электростанций, установленных в Азии**

Страна	Установлено в 2011 МВт	Суммарная мощность в 2011 году, МВт	Вт/чел
Китай	2200	3093	2,3
Япония	1296	4914	39
Австралия	774	1298	56,4
Индия	300	461	0,4
Корея	92	754	15,4
Тайвань	70	102	4,4
Малазия	н/д	11	0,4

Далее в региональном рейтинге по развитию солнечной энергетики следует Америка (табл. 1.6). Установленная мощность фотогальванической солнечной энергетики в США в 2011 году практически утроилась, достигнув 2,4 ГВт. Территориальным лидером развития солнечной энергетики стала Калифорния, установившая фотогальванических панелей общей мощностью 967 МВт. Далее следуют Нью-Джерси (263 МВт), Аризона (243 МВт), Нью-Мексико (139 МВт) и Невада (118 МВт).

**Таблица 1.6**

**Мощность солнечных электростанций, установленных в Америке**

Страна	Установлено в 2011 МВт	Суммарная мощность к 2011 году, МВт	Вт/чел
США	1855	4383	13,8
Канада	364	563	16,6
Мексика	10	40	0,4
Бразилия	5	32	0,2

Системы солнечного обогрева и охлаждения (солнечные коллекторы) за последние годы завоевали большую популярность в различных уголках мира в силу простоты производства и монтажа. В США эксплуатируются солнечные коллекторы общей площадью 10 млн. м<sup>2</sup>, что обеспечивает годовую экономию топлива до 1,5 млн. т. В Израиле 80% жилых зданий оснащено солнечными коллекторами. В Китае количество пользователей солнечных коллекторов уже сейчас составляет 150 млн. чел., т.е. около 10%.

Германия также является самым большим и наиболее динамичным рынком солнечных коллекторов (и охлаждающих систем) в Европе. Более 40% всех мощностей солнечных систем обогрева/охлаждения, установленных на территории Европы, приходится на Германию. Оборот европейского рынка солнечных обогревателей составил в 2008 году 1,4 млрд. евро. К 2014 году прогнозируется рост до 2,2 млрд. евро со среднегодовым темпом роста 15%. В переводе на количество и площадь солнечных систем обогрева/охлаждения это составит 200 систем с общей площадью поверхности приблизительно 18 000 -25 000 кв.м. В 2008 году в Германии было установлено 210 000 солнечных коллекторов, что по сравнению с 2007 годом на 60% больше. При этом их мощность увеличилась на 40% [116].

На настоящий момент более 1,2 млн. солнечных коллекторов с общей площадью поверхности около 11,3 млн. кв.м., плюс

трубные коллекторы, устанавливаемые на крышах, снабжают население горячей водой и теплом. Причем солнечные коллекторы все чаще устанавливаются не только в домах, рассчитанных на одну семью, но и в многоквартирных зданиях. Треть всех обогревательных систем, установленных в 2008 году, были комбинированными и включали солнечные коллекторы, что по сравнению с 2005 годом в два раза больше. Солнечные коллекторы производят 3,8% всей тепловой энергии от общей доли тепла, получаемого за счет возобновляемых источников, и увеличение этой доли постоянно стимулируется. Так, установка солнечного коллектора для охлаждения/обогрева площади до 40 кв. м. поощряется выплатой государственной субсидии от 40 до 105 евро за кв. м.<sup>1</sup>

Рынок солнечных коллекторов Германии поделен между местными производителями, импортерами и сервисными компаниями. 66% общего спроса на солнечные коллекторы удовлетворяется немецкими производителями и примерно 33% за счет импорта. Компании-производители работают в тесном сотрудничестве с ведущими немецкими научно-исследовательскими институтами – Институтом солнечной энергетики (Нижняя Саксония), Институтом солнечных энергосистем научного общества Фраунгофера, Штуттгартским институтом термодинамики и тепловой энергетики, что позволяет постоянно совершенствовать технологии и снижать себестоимость продукции.

### **1.2.5. Развитие малой гидроэнергетики и геотермальной энергетики**

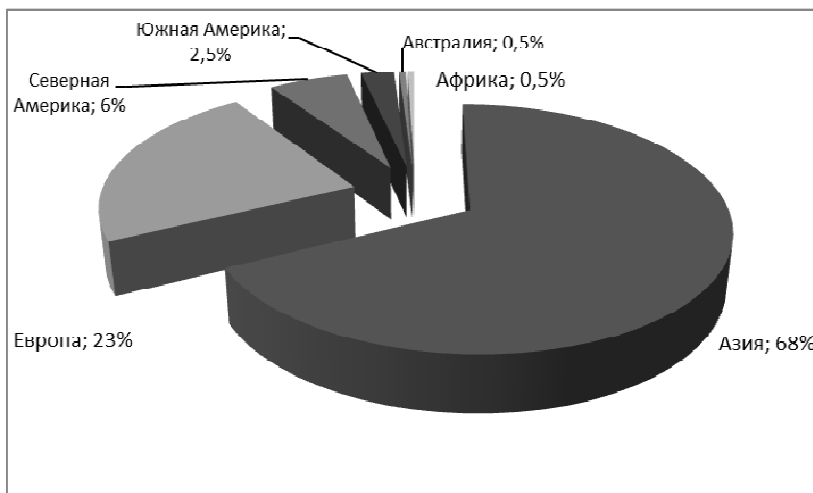
Малая гидроэнергетика может рассматриваться как одно из старейших направлений в альтернативной энергетике во всем мире, в том числе, и в России. Еще в 1861 году на уральских заводах работало свыше 1600 водяных колес. Мощный толчок для развития малая гидроэнергетика получила в Советском Союзе в период с 1946 по 1952 год, когда по всей территории станы было

---

<sup>1</sup> Подробнее стимулирование внедрения «зеленых» технологий изучается в главе 4 данной книги.

построено свыше 7000 малых ГЭС. В последние десятилетия доля малых ГЭС в общем энергобалансе страны неуклонно снижалась. Более 90% всех построенных ранее малых ГЭС на 2008 год оказались списанными.

В то же время современный уровень развития малой гидроэнергетики в мире достаточно высок. Суммарная мощность установленных МГЭС в мире на 2009 год оценивалась в более чем 75 ГВт [130]. Лидером среди регионов мира по производству энергии от малых ГЭС является Азия (рис. 1.8), в первую очередь, за счет таких стран как Китай и Индия. Рынок малой гидроэнергетики Китая стремительно растет, поддерживаемый государственными программами электрификации сельской местности. В настоящее время более 30% провинций Китая обеспечивают свои нужды в электричестве за счет малой гидроэнергетики [125]. В 2009 году мощность МГЭС в Китае оценивалась в 51 ГВт.

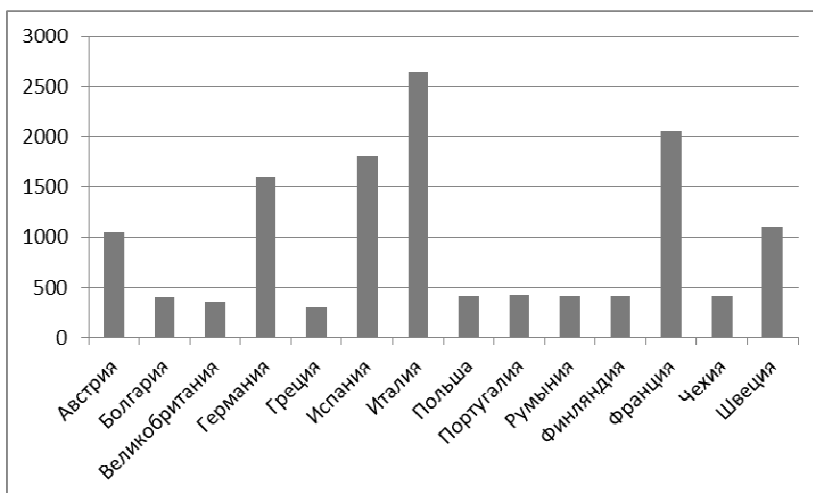


**Рис. 1.8** Распределение установленной мощности малых ГЭС по регионам мира в 2011 г.

Большое внимание этому сектору энергетики также уделяется в Европе. В последние годы достигнут значительный прогресс в разработке малых гидроагрегатов с различными типами



рабочих колес, которые удовлетворяют повышенным техническим и экологическим стандартам, не требуют постоянного присутствия обслуживающего персонала, обладают повышенным ресурсом работы и высоким КПД в широком диапазоне рабочих напоров и расходов воды. Европейскими лидерами по установленным мощностям МГЭС являются Италия (21%), Франция (17,5%), Испания (15,5%), Швеция (9,6%) и Австрия (9,4%) (рис. 1.9, сост. по данным [130]).



**Рис. 1.9** Суммарная установленная мощность малых ГЭС в странах Европы в 2009 году

Говоря о развитии геотермальной энергетики необходимо выделить два основных направления использования геотермальной энергии – преобразование геотермальной энергии в электрическую и прямое использование, в основном, для обогрева помещений и горячего водоснабжения).

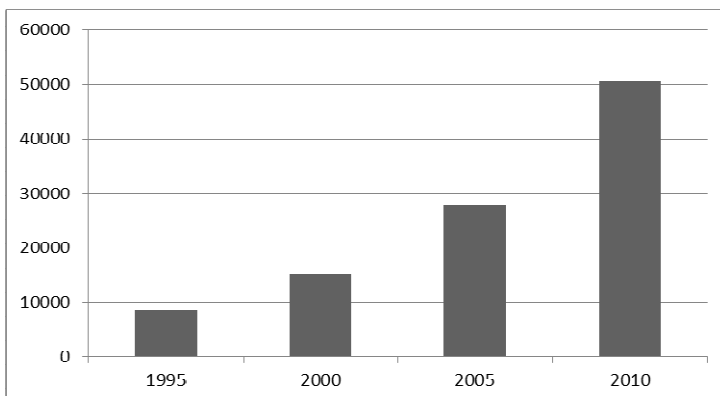
Преобразование геотермальной энергии в электрическую, в силу природных условий, возможно не во всех странах и не на всех территориях. Страны, производящие электрическую энергию за счет трансформации геотермальной, и их объемы генерации в динамике представлены в табл. 1.7.

Таблица 1.7

## Динамика объемов генерации геотермальной энергии

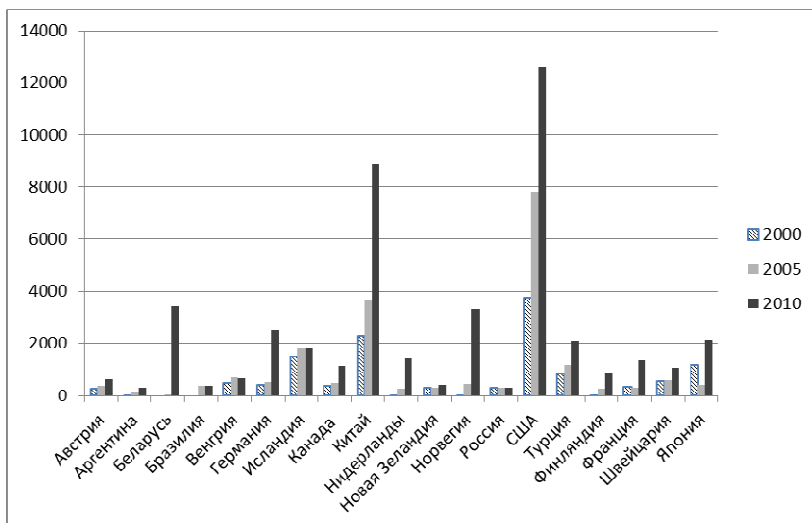
Страна	Объемы генерации энергии, МВт				
	1990	1995	2000	2005	2010
Австралия	0	0,2	0,2	0,2	1,1
Австрия	0	0	0	1	1,4
Гватемала	0	33,4	33,4	33	52
Германия	0	0	0	0,2	6,6
Индонезия	144,8	309,8	589,5	797	1197
Исландия	44,6	50	170	322	575
Италия	545	631,7	785	790	843
Кения	45	45	45	127	167
Китай	19,2	28,8	29,2	28	24
Коста-Рика	0	55	142,5	163	166
Мексика	700	753	755	953	958
Никарагуа	35	70	70	77	88
Новая Зеландия	283,2	286	437	435	628
Папуа Новая Гвинея	0	0	0	39	56
Португалия	3	5	16	16	29
Россия	11	11	23	79	82
Сальвадор	95	105	161	151	204
США	2774,6	2816,7	2228	2544	3093
Тайланд	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Турция	20,6	20,4	20,4	20,4	82
Франция (Гваделупья)	4,2	4,2	4,2	15	16
Филиппины	891	1227	1909	1931	1904
Эфиопия	0	0	8,5	7	7,3
Япония	214,6	413,7	546,9	535	546
<b>Всего</b>	<b>5831,7</b>	<b>6866,8</b>	<b>7974,1</b>	<b>9064,1</b>	<b>10716,7</b>

Прямое использование геотермальных ресурсов распространено гораздо шире и растет с каждым годом (рис. 1.10).



**Рис. 1.10 Прямое использование геотермальной энергии в мире (МВт) в 1995-2010 гг**

На рис. 1.11 приведена диаграмма, иллюстрирующая динамику прямого использования геотермальной энергии в МВт в странах-лидерах по данному показателю на 2010 гг.



**Рис.1.11 Динамика прямого использования геотермальной энергии в некоторых странах в 2000-2010 гг.**

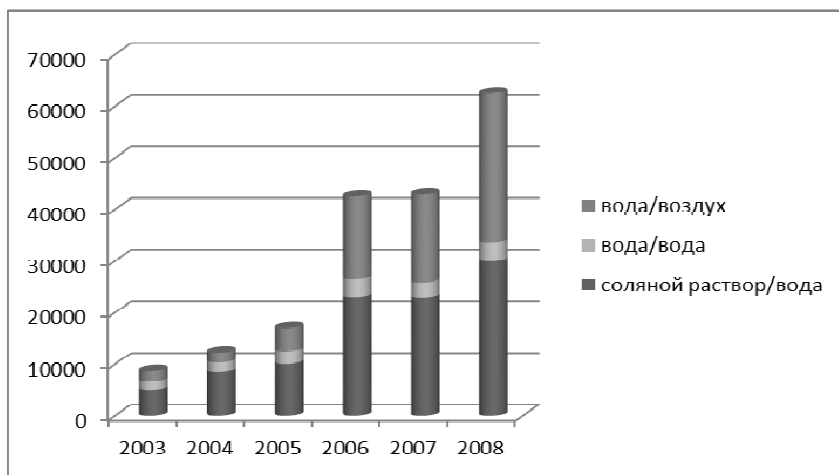
Наиболее широко прямое использование геотермальной энергии распространено в США. Несмотря на то, что использо-

вание геотермальной энергии для нужд сельского хозяйства (обогрев теплиц и сушка), рыбоводства и коммунальных нужд за последние пять лет осталось примерно на прежнем уровне, количество установленных в жилых и коммерческих помещениях геотермальных тепловых насосов значительно увеличилось. Преимущества тепловых насосов, в сравнении с газовым, дизельным и электрическим отопительным оборудованием несомненны. Так, по данным Министерства энергетики РФ, применение теплового насоса в 2-2,5 раза выгоднее самой эффективной (газовой) котельной. Основное отличие теплового насоса от других генераторов тепловой энергии заключается в том, что при производстве тепла до 80% энергии извлекается из окружающей среды. Они не сжигают топливо, а следовательно, не выбрасывают в атмосферу вредные окислы. Применяемые в них в качестве хладагента фреоны не содержат хлороуглеродов и озонобезопасны. В общей сложности в течение последних пяти лет в США было реализовано 20 новых проектов по прямому использованию геотермальной энергии.

Количество установленных геотермальных тепловых насосов постоянно растет на протяжении последних 15 лет, По оценкам специалистов в 2010 году было установлено 100 000 до 120000 тепловых насосов, а общее количество инсталляций достигло одного миллиона устройств, установленных, в основном на Среднем Западе и восточных штатах. Это соответствует годовому объему рынка в 2-3 млрд. долл. Более 50% были установлены в 10 штатах (Флорида, Иллинойс, Индиана, Айова, Мичиган, Миннесота, Небраска, Нью-Йорк, Огайо и Пенсильвания) (EIA, 2008). Около 70% единиц установленного в жилых домах, а остальные 30% - в коммерческих и административных зданиях. Примерно 90% тепловых насосов составляют устройства замкнутого цикла, а остальные – устройства с открытым циклом (вода-источник). Крупнейшая установка в настоящее время находится в стадии строительства для *Ball State University*, штат Индиана, где 4100 вертикальных контуров было установлено для обогрева и охлаждения более 40 зданий с использованием геотермальных тепловых насосов [131].

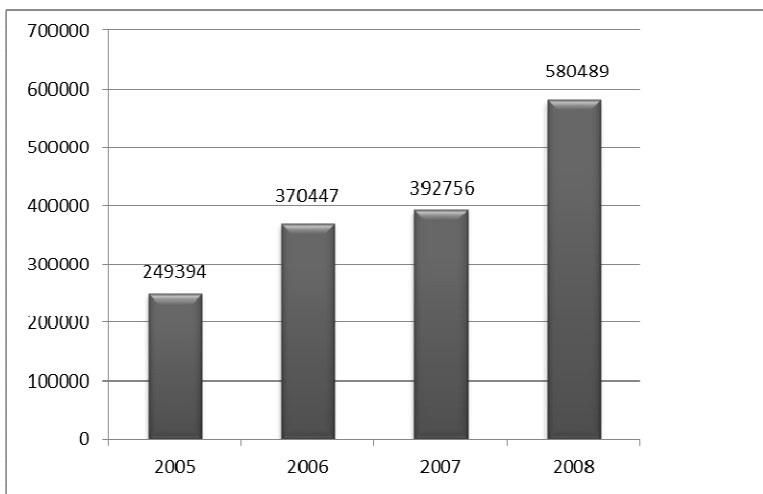
Интересен также опыт Германии по развитию различных технологий тепловых насосов. В 2010 году около 58% всех новых немецких обогревательных систем использовали возобновляемые источники энергии, что составляет 13% роста менее чем за 2 года. Германия является вторым крупнейшим производителем тепловых насосов в Евросоюзе. Более 80 000 тепловых насосов производится в Германии ежегодно [116].

В 2008 году в Германии было продано 62 000 тепловых насосов, а всего к концу 2008 года в стране было установлено около 350 000 тепловых насосов. Рынок водяных и воздушных тепловых насосов переживает бурный рост (рис. 1.12). Количество установленных тепловых насосов к 2015 году прогнозируется на уровне 121 300, что составляет в стоимостном выражении 1,34 млрд. долл. США, с ежегодным приростом объемов продаж 12.2% [116].



**Рис. 1.12 Рост продаж тепловых насосов в Германии в 2003-2008 гг.**

Что касается европейского рынка тепловых насосов в целом, то в 2008 году было установлено 580 489 тепловых насосов. Это 50% прироста по сравнению с 2007 годом, с общей выручкой 4,35 млрд. долл. США (рис. 1.13).



**Рис. 1.13 Рост продаж тепловых насосов в Европе**

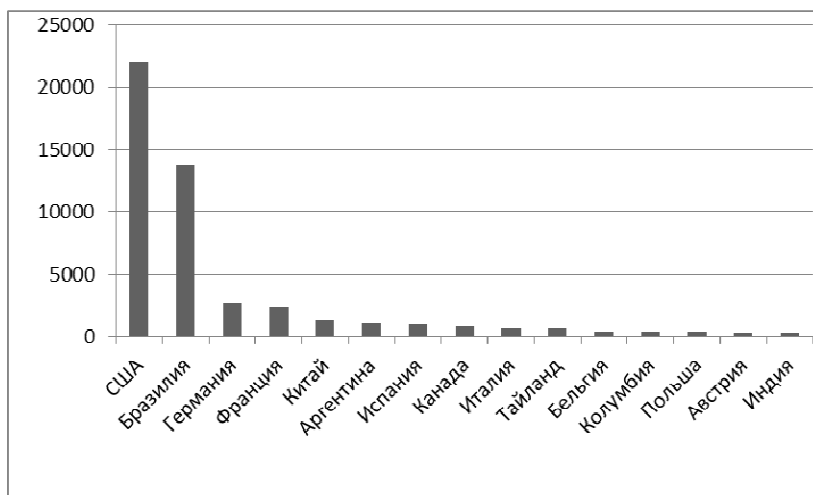
Разрабатываемые и вводимые правительством нормы и стандарты энергоэффективности поощряют широкое использование тепловых насосов, например, за счет введения специальных льготных тарифов для отопительных систем, работающих от тепловых насосов. Существует несколько государственных программ, рассчитанных на 2009-2012 годы, стимулирующих промышленное применение энергосберегающего отопления и охлаждения, в то числе, за счет возобновляемых источников энергии, с общим объемом финансирования, достигающим 500 млн. евро в год. Следует отметить, что возможностей для финансового стимулирования энергосбережения при отоплении жилых и нежилых помещений становится все больше и больше. Такие программы существуют как на национальном, так и на местном уровне.

Один из основных показателей эффективности работы тепловых насосов, широко используемый при принятии решений о финансировании проектов, - его *коэффициент преобразования тепла* (КПТ). Например, при переоборудовании уже построенного здания тепловым насосом можно добиться экономии энергии в размере 30 евро на квадратный метр при использовании

водяного насоса или до 4500 евро на квартиру при использовании водяного/соляного насоса с КПТ 4.5. В новых зданиях возможно достичь КПТ 4.7 [116].

### 1.2.6. Рынки биотоплива

В настоящее время мировыми лидерами по производству жидкого биотоплива (биоэтанола и биодизеля) для транспортных нужд являются США и Бразилия (рис. 1.14).

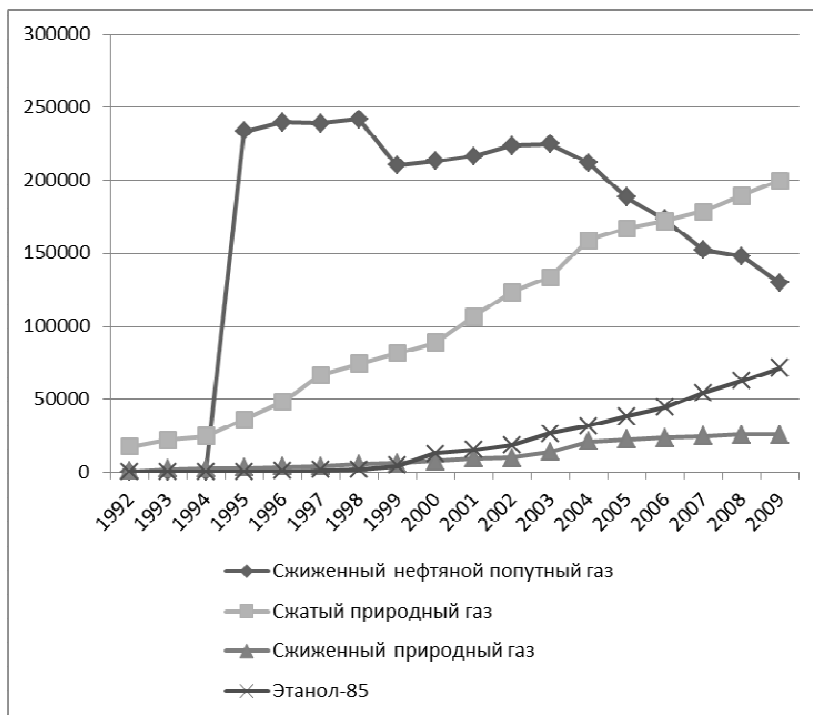


**Рис. 1.14 Производство биотоплива в 2009 г (в тыс. тонн нефтяного эквивалента)**

В основном, используются технологии первого поколения (см. п. 1.1). Программы поддержки исследований и разработок в данном направлении в США ведутся уже давно, что отражается на динамике производства и потребления нетрадиционных видов топлива (рис. 1.15).

В 2007 году администрация президента Буша подписала документ, называемый актом энергетической независимости и безопасности (*Energy Independence and Security Act*) в котором была обозначена цель достичь уровня производства биотоплива в 36 млрд. галлонов к 2022 году, из которых, по меньшей мере, 21 млрд. галлонов должно составить биотопливо новых поколе-

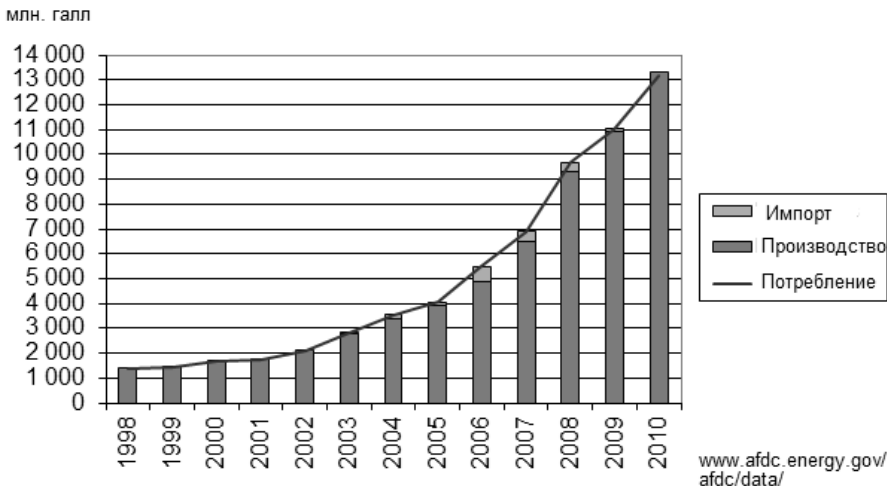
ний, т.е. этанол или другие виды топлива, добываемые не из кукурузы или других пищевых культур.



**Рис. 1.15 Потребление альтернативных видов топлива в США**

Производство этанола в США достигло достаточно внушительных показателей (рис. 1.16). Однако рост производства до недавнего времени достигался за счет применения технологий, характеризующихся большими экологическими и социальными рисками, такими как высокое потребление питьевой воды для производственных нужд, сокращение площади сельскохозяйственных угодий для производства продуктов питания и др., возникающими при производстве этанола из кукурузы, соевых бобов или других зернобобовых культур.





**Рис. 1.16 Производство и потребление этанола в США (млн. галл)**

В последние 5-10 лет в США предпринимаются значительные усилия по разработке и промышленному освоению технологий производства биотоплива второго и третьего поколений - целлюлозного этанола, топлива из растительных отходов, отходов рыбного хозяйства, а также биотоплива из аквакультур или зерновых культур, специально выращенных с этой целью на землях, непригодных для выращивания продовольственных сельхозкультур.

Европейское производство биодизеля постепенно укрепляет свои позиции на международном уровне, несмотря на более снижение темпов роста производства в 2009 году. С общим объемом производства 10,2 млрд. л биодизеля в 2009 производство биодизеля в ЕС возросло на 16,6% по сравнению в 2008 г. Хотя этот показатель значительно ниже роста производства на 35% зарегистрировано в 2008 году и в предыдущие годы (54% в 2006 году и 65% в 2005 году), тенденция роста производства свидетельствует о жизнеспособности сектора производства биодизельного топлива, которому даже в условиях кризиса удалось сохранить свои позиции на рынке. Это, однако, гораздо меньше

показателей, которые могут достичь европейские производители биодизельного топлива в более благоприятных условиях.

В 2009 году производство биодизеля сократилось в ряде стран-членов ЕС, в том числе Германии, Греции и Великобритании, но произошло расширение производства в других странах, таких как Австрия, Бельгия, Финляндия, Италия, Нидерланды, Польша и в Испании, которая в 2009 году заняла место в Италии - третьего по величине производителя биодизеля в ЕС после Германии и Франции.

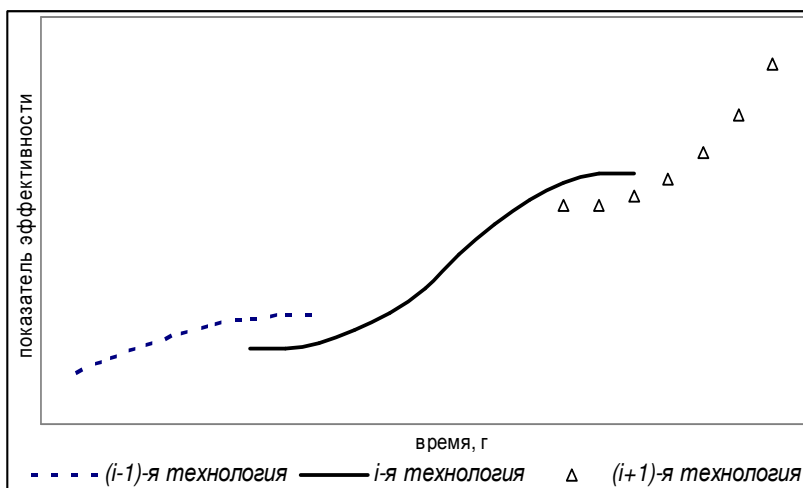
Низкие темпы роста производства биодизеля в ЕС и снижение коэффициента использования производственных мощностей в 2009 году также объясняются сохранением недобросовестной торговой практики на мировом рынке биодизеля. С начала 2007 года, рентабельность производителей биодизеля в ЕС была серьезно снижена за счет появления на рынке биодизеля из США (известного как *B99*), производство которого было в значительной степени субсидировано государством. Американский биодизель *B99* был продан в ЕС со значительной скидкой. Конечная цена была ниже, чем сырой масляный соевый материал, используемый в качестве сырья для производства биодизеля. В связи с этим в марте 2009 года Европейская Комиссия была вынуждена принять ряд антидемпинговых и компенсационных мер. Тем не менее, вскоре после введения антидемпинговых мер, США стали применять обходные практики, такие как поставки биодизеля через Канаду и производство искусственных смесей, на которых не распространяются пошлины ЕС. В первом квартале 2010 года, Европейский совет производителей биодизеля выявил ряд мошеннических практик стороны США практики и обратился к Еврокомиссии с просьбой разработать новые более жесткие антидемпинговые меры.

### **1.2.7. Макроэкономические аспекты развития «зеленых» технологий**

В последние несколько лет в мире наблюдается глобальный финансово-экономический кризис, сопровождающийся спадом платежеспособного спроса на товары и услуги, как следствие –

закрытием предприятий, сокращением занятости и т.п. На первый взгляд, он обладает всеми свойствами обычной депрессии. В связи с этим правительства многих экономически развитых стран мира проводят политику, рекомендованную кейнсианцами еще по результатам Великой депрессии, т.е. увеличивают автономные государственные расходы, рассчитывая на оживление экономической активности и мультипликативные эффекты, подробнее см., например, [35].

Однако, планируя и реализуя такую политику, необходимо учитывать и технологические факторы. Характерная динамика технологического развития может быть схематично представлена в виде т.н. *S-образной кривой*<sup>1</sup>, см. рис. 1.17.



**Рис. 1.17. Типичная динамика развития технологий**

На начальном этапе развития новой технологии её эффективность невелика (нередко даже по сравнению с существующими технологиями, что порождает т.н. *технологические разрывы*, хорошо видимые на рис. 1.17), и повышается медленно. Затем, по мере накопления знаний и опыта, начинается бурное

<sup>1</sup> Разумеется, *S-образные кривые* являются лишь простейшей моделью процесса развития технологий. В реальности этот процесс является ступенчатым, а не непрерывным.

развитие данной технологии, в ходе которого ее эффективность радикально возрастает. И, наконец, эффективность технологии приближается к пределам, обусловленным законами природы. При этом повышение эффективности требует все больших затрат. Именно в этот период, на верхнем участке S-образной кривой, может получить развитие новая технология, которая поначалу уступает старой, но имеет большой потенциал развития.

Как правило, смена т.н. *технологических укладов* (ТУ) – совокупностей взаимосвязанных технологий и институтов – сопряжена с кризисами и структурными сдвигами в экономике. В каждом ТУ выделяют т.н. *ядро* – ведущие отрасли и виды деятельности, которые развиваются наиболее быстро, а также *ключевые факторы* – технологические новшества, открывшие дорогу развитию ведущих отраслей. По мере исчерпания возможностей совершенствования этих технологий, они приносят все меньшую отдачу (что соответствует верхнему участку S-образной кривой), и, после преодоления технологического разрыва, «локомотивами» инновационного развития становятся уже иные отрасли, составляющие ядро нового ТУ.

Проводя экспансионистскую политику, повышая государственные расходы, целесообразно выбирать такие отрасли и направления инвестирования, которые, действительно, могли бы стать «точками роста» - т.е. отрасли, составляющие ядро нового ТУ, и технологии, являющиеся его ключевыми факторами. Но если государственные инвестиции будут направлены в отрасли с падающей отдачей, находящиеся на заключительной стадии инновационного цикла, ожидаемый мультипликативный эффект не проявится, и государственные расходы послужат лишь «драйвером» инфляции, а не экономического роста и восстановления занятости.

Эксперты различных уровней и стран практически едины в своем мнении о том, что следующий технологический уклад развития экономики будет базироваться в т.ч. на использовании возобновляемых источников энергии. Большое развитие получат технологии повышения энергоэффективности всех без исключения отраслей экономики, а также технологии производст-

ва материалов и конструкций замкнутого цикла с высокой степенью переработки вторичного сырья. Т.е. «зеленые» технологии рассматриваются как один из ключевых факторов следующего технологического уклада. Поэтому вслед за Германией в гонку за лидерство на рынке «зеленых» технологий в последние десятилетия так же активно включились США, предложив развитие альтернативной энергетики в качестве основного пути для преодоления экономического спада и выхода из кризиса, и Китай – наиболее динамично развивающаяся из числа крупных экономик мира.

И на первый взгляд, «зеленые» технологии действительно, оправдывают возложенную на них роль «драйвера» экономического роста. В качестве примера рассмотрим процесс развития солнечной энергетики в США. И хотя доля этого вида энергии в общем энергобалансе страны еще слишком незначительна (не более 1%) положительное влияние сектора солнечной энергетики на экономический рост неоспоримо: по состоянию на август 2011 года, в секторе солнечной энергетики США работало 100237 человек<sup>1</sup>. Рост занятости в секторе солнечной энергетики составил 6735 новых рабочих мест за период с августа 2010 года по август 2011 года, что составляет 6,8%. Для сравнения: за аналогичный 12-месячный период рост занятости в американской экономике в целом составил всего 0,7%, в то время как в секторе добычи и переработки ископаемого топлива произошло сокращение рабочих мест на 2%. Ожидания дальнейшего роста занятости в данном секторе достаточно высоки (см. табл.1.8). Однако до сих пор многие «зеленые» технологии развивались лишь при активной государственной поддержке. Как показано выше, она оправдана в ситуации смены технологических укладов, необходима для преодоления технологических разрывов. Но при этом возникают опасения, что, поддерживая развитие тех или иных новых технологий, государства «не угадают» истинное направление прорыва, поддерживая малоперспективные

---

<sup>1</sup> Это количество определяется как число работников, которые тратят не менее 50% своего рабочего времени на деятельность, связанную с солнечными энергетическими системами.

технологии, которые так и не смогут обойтись без поддержки. Т.е. возможно, что государства проявляют, по выражению одного из идеологов неоллиберализма Ф.А. фон Хайека, «пагубную самонадеянность». Более того – может оказаться даже, что инновации, получающие поддержку, вредны или небезопасны. В связи с этим, необходим тщательный и комплексный анализ эффективности и рисков развития «зеленых» технологий.

**Таблица 1.8**

**Прогноз занятости в секторе солнечной энергетики в США<sup>1</sup>**

Сектор	2010	2011	2012 прогноз	Ожидаемый рост 2011-2012	Ожидаемый прирост 2011-2012
Инсталляция	43934	52503	65 571	13 068	22%
Производство	24916	24064	27537	3 473	14%
Продажи и дистрибуция	11744	17722	23 910	6 188	35%
Другое	12908	5 948	6 933	985	17%
<b>Итого</b>	<b>92502</b>	<b>100237</b>	<b>123 951</b>	<b>23 714</b>	<b>24%</b>

Опять-таки, на первый взгляд, вышеописанный выбор направления инновационного прорыва (развитие «зеленых» технологий) представляется однозначно верным. Во-первых, наблюдающийся в последние годы глобальный финансово-экономический кризис, по мнению многих экономистов [55], является не рядовым циклическим кризисом (спадом в очередном деловом цикле), а системным кризисом сложившегося экономического миропорядка. И, как будет показано далее, он непосредственно связан с глобальными ресурсными ограничениями, на ослабление которых и нацелены «зеленые» технологии. Во-вторых, технико-экономическая логика смены технологических укладов также позволяет считать «зеленые» технологии естественным кандидатом на роль ключевого фактора нового технологического уклада. Поскольку предыдущие уклады базировались на прогрессирующем росте расходования разнообраз-

<sup>1</sup> По данным *The Solar Foundation*, [133].

ных природных ресурсов, рано или поздно должны были обостриться глобальные ресурсные ограничения, и теперь станут особенно перспективными инновации, разрешающие назревшие противоречия. Модельный анализ возможностей использования «зеленых» технологий в качестве «антикризисного рычага» проведен, например, в работе [78].

Тем не менее, как будет показано далее, не следует считать, что «зеленые» технологии априори благотворны и автоматически решат описанные выше экологические и социальные проблемы. Разумное обращение с любыми природными ресурсами и бережное отношение к экологии подразумевают изменение не только технологических процессов, но и культуры потребления в обществе, рыночных институтов, государственного регулирования и управления. Одна из целей этой работы – определить направления этих изменений.

В свою очередь, наибольший практический интерес представляет собой влияние «зеленых» инноваций на развитие нашей страны. Нуждается в корректном научном обосновании политика России в сфере «зеленых» технологий.

С одной стороны, на первый взгляд, России необходимо догонять передовые в данном смысле державы мира – в противном случае, она лишится и важных источников дохода, связанных с экспортом полезных ископаемых, и возможности развития собственной промышленности, которая будет признана «экологически грязной». По ряду оценок, реализация мер по развитию альтернативной энергетики, предусмотренных энергетическими стратегиями США, Германии, Китая и целого ряда других государств, а также введение международных стандартов в области энергоэффективности и систем энергетического менеджмента серии ИСО 50001 могут отразиться на российской экономике таким образом, что среднегодовые темпы прироста реального ВВП уже в период до 2020 г. могут составить не более 1,2% вместо 3,9%, достигнутых в период 1995-2009 гг., а в период 2020-2030 гг. упасть до 0,9% [59].

Но с другой стороны, в настоящее время ключевую роль в экономике России играет именно добыча ископаемых энергоно-

сителей, они во многом определяют структуру российского экспорта и место России в мировой экономике и в глобальной геополитической системе. В связи с этим, ряд специалистов полагает развитие «зеленых» технологий неактуальным для нашей страны, в силу ее высокой обеспеченности традиционными видами природного сырья, и даже вредным – на том основании, что переход к альтернативным источникам энергии снизит мировой спрос на основные позиции российского экспорта. Однако такие опасения, как будет показано в одной из последующих глав, экономически не оправданы. Важнее иное: как будет показано далее, есть основания полагать, что траектория «зеленого» развития ведущих экономически развитых стран мира тоже не является оптимальной, причем, не только для нашей страны, но и для самих тех стран, которые предлагается принять в качестве примеров для подражания.

### *ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1*

1. С технологической точки зрения, «зеленые» технологии позволяют экономить или воспроизводить ограниченные природные ресурсы, а также сократить экологическую нагрузку на окружающую среду. Иногда эти положительные следствия проявляются для одних и тех же технологий.

Многообразие видов «зеленых» технологий, в т.ч. альтернативных источников энергии, позволяет выбрать оптимальные варианты для различных природно-климатических условий, особенностей системы расселения и т.п. факторов.

2. В настоящее время альтернативные источники энергии занимают незначительное место в мировом энергобалансе, однако прогнозируется рост их доли в ведущих промышленно развитых странах мира до нескольких десятков процентов уже в ближайшей перспективе (через 10-20 лет). На данный момент развитие большинства видов альтернативной энергетики возможно лишь при поддержке государства, однако представляется достижимой (по мере развития технологий) и коммерческая эффективность их применения.



3. Развитие «зеленых» технологий играет важную роль в стратегиях преодоления глобального экономического кризиса, поскольку они рассматриваются как один из ключевых факторов нового технологического уклада и перспективное направление вложения средств (в т.ч. государственных антикризисных расходов). Кроме того, они рассматриваются как средство разрешения тех системных противоречий в современной мировой экономике, которые и привели к наблюдаемому кризису.

## **Глава 2. Комплексный анализ эффективности и рисков внедрения «зеленых» технологий**

### **2.1. АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИЙ С УЧЕТОМ РЕСУРСНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ**

#### **2.1.1. Социально-экономическая сущность «зеленых» технологий**

Экономический анализ феномена «зеленых» технологий должен начинаться с основного вопроса экономики: «зачем»? Какие проблемы человечества они решают? Для ответа на этот вопрос придется вспомнить, какие проблемы человечество приобрело в процессе развития экономики и технологий.

Одним из основных трендов инновационного технологического развития последних столетий являлось сокращение трудоемкости обеспечения человека теми или иными благами. Прогресс шел, главным образом, по пути облегчения труда (путем его механизации и автоматизации) и сокращения затрачиваемого на него времени<sup>1</sup>. Поначалу это позволило сократить продолжительность работ по самообслуживанию и уделять больше времени товарному производству. Далее, по мере углубления специализации в товарном производстве, удавалось повысить его производительность, лучше удовлетворяя известные потребности, а затем и создавая новые. Но, как правило, эти результаты достигались ценой прогрессирующего роста потребления ресурсов – как удельного, так и совокупного.

Так, например, современные транспортные технологии радикально облегчили и ускорили перемещение человека в пространстве. Если пешком человек способен преодолевать на равнинной местности порядка 5 км в час, на велосипеде или на лошади (в длительном режиме) – 15-20 км, то на автомобиле, в среднем – уже порядка 50-60 км в час, а на реактивном самолете

---

<sup>1</sup> В политэкономии на этот счет принято выражение «замещение живого труда овеществленным» (в машинах, механизмах и т.п.).

– около 500-600 км<sup>1</sup>. Т.е. удельные затраты времени пассажира на километр пути составляют, соответственно, 10 мин.; 1 мин.; 6 сек. При этом последний вариант требует затрат топлива порядка 20-25 г на пассажиро-километр, см. [33]. Аналогичный порядок величины характерен и для автомобильного транспорта<sup>2</sup>.

Можно сопоставить эти значения с удельными затратами энергии пешехода. Удельная теплота сгорания углеводородных топлив – автомобильного топлива (бензина) и реактивного топлива (керосина) составляет порядка 40-44 МДж/кг, т.е. на пассажиро-километр расходуется порядка 1 МДж энергии. При этом энергозатраты пешехода, разумеется, сильно варьируют в зависимости от множества факторов – скорости перемещения, массы самого пешехода и наличия груза, климатических условий, рельефа местности и дорожного покрытия, стиля ходьбы и подготовленности индивида, и т.д. Но порядок величины можно оценить вполне достоверно. По данным спортивных медиков и физиологов, средние энергозатраты пешехода составляют (для взрослого человека той же массы, что и типовой пассажир), 10-25 кДж/мин, см. [62].

Поскольку для преодоления 1 км со скоростью 5-6 км/ч пешеходу требуется порядка 10-12 мин, соответствующие энергозатраты составят порядка 100-300 кДж/км, что в 3-10 раз меньше, чем эквивалентные энергозатраты при автомобильных или авиaperевозках. Однако удельные энергозатраты пешехода, в принципе, могли быть даже выше, чем у пассажира автомобиля или самолета, но индивидуальное потребление ресурсов при пе-

---

<sup>1</sup> Несмотря на то, что крейсерская скорость современных реактивных самолетов составляет 800-900 км/ч, *рейсовая скорость*, т.е. отношение длительности полета к расстоянию, ниже вследствие неравномерности и непрямолинейного характера движения, маневров в начале и конце полета и т.п. Причем, она тем выше, чем больше дальность поездки и, соответственно, больше доля времени полета в крейсерском режиме.

<sup>2</sup> Примечательно, что современная реактивная авиация, обеспечивая на порядок более высокую скорость перемещения, по удельному расходу топлива сопоставима с автомобильным транспортом, причем, даже с автобусным, не говоря уже о легковых автомобилях (тем более, при неполной их загрузке, которая практикуется чаще всего).

реходе индивида к современным транспортным технологиям все равно многократно возрастет. В данном случае имеет место следующее: получив возможность передвигаться на 1-2 порядка быстрее, чем пешком, люди будут ездить гораздо чаще и дальше, чем до того. Они ограничены календарным «бюджетом» времени, составляющим 24 часа в сутки. И если ранее поездка на сотни, а тем более, тысячи км требовала многих дней или даже месяцев пути (а потому для большинства граждан была событием исключительным, и предпринималась лишь при переселении или в качестве паломничества), то теперь она может быть предпринята в течение одного дня.

Упрощенно можно формализовать описанный эффект следующим образом. Обозначим календарный «бюджет» времени индивида  $T$ , трудоемкость обеспечения некоторым благом  $l$ , ресурсоемкость данного блага (т.е. удельный расход ресурсов на единицу блага)  $g$ . Нижний индекс «0» будет соответствовать исходной, доиндустриальной технологии. Численность населения обозначим  $N$ . Таким образом, изначально суммарная потребность человечества в ресурсах данного вида находилась на следующем уровне:

$$D_0 = N \cdot g_0 \cdot \frac{T}{l_0}.$$

Суммарный объем имеющихся в наличии ресурсов обозначим  $S$ . Как правило,  $D_0 < S$ . Тем более, что, как правило, технологии доиндустриального уклада предусматривают расходование возобновляемых природных ресурсов, подробнее см. [48] (например, энергоносителями для отопления служили дрова и т.п. материалы; источниками энергии для передвижения пешком или на лошадях служили биоресурсы) – их пользователям приходилось веками или даже тысячелетиями быть «ближе к природе»<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Впрочем, и в доиндустриальную эпоху, вопреки современному стереотипу, встречались примеры ресурсных и экологических кризисов, сведения лесов, уничтожения пастбищ вследствие их хищнической

Однако в индустриальную эпоху появились новые, прогрессивные технологии удовлетворения тех же потребностей, которые характеризуются существенно меньшей трудоемкостью:  $l_1 \ll l_0$ , где индекс «1» соответствует прогрессивной технологии. При этом ее ресурсоемкость, в принципе, может быть даже ниже, чем у доиндустриальной технологии ( $g_1 < g_0$ ), но существенно то, что отношение ресурсоемкости к трудоемкости выше:  $\frac{g_1}{l_1} > \frac{g_0}{l_0}$ . Как следствие, при том же календарном «бюджете» времени индивидуальное потребление ресурсов возрастает.

Вполне возможно, что потребность в благах данного вида насыщается, и этот рост будет ограниченным – но высвобождение времени порождает новые потребности, нередко сопряженные с еще большим расходом ресурсов. При этом все население уже не может воспользоваться новыми технологиями:  $N \cdot g_1 \cdot \frac{T}{l_1} > S$ .

К каким последствиям это приводит?

Как правило, обойтись только возобновляемыми ресурсами уже не удастся. Так, современные технологии транспорта и энергетики потребовали массовой добычи ископаемого топлива, поскольку «естественных» возобновляемых энергоресурсов наподобие дров заведомо не хватило бы. Кроме того, ресурсы становятся дефицитными, и в действие вступают ценовые механизмы ограничения их потребления, а также перераспределения их ограниченного объема. Как сказано выше, ограниченных ресурсов уже не хватает на всех, поэтому происходит расслоение населения на тех, кому доступно пользование прогрессивными технологиями (обозначим их число  $N_1$ ), и всех остальных, таким образом, чтобы выполнялось условие

---

эксплуатации, истребления ценных видов промысловых животных и т.п.

$$D_1 = N_1 \cdot g_1 \cdot \frac{T}{l_1} + (N - N_1) \cdot g_0 \cdot \frac{T}{l_0} \leq S.$$

Таким образом, максимально возможное число пользователей прогрессивной технологии не может превышать следующего порога:

$$N_1 \leq N_1^{\max} = \frac{S - N \cdot T \cdot \frac{g_0}{l_0}}{T \cdot \left( \frac{g_1}{l_1} - \frac{g_0}{l_0} \right)}.$$

Можно возразить, что под действием ценовых механизмов суммарный объем ресурсов (т.е. их предложение) не останется неизменным – вероятнее всего, предложение ресурсов будет возрастать по мере увеличения спроса на них. Однако неограниченное увеличение их добычи невозможно, а попытки его достичь – пагубны. Если участники рынка адекватно представляют себе перспективы исчерпания ресурсов, а ценовой механизм адекватно отражает эти ожидания<sup>1</sup>, ценовая эластичность предложения может быть невысокой. В противном же случае, вопреки теории «рога изобилия», ценовой механизм не воспрепятствует быстрому истощению ресурсов (что в ряде случаев и имело место для ресурсов с низкой исключаемостью).

Если же в ходе научно-технического прогресса появятся технологии с еще большим отношением ресурсоемкости к трудоемкости (обозначим их индексом «2»):  $\frac{g_2}{l_2} > \frac{g_1}{l_1}$ <sup>2</sup>, число их

---

<sup>1</sup> Конкретные модели роста цен на исчерпаемые ресурсы по мере их расходования, начиная с простейшей – т.н. *правила Хотеллинга* – описаны, например, в книге [82].

<sup>2</sup> Собственно, именно такая ситуация имела место при появлении массового авиатранспорта вслед за автомобильным, поскольку, как отмечено выше, авиатранспорт при сопоставимых затратах энергии на пассажиро-километр, обеспечивает на порядок более высокую скорость перевозок.

возможных пользователей станет еще меньшим:  $N_2^{\max} < N_1^{\max}$ , т.е. расслоение усилится.

К сожалению, как показывает простейшее сопоставление значений трудоемкости и ресурсоемкости (для таких отраслей, как транспорт, энергетика и коммунальное хозяйство, сельское хозяйство и производство продовольствия), именно по такому пути, преимущественно, и шел научно-технический прогресс в индустриальную эру, вплоть до новейшего времени. Поэтому, как только человечество (здесь необходимо учесть еще и рост его численности) «уперлось» в глобальные ресурсные ограничения, продолжение развития технологий в описанном направлении неизбежно привело отнюдь не к всеобщему благоденствию, а к усилению неравенства в глобальном масштабе, разделению мира на «Центр», пользующийся прогрессивными технологиями, и «Периферию», обреченную жить в доиндустриальном укладе (подробнее см. [48]), к усугублению т.н. *неэквивалентного обмена* между ними [49].

С одной стороны, на основе современных технологий невозможно обеспечить массовую доступность многих товаров и услуг, являющихся атрибутами высокого качества жизни. С другой стороны, широко известны оценки специалистов в области глобального моделирования (например, т.н. *Римского клуба*, проф. С.П. Капицы и коллектива Института математического моделирования РАН, Института системного анализа РАН, Международного института прикладного системного анализа и др., см., например, [29, 127]), согласно которым, если бы даже удалось снять экономические барьеры на пути обеспечения массовой доступности образа жизни, характерного для наиболее развитых стран мира, и всё человечество смогло позволить себе уровень потребления, характерный для населения США, через несколько лет или даже месяцев планету постиг бы энергетический и экологический коллапс. Таким образом, ограниченность природных ресурсов становится одним из главных препятствий на пути экономического развития во всем мире, на пути повышения благосостояния и качества жизни большей части населения нашей планеты. Соответственно, «зеленые» технологии

призваны разрешить противоречие между экологией и экономикой, обеспечить благосостояние широких слоев населения при соблюдении принципов устойчивого развития. В работе [124] и в др. работах, посвященных классификации «зеленых» технологий, подчеркивается, что сам этот термин уже, чем термин «технологии устойчивого развития» - если первый означает лишь сокращение отходов и затрат природных ресурсов, то второй включает в себя также социально-экономические аспекты. Однако, на наш взгляд, такое деление не нужно, поскольку сама по себе минимизация воздействия на природу и расходования природных ресурсов не имеет значения – важны именно изучаемые здесь социально-экономические следствия.

### **2.1.2. Технологические инновации и благосостояние**

Прежде чем ответить на вопрос о влиянии «зеленых» инноваций на благосостояние общества, необходимо проанализировать влияние любых инноваций в сфере материального производства, сопряженного с расходом ресурсов, на удовлетворение человеческих потребностей<sup>1</sup>. Сами эти потребности можно условно разделить на базовые и прочие. Они удовлетворяются, соответственно, благами первой необходимости и благами прочих категорий – благами второй необходимости, предметами роскоши, и т.п. Выделение благ первой необходимости в данном случае существенно, поскольку и в России, и в мире в целом еще слишком велика доля населения, которая не может в достаточной мере удовлетворить даже базовые человеческие потребности. Преодоление бедности, обеспечение достойного уровня жизни для большинства населения должны быть одними из главных целей экономического развития и технологического прогресса (в т.ч. развития «зеленых» технологий).

Спрос на перечисленные категории благ обладает следующими особенностями (см., например, [25, 35]). Спрос на блага первой необходимости ограничен: существует некоторый уро-

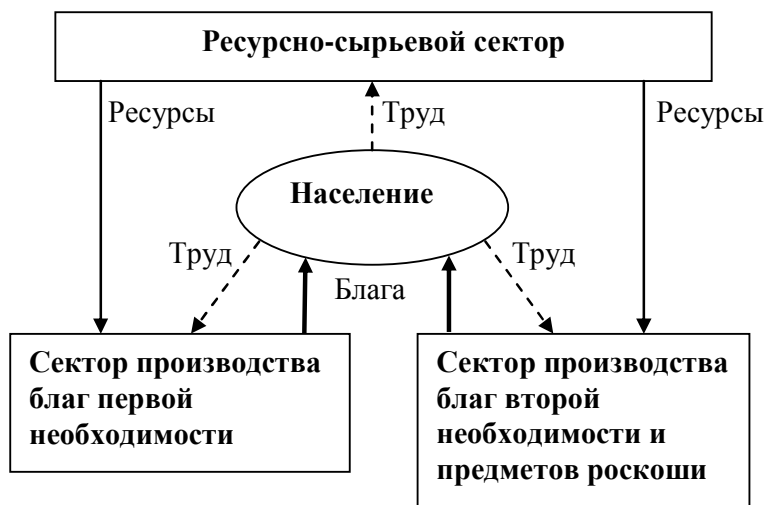
---

<sup>1</sup> В предлагаемом здесь виде этот анализ был впервые предпринят совместно с Е.А. Болбот в работе [37].



вень насыщения, по достижении которого потребитель уже начинает предъявлять спрос на прочие блага. При этом, если для благ первой необходимости важно, в первую очередь, само их наличие (и, соответственно, конкурентоспособность определяется, прежде всего, дешевизной), то при выборе благ второй необходимости, а, тем более, предметов роскоши, потребитель в большей степени обращает внимание на качество (в частности, на потребительские свойства), на неформализуемые характеристики и даже на иррациональные факторы – престижность и т.п.

Возможности производства тех или иных благ определяются, прежде всего, потребными удельными затратами труда и ресурсов (ископаемых, биологических, и т.п.) Поэтому отраслевую структуру экономики можно упрощенно представить в следующем виде, см. рис. 2.1.



*Рис. 2.1. Упрощенная модель экономической системы*

В такой системе взаимодействуют три сектора (отраслевых комплекса):

1) сектор, производящий потребительские блага первой необходимости и необходимые для этого средства производства (основные фонды);

2) аналогичный сектор, производящий блага второй необходимости и предметы роскоши;

3) ресурсно-сырьевой сектор, который обеспечивает первые два необходимыми видами сырья.

В рамках такой упрощенной структуры экономической системы, можно условно выделить следующие группы инноваций:

I. Инновации, которые позволяют удешевить блага первой необходимости, сократив затраты труда и/или ресурсов на их производство.

II. Инновации, позволяющие сделать доступнее блага второй необходимости и предметы роскоши – также за счет сокращения затрат труда и/или ресурсов на их производство.

III. Инновации в сфере производства благ второй необходимости и предметов роскоши могут не приводить к их удешевлению (а даже наоборот), но придавать этим благам более высокий уровень потребительских свойств, что повысит их привлекательность для обеспеченных потребителей. Характерным примером являются сверхзвуковые пассажирские авиaperевозки. По объективным техническим причинам, удельное потребление топлива в расчете на единицу транспортной работы – пассажиро-километр – у сверхзвуковых самолетов будет существенно выше, чем у современных дозвуковых реактивных самолетов<sup>1</sup>. То же самое касается и прочих составляющих себестоимости авиaperевозок. Несмотря на относительно высокую себестоимость таких перевозок, они могут пользоваться спросом у

---

<sup>1</sup> Если у сверхзвуковых самолетов первого поколения, из числа которых в коммерческой эксплуатации до начала 2000-х гг. оставался англо-французский «Конкорд», этот показатель более чем вдвое превышал расход топлива современных им дозвуковых самолетов, то в перспективных проектах второго поколения планируется, что это превышение составит не более 40-50%.

состоятельных пассажиров. При высокой стоимости времени, приблизительно вдвое большая рейсовая скорость сверхзвукового самолета оправдывает дороговизну билетов.

Важно отметить, что, в отличие от всех прочих групп инноваций, инновации данного типа могут привести к образованию нового субсектора, производящего блага второй необходимости и предметы роскоши более высокого качества. Т.е., например, могут сосуществовать сверхзвуковая гражданская авиация и традиционная, дозвуковая. Если в прочих секторах более экономичная технология (в рамках данной упрощенной модели) вытесняет старую, то в данном случае для ряда потребителей (с более высокими доходами) новые блага станут предпочтительнее традиционных, а остальных потребителей не заинтересует улучшение потребительских качеств, достигаемое за счет повышения цены.

IV. Инновации в сырьевом секторе, ослабляющие ресурсные ограничения и снижающие цены сырья для всех остальных секторов (в отличие от инноваций групп I или II, сокращающих удельное потребление ресурсов в конкретном секторе). Это могут быть новые технологии поиска, добычи, доставки и хранения ресурсов, а также переход к использованию более емких источников ресурсов, или к использованию возобновляемых ресурсов.

Разумеется, такое деление является чрезвычайно условным, в силу упрощенной отраслевой структуры модели экономики, принятой здесь. Однако и такое схематичное представление позволяет получить некоторые содержательные качественные выводы. Анализируя реальную историю развития технологий, можно утверждать, что наибольшая инновационная активность наблюдается именно в сфере производства благ второй необходимости и предметов роскоши (группа II). Немалая доля усилий ученых, инженеров, предпринимателей нацелена на создание еще более дорогих благ с улучшенными потребительскими свойствами - *luxury goods*, элитных благ (группа III). Социально-экономические предпосылки такой неодинаковой инновационной активности состоят, прежде всего, в том, что потребители

этих благ более состоятельны и способны оплатить их цену с учетом инновационной ренты, компенсируя новаторам расходы на исследования и разработки, а также обеспечивая им премию за риск.

Что касается благ первой необходимости, безусловно, и в их производстве наблюдается определенный прогресс (инновации группы I). Так, трудно отрицать повышение продуктивности сельского хозяйства, достигнутое благодаря его механизации и мелиорации земель, а также за счет генетической модификации сельскохозяйственных растений и животных<sup>1</sup>. Тем не менее, значительная часть человечества до сих пор удовлетворяет свои первичные потребности, пользуясь технологиями, фактически, доиндустриальной эпохи (см. [48]) – как правило, чрезвычайно трудоемкими, хотя и с относительно низкими затратами ресурсов. Это сопровождается отсталостью соответствующих институтов – например, сельскохозяйственное производство нередко организовано в форме натурального хозяйства (впрочем, эти проблемы взаимосвязаны – низкая продуктивность едва позволяет удовлетворять личные потребности, практически не оставляя излишков продукции для товарного производства).

Инновации группы IV (например, в сфере энергетики, водоснабжения, утилизации отходов) только начинают появляться, поскольку, на первый взгляд, человечество лишь недавно явным образом столкнулось с глобальными ресурсно-экологическими ограничениями своего развития. В то же время, к таковым можно условно отнести некоторые весьма давние инновации – прежде всего, переход от охоты и собирательства к земледелию

---

<sup>1</sup> Риски медико-биологического и экологического характера, связанные с этими инновациями, требуют отдельного анализа, который не может быть проведен в рамках данного исследования. В то же время, генетической модификацией является и селекция, проводившаяся человечеством на протяжении тысячелетий при выведении пород домашних животных и сортов культурных растений. Как правило, соответствующий термин понимается в узком смысле – как модификации, проводимые методами геной инженерии.

можно трактовать как переход от расходования ограниченных ресурсов (в данном случае – биологических) к их целенаправленному воспроизводству. И, как было отмечено во введении, именно этот переход позволил резко раздвинуть рамки ресурсных ограничений на пути роста человечества, позволив его численности на несколько порядков превзойти численность популяций животных аналогичных размеров.

Инновации в отдельных секторах экономики вовсе не являются изолированными – они, во-первых, оказывают влияние на ситуацию в других секторах, и, во-вторых, могут проникать (диффундировать) в другие секторы. Влияние инноваций<sup>1</sup> в определенных секторах экономики на ситуацию в других секторах может проявляться по нескольким каналам. Можно условно выделить следующие каналы воздействия инноваций на благосостояние различных групп населения:

1) прямое воздействие, выражающееся в улучшении обеспечения соответствующими благами;

2) косвенное воздействие, которое, в свою очередь, может принимать следующие формы:

2.1) изменение доходов работников различных секторов;

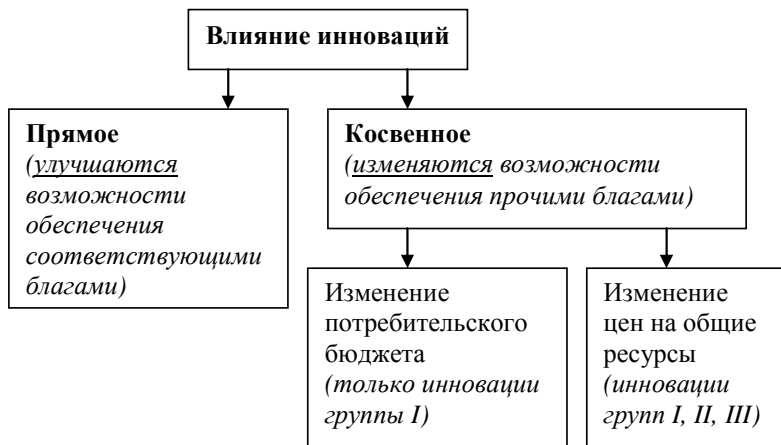
2.2) изменение структуры потребительских расходов;

2.3) изменение цен общих ресурсов, используемых при производстве различных видов благ.

Схематично перечисленные виды эффектов приведены на рис. 2.2. Если прямое влияние инноваций однозначно позитивно, то косвенное влияние, как будет показано далее, может (и тому существует множество примеров) приводить к ухудшению экономического положения даже тех социальных групп, которые, на первый взгляд, не имеют отношения к соответствующим отраслям и рынкам.

---

<sup>1</sup> Здесь рассматриваются именно инновации производственного характера, позволяющие сократить себестоимость производства тех или иных благ, либо придать этим благам лучшие потребительские свойства (в т.ч. и ценой их удорожания).



**Рис. 2.2. Виды влияния инноваций на обеспечение благами**

Благодаря инновациям группы I не только улучшается обеспечение потребителей благами первой необходимости. У некоторых потребителей появляются средства на приобретение благ второй необходимости, а у более состоятельных, которые и ранее приобретали блага второй необходимости и предметы роскоши, высвобождаются дополнительные средства на эти цели. Т.е. инновации в сфере производства благ первой необходимости оказывают позитивное влияние и на доходы всех прочих секторов экономики. Такого свойства лишены инновации групп II и III. В рамках принятой здесь упрощенной модели потребления, на блага второй необходимости и предметы роскоши тратится лишь избыток дохода сверх необходимого для насыщения первичных потребностей. Следовательно, инновации групп II и III сами по себе не способны повлиять на обеспечение потребителей благами первой необходимости. Однако инновации групп I, II и III могут приводить к изменению потребления ресурсов, а инновации группы IV – к росту их производства. Следовательно, любые инновации производственного назначения приводят к изменению цен на ресурсы, доходов сырьевого сектора и потребления благ первой необходимости. Каковы направления этих изменений?

Инновации группы III, порождают, как правило, еще более дорогостоящие и ресурсоемкие блага второй необходимости или предметы роскоши. Создавая избыточный спрос на ресурсы, производители элитных благ способствуют удорожанию ресурсов для всех секторов, что сокращает возможности обеспечения малоимущих потребителей благами первой необходимости. Это можно рассматривать как отрицательный внешний эффект роста потребления элитных и ресурсоемких благ. Рост цены ресурсов выступает сдерживающим фактором на пути увеличения их потребления. Однако понятие «потребление ресурсов» здесь трактуется расширенно – имеется в виду как непосредственно расходование биоресурсов, ископаемого топлива, металлов и др. ресурсов, так и производство отходов, загрязнение окружающей среды, создающее нагрузку на экосистемы. В последнем случае под ресурсами подразумеваются чистый воздух, пресная вода и др. И если расходование ресурсов в узком смысле требует затрат, то создание дополнительной нагрузки на экосистемы (т.е. эксплуатация их поглощающей способности) нередко выступает в качестве внешнего эффекта, и рыночные механизмы регулирования использования таких ресурсов могут быть неэффективными.

Те инновации групп I и II, которые направлены на снижение ресурсоемкости производства благ, на первый взгляд, однозначно приводят к сокращению совокупного потребления соответствующих ресурсов, со всеми вытекающими последствиями (снижение доходов сырьевого сектора, падение цен соответствующих видов сырья и их удешевление для всех секторов, и т.д.). Однако в реальности результат внедрения таких инноваций неоднозначен. Далее будут детально проанализированы некоторые неочевидные риски социально-экономического и экологического характера, связанные с внедрением ресурсосберегающих технологий.

## *2.2. РИСКИ ВНЕДРЕНИЯ «ЗЕЛЕННЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ*

Традиционно под рисками внедрения «зеленых» технологий подразумеваются, прежде всего, риски коммерческого про-

вала проектов, что обуславливает необходимость государственной поддержки их реализации. Однако при этом, по мнению авторов, уделяется недостаточно внимания рискам, порождаемым «зелеными» инновациями – не столько финансового, сколько технологического, экологического, социально-экономического характера. Более того, поскольку для компенсации коммерческих рисков внедрения «зеленых» технологий широко применяется государственная поддержка, невнимание к прочим рискам может привести к поддержке за общественный счет инноваций, неэффективных и даже опасных с социальной и/или экологической точек зрения.

В данном разделе проведен анализ и систематизация экологических и социально-экономических рисков внедрения «зеленых» технологий обоих видов, т.е. ресурсосберегающих технологий и технологий воспроизводства ресурсов<sup>1</sup>. Предложен экономико-математический аппарат для количественных оценок. Выработаны рекомендации по управлению описанными рисками. На основании проведенного анализа можно более обоснованно планировать параметры перспективных технологий сбережения и воспроизводства ресурсов.

Инновационные «зеленые» технологии (как ресурсосберегающие, так и технологии воспроизводства ресурсов) могут оказаться неэффективными по одной из следующих причин.

- На самом деле, новые технологии могут не являться ресурсосберегающими и экологически чистыми, поскольку существуют внешние эффекты, распределенные в пространстве – проявляется т.н. «*экологическое лицемерие*». Например, в благополучных регионах ездят электромобили, а в других регионах сжигают топливо и производят выбросы ТЭЦ, дающие им энергию, добываются – с соответствующим ущербом для экологии – цветные металлы для аккумуляторов. Иной пример: выбросы углекислого газа в странах ОЭСР, действительно, практически

---

<sup>1</sup> В предлагаемом виде этот анализ был предпринят совместно с Е.А. Болбот в работе [11].



не растут в течение ряда лет, но при этом «грязные» производства массово выводятся в страны третьего мира, и т.д.

Во многом, именно такие факты формируют отрицательное отношение в обществе и бизнесе к экологической тематике и к «зеленым» технологиям как таковым. Впрочем, «экологическое лицемерие» может проявляться и более сложным образом. Обеспечить сбережение природных ресурсов проще всего за счет усиленной эксплуатации ресурсов трудовых (т.е. возможен регресс в направлении, противоположном описанному в п. 2.1.1). Важным примером является возросший интерес обеспеченных слоев населения наиболее благополучных стран мира к т.н. «органическим» продуктам питания и др. товарам. Они выращиваются в т.ч. и в странах третьего мира, но при этом гарантируется, что при их производстве не использовалось химикатов, не наносился ущерб природе, что немаловажно – не использовался рабский, детский и т.п. труд. На первый взгляд, это блестящее решение экологических и социально-экономических проблем, однако более детальный анализ не подтверждает такого оптимизма. Если соответствующие технологии – гораздо более трудоемки, чем «грязные» индустриальные технологии, тогда необходимо уточнить, каким образом – «органическим» или индустриальным – выращиваются продукты питания для самих (неизбежно многочисленных!) производителей «органического» продовольствия. В силу объективных причин, формально описанных в п. 2.1.1, более трудоемкие сельскохозяйственные технологии не могут быть массовыми, и потребление произведенной с их помощью продукции останется уделом лишь немногих наиболее обеспеченных потребителей (что и имеет место). Чтобы существенно увеличить их число, придется либо отказаться от одного из требований к «органическим» продуктам (неиспользование рабского труда)<sup>1</sup>, либо наряду с низким потреблением ресурсов и экологической чистотой, все-таки достичь низкой трудоемкости соответствующих технологий.

• Отрицательный внешний эффект может быть отложенным во времени (например, вследствие замены многолетних ле-

---

<sup>1</sup> Подробнее см. работу [8].

сов на однолетние культуры, используемые для производства биотоплива, возникает т.н. «углеродный долг», подробнее см. [98, 102]).

- Новые технологии – например, некоторые возобновляемые источники энергии – могут оказаться, при комплексном рассмотрении, энергетически невыгодными (т.е., в терминах, введенных в п. 1.1.2, их *EROEI* меньше или сравним с единицей). Так, например, до недавнего времени энергоемкости производства и монтажа солнечных батарей и оборудования многих других видов альтернативной энергетики существенно превышали количество энергии, которое может быть выработано с их помощью за весь срок их службы (см., например, [18]). В этой связи показателен пример доставки из КНР в Западную Европу лопастей для ветроэлектростанции, имеющих массу около 15 т, самолетом Ан-225 «Мрия» грузоподъемностью 250 т [50], поскольку только его грузовой отсек мог вместить столь длинномерный (хотя и чрезвычайно легкий для данного транспортного средства) груз. Разумеется, расход топлива в данном рейсе определялся в большей степени грузоподъемностью самолета, а не его фактической загрузкой. Существенно меняет выводы о привлекательности биотоплива учет потребности в воде (и энергии для ее подачи или даже опреснения) для выращивания биомассы, см. [96], и т.п.

Перечисленные виды «зеленых» инноваций можно назвать *технологически неэффективными*, т.к. они, на самом деле, не обеспечивают декларируемой экономии ресурсов или их расширенного воспроизводства. Технологически неэффективные инновации могут, тем не менее, внедряться благодаря искусственной деформации системы цен, например, субсидированию новых источников энергии и усиленному налогообложению традиционных, подробнее см. [27]. Такая государственная поддержка может быть оправданной в расчете на то, что по мере развития данной технологии (что, в свою очередь, требует ее массового применения), она постепенно станет энергетически выгодной. Однако иногда даже совершенствование технологий не исправит положение, по причине объективных ограничений, накладываемых законами природы.

Прогнозирование вышеперечисленных рисков требует более тщательного, комплексного анализа соответствующих технологий с точки зрения экологии и технических наук. Однако, даже если, действительно, достигается сокращение удельного расхода ресурсов, оно сопряжено с определенными рисками.

### **2.2.1. Эффект рикошета и анализ его природы**

На первый взгляд, снижение удельного расхода ресурсов однозначно приводит и к сокращению их совокупного потребления. Однако в реальности результат внедрения таких инноваций неоднозначен. При внедрении ресурсосберегающих технологий нередко получается результат, обратный ожидаемому: при сокращении удельного расхода ресурсов, соответствующие блага становятся доступнее, спрос на них возрастает, причем, иногда в такой степени, что совокупное потребление ресурсов увеличивается. Этот эффект, называемый *эффектом рикошета*, неоднократно наблюдался в различных отраслях. Одно из первых упоминаний о нем принадлежит известному британскому экономисту Уильяму Стэнли Джевонсу, см. [35]. В работе «*The Coal Question*», вышедшей в 1865 г., он отметил, что наблюдавшееся в XIX веке существенное повышение экономичности паровых машин, работавших на угле, вопреки ожиданию, привело не к снижению, а к бурному росту спроса на уголь. Можно привести множество примеров проявления данного эффекта на всем протяжении технологического развития человечества. Следует подчеркнуть, что эффект рикошета проявляется не только в отношении «платных» ресурсов, но и в отношении экологических внешних эффектов. Сам термин «эффект рикошета» в узком смысле возник именно в эколого-экономических исследованиях, см. [6]. Снижение удельных выбросов нередко (но не всегда!) сопряжено с сокращением расходования «платных» ресурсов. Т.е. экологический внешний эффект некоторым образом увязывается с издержками его производителя, и происходит его интернализация. Так, например, совершенствование тепловых двигателей приводит, с одной стороны, к снижению удельного (на единицу мощности) расхода топлива, а с другой – к снижению эмиссии CO<sub>2</sub>, уменьшению выбросов несгоревших остатков то-

плива (сажи и т.п.) Поэтому при повышении экологической чистоты техники она может стать экономичнее, причем, настолько, что суммарное потребление ресурсов (и, соответственно, объем выбросов) даже возрастет.

Таким образом, даже однозначно желательные, на первый взгляд, инновации, в силу описанного эффекта и подобных ему могут приводить к последствиям, прямо противоположным ожидаемым. В данной работе особое внимание уделяется анализу таких рисков, как с экологической, так и с социально-экономической точек зрения. Экономисты развитых стран мира, в которых активно внедряются ресурсосберегающие технологии, в течение многих лет изучают причины и следствия эффекта рикошета, изыскивают эффективные пути его минимизации (см., например, обзорную статью [105]). В то же время, в их работах основное внимание уделялось эмпирическому выявлению данного эффекта (см. [105, 119]), а затем, когда относительно его реальности был практически достигнут консенсус – численному исследованию сложных теоретических моделей с целью прогнозирования возможного прироста совокупного спроса на ресурсы при внедрении ресурсосберегающих технологий, см. [106, 114]. В отличие от этих работ, здесь делается попытка построить простую аналитическую модель потребления ресурсов, позволяющую провести качественный анализ и наглядно выявить технико-экономические и социально-экономические предпосылки и последствия проявления эффекта рикошета, а также выработать рекомендации по управлению развитием «зеленых» технологий с учетом соответствующих рисков. Данная модель была разработана совместно с Е.А. Болбот, см. [10].

В современной России ученые-экономисты и экологи эффекту рикошета уделяют мало внимания, поскольку для нашей страны в настоящее время более насущно ресурсосбережение на уровне устранения значительных непроизводительных потерь при передаче и потреблении энергии и т.п. Риск эффекта рикошета актуален для тех стран, в которых такие потери уже устранены, и планируется дальнейшее снижение ресурсоемкости.

Итак, эффект рикошета – это повышение совокупного потребления ресурсов в ответ на снижение их удельного потребления. Качественное объяснение, впервые предложенное еще первыми исследователями данного явления, кажется, на первый взгляд, очевидным: сокращение удельного расхода ресурсов приводит к удешевлению благ, производимых с использованием этих ресурсов. Вследствие этого, спрос на эти блага возрастает, причем, иногда – настолько сильно, что суммарное потребление ресурсов даже увеличивается. Однако это объяснение нуждается в более тщательном количественном анализе.

Обозначим  $g$  удельный расход ресурсов определенного вида на производство единицы некоторого блага. Тогда, если потребление данных благ (индивидом или некоторой группой потребителей) составляет  $q$  единиц за период, совокупное потребление ресурсов можно выразить следующим образом:

$$G = g \cdot q .$$

Для упрощения выкладок пренебрежем возможной нелинейностью зависимости  $G(q)$ , вызванной непостоянством удельного расхода ресурсов по мере изменения объемов производства благ. Далее в общем виде можно ввести следующие зависимости:

- зависимость потребления блага от его цены  $p$ , т.е. функцию спроса:  $q = q(p)$ ;

- зависимость цены блага от его ресурсоемкости:  $p = p(g)$ .

Тогда зависимость совокупного потребления ресурсов от их удельного расхода можно выразить при помощи следующей сложной функции:

$$G(g) = g \cdot q[p(g)] .$$

Эффект рикошета наблюдается, когда эта функция является убывающей:  $\frac{\partial G}{\partial g} < 0$  (заметим, что убывание может наблюдаться лишь в некотором диапазоне значений  $g$ ).

Дифференцируя выражение в правой части, получим следующее условие проявления эффекта рикошета:

$$\frac{\partial G}{\partial g} = \frac{\partial}{\partial g} \{g \cdot q[p(g)]\} = q + g \cdot \frac{\partial q}{\partial g} = q \cdot \left(1 + \frac{g}{q} \cdot \frac{\partial q}{\partial g}\right) = q \cdot (1 + \varepsilon_g^q) < 0,$$

где  $\varepsilon_g^q = \frac{\partial q}{\partial g} \cdot \frac{g}{q}$  - эластичность спроса на блага по их ресурсоемкости.

Рассматривая сложную функцию, с помощью которой выражается совокупное потребление ресурсов, представим искомую эластичность как произведение двух других:

$$\varepsilon_g^q = \varepsilon_p^q \cdot \varepsilon_g^p.$$

Здесь первый сомножитель – хорошо известная в экономической теории ценовая эластичность спроса, а второй – эластичность цены благ по их ресурсоемкости. Конкретизируем (не ограничивая общности) зависимость  $p = p(g)$  с учетом реальных технико-экономических факторов. Прежде всего, производство благ требует, помимо ресурсов данного вида, также и прочих затрат – на приобретение иных видов ресурсов (в т.ч. трудовых, т.е. оплату труда), амортизацию средств производства и т.п. Кроме того, цена, как правило, должна обеспечивать и прибыль производителю. Обозначим  $a$  все прочие (не связанные с расходом ресурсов данного вида) составляющие цены благ (здесь снова для простоты считается, что эта величина не зависит от объема потребления блага). Если цену ресурсов данного вида обозначить  $p_{\text{рес}}$ , тогда зависимость цены блага от его ресурсоемкости имеет следующий вид:

$$p(g) = a + p_{\text{рес}} \cdot g.$$

Если  $a > 0$ , очевидно, что эластичность цены блага по его ресурсоемкости заведомо ниже 1, т.е. при снижении удельного расхода ресурсов на 1% цена блага упадет меньше, чем на 1%:

$$\varepsilon_g^p = \frac{\partial p}{\partial g} \cdot \frac{g}{p} = \frac{p_{\text{рес}} \cdot g}{a + p_{\text{рес}} \cdot g} < 1.$$

Тем не менее, это не является препятствием для проявления эффекта рикошета – даже если  $\varepsilon_g^p < 1$ , это может компенсировать высокая ценовая эластичность спроса на блага. Подчеркнем, что, анализируя основы природы эффекта рикошета, зарубежные ученые ограничиваются именно указанием на высокую ценовую эластичность этого спроса (см. [122]). Однако, на наш взгляд, такое объяснение недостаточно убедительно, и природа высокой эластичности спроса нуждается в дополнительном анализе. Если обозначить  $\alpha$  долю дохода  $M$ , которую потребители тратят на данный вид благ, спрос на них выражается следующим образом:

$$q = \frac{\alpha \cdot M}{p}.$$

Разумеется, в реальности постоянство долей дохода, выделяемых на приобретение тех или иных благ (на этой гипотезе основана т.н. функция спроса Маршалла, записанная выше), практически не встречается – это убедительно показывает и статистика спроса, и логический анализ потребительского поведения, подробнее см. [25, 35]. Если бы доля  $\alpha$  оставалась неизменной, эластичность спроса по цене всегда была бы равна -1, и не превысила бы 1 по абсолютной величине. Высокая эластичность спроса вызвана тем, что эта доля возрастает при удешевлении данного блага – потребитель «переключается» на его потребление. Подставим вышеприведенные выражения для функций  $p = p(g)$  и  $q = q(p)$  в формулу для совокупного потребления ресурсов:

$$G(g) = g \cdot q[p(g)] = g \cdot \frac{\alpha \cdot M}{p(g)} = \frac{g \cdot \alpha \cdot M}{a + p_{\text{рес}} \cdot g}.$$

Анализ полученного выражения показывает, что совокупное потребление ресурсов может возрасти при снижении их удельного расхода по следующим причинам:

1) Одновременно со снижением ресурсоемкости производства данного вида благ, сократились и прочие составляющие его цены, причем, в относительном выражении – сильнее:

$$\left| \frac{\Delta a}{a} \right| > \left| \frac{\Delta g}{g} \right|.$$

Только в этом случае знаменатель полученного выражения сократится сильнее, чем числитель. В истории технологического развития такие ситуации встречались нередко, однако это уже нельзя считать эффектом рикошета, поскольку основной причиной удешевления благ является именно снижение прочих слагаемых цены, не связанных с ресурсоемкостью. Заметим, что в работах зарубежных ученых (см., например, [114]) только таким образом удалось объяснить эффект повышения суммарного потребления ресурсов при сокращении их удельного расхода. В работе [106] возможность проявления эффекта рикошета ставилась в зависимость от вида производственной функции (хотя тот или иной ее специфический вид также следует объяснить конкретными особенностями технологий). Далее будет показано, что и без привлечения таких искусственных допущений можно объяснить разнообразные изменения потребления ресурсов при изменении ресурсоемкости благ.

2) На фоне снижения удельного расхода ресурсов данного вида, могут возрастать доходы определенных групп потребителей (например, производителей более экономичной техники). Однако и в этом случае некорректно говорить именно об эффекте рикошета.

3) На первый взгляд, к искомому результату может привести и снижение цены ресурсов. Однако при неизменном их предложении оно несовместимо с ростом спроса на ресурсы – а именно к росту потребления ресурсов приводит эффект рикошета. Таким образом, единственным возможным объяснением эффекта рикошета в строгом смысле (т.е. возрастания суммарного потребления ресурсов именно вследствие снижения их удельно-



го расхода) остается возрастание доли дохода, выделяемой на данный вид благ. Оно может быть вызвано «переключением» потребителей на данный вид благ при их удешевлении, происходящем вследствие снижения ресурсоемкости.

Такой элементарный анализ природы эффекта рикошета позволяет выработать несколько важных принципов, которым необходимо следовать в процессе дальнейшего изучения этого явления. Прежде всего, нельзя изолированно анализировать изменение спроса лишь на данный вид благ при снижении ресурсоемкости его производства. Кроме того, эластичность спроса существенно зависит от категории благ с точки зрения удовлетворения тех или иных потребностей. Введем следующие обозначения. Верхними индексами I и II будем обозначать параметры, относящиеся, соответственно, к благам первой необходимости и к прочим категориям благ (второй необходимости, предметам роскоши и т.п.) Обозначим  $q_{\min}^I$  уровень насыщения потребителя благами первой необходимости. Если дохода потребителя недостаточно для приобретения этого количества благ первой необходимости, блага прочих категорий заведомо не могут приобретаться. Оценим минимальный уровень дохода, при котором достигается насыщение благами первой необходимости:

$$M_{\min} = q_{\min}^I \cdot p^I = q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^I).$$

Спрос на блага первой необходимости можно оценить по следующей формуле:

$$q^I = \min \left\{ \frac{M}{a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^I}; q_{\min}^I \right\}.$$

Излишек дохода сверх  $M_{\min}$  расходуется на блага второй необходимости и предметы роскоши. Спрос на них можно оценить следующим образом:

$$q^{II} = \max \left\{ 0; \frac{M - q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^I)}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}} \right\}.$$

В рамках описанной простейшей модели потребления благ и спроса на ресурсы, можно провести анализ изменения суммарного потребления ресурсов при сокращении ресурсоемкости различных категорий благ.

Вначале рассмотрим случай снижения удельного расхода ресурсов на производство благ первой необходимости с  $g^I$  до  $g^{I'}$ . Может ли оно привести к эффекту рикошета? Необходимо рассмотреть следующие три ситуации.

а) Если изначально насыщение благами первой необходимости достигалось (т.е.  $M \geq q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^I)$ ), тогда после повышения их доступности спрос на них не возрастет, и расход ресурсов на производство благ первой необходимости для данного потребителя сократился бы с  $g^I \cdot q_{\min}^I$  до  $g^{I'} \cdot q_{\min}^I$ . Но, возможно, средства, высвободившиеся вследствие удешевления благ первой необходимости, позволят увеличить потребление прочих категорий благ настолько, что суммарное потребление ресурсов возрастет? Проверим эту гипотезу. При фиксированных ценах ресурсов высвобождается сумма, равная  $p_{\text{pec}} \cdot (g^I - g^{I'}) \cdot q_{\min}^I$ . На эти средства потребитель может допол-

нительно приобрести  $\frac{p_{\text{pec}} \cdot (g^I - g^{I'}) \cdot q_{\min}^I}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}}$  единиц благ второй

необходимости и предметов роскоши. Оценим совокупное потребление ресурсов после снижения ресурсоемкости благ первой необходимости:

$$G' = g^{I'} \cdot q_{\min}^I + g^{II} \cdot \frac{M - q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^{I'})}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}}.$$

Изначально оно составляло

$$G = g^I \cdot q_{\min}^I + g^{II} \cdot \frac{M - q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^I)}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}}.$$

Сравним эти величины:

$$\begin{aligned} G - G' &= (g^I - g^{I'}) \cdot q_{\min}^I - g^{II} \cdot \frac{p_{\text{pec}} \cdot (g^I - g^{I'}) \cdot q_{\min}^I}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}} = \\ &= (g^I - g^{I'}) \cdot q_{\min}^I \cdot \left[ 1 - \frac{p_{\text{pec}} \cdot g^{II}}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}} \right] > 0, \end{aligned}$$

т.е. совокупное потребление ресурсов для данного потребителя заведомо снижается.

б) Если изначально дохода потребителя не хватало на полное удовлетворение первичных потребностей, и даже после снижения ресурсоемкости благ первой необходимости насыщение этими благами не будет достигнуто (т.е. при  $M < q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^{I'})$ ), прочие категории благ не будут приобретаться. Изначально совокупное потребление ресурсов составляло  $G = \frac{g^I \cdot M}{a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^I}$ , а после сокращения удельного расхода ресурсов на производство благ первой необходимости со-

ставит  $G' = \frac{g^{I'} \cdot M}{a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^{I'}}$ . И в данном случае, определено,

$$G' < G.$$

с) Наиболее сложен для анализа случай, когда именно благодаря снижению ресурсоемкости благ первой необходимости потребителю удастся достичь насыщения этими благами и получить возможность потреблять блага второй необходимости и т.д. Это имеет место при одновременном выполнении следующих неравенств:

$$\begin{cases} M < q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^I) \\ M > q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^{I'}) \end{cases}$$

В этом случае изначально суммарное потребление ресурсов составляло

$$G = \frac{g^I \cdot M}{a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^I},$$

а после внедрения ресурсосберегающих технологий в производстве благ первой необходимости составит

$$G' = g^{I'} \cdot q_{\min}^I + g^{II} \cdot \frac{M - q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^{I'})}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}},$$

поскольку у потребителя уже образуется излишек дохода, позволяющий ему приобретать блага второй необходимости и др. Сравним вышеприведенные выражения для  $G$  и  $G'$ :

$$\begin{aligned} G - G' &= \frac{g^I \cdot M}{a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^I} - g^{I'} \cdot q_{\min}^I - g^{II} \cdot \frac{M - q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^{I'})}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}} = \\ &= \left( \frac{g^I}{a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^I} - \frac{g^{II}}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}} \right) \cdot M - \left( g^{I'} - g^{II} \cdot \frac{a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^{I'}}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}} \right) \cdot q_{\min}^I = \\ &= \left( \frac{g^I}{a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^I} - \frac{g^{II}}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}} \right) \cdot M - \left( \frac{g^{I'}}{a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^{I'}} - \frac{g^{II}}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}} \right) \times \\ &\times q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^{I'}) = \left[ \left( \frac{g^I}{a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^I} - \frac{g^{II}}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}} \right) \cdot \frac{M}{q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^{I'})} - \right. \\ &\left. - \left( \frac{g^{I'}}{a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^{I'}} - \frac{g^{II}}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}} \right) \right] \times q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^{I'}) = X \cdot q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^{I'}). \end{aligned}$$

Поскольку  $q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^{I'}) > 0$ , для того, чтобы найти знак

изменения суммарного потребления ресурсов, достаточно рассмотреть лишь знак выражения в квадратных скобках  $X$ . Т.к.

по условию данной ситуации  $\frac{M}{q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^{I'})} > 1$ ,

$$X > \left( \frac{g^I}{a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^I} - \frac{g^{II}}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}} \right) - \left( \frac{g^{I'}}{a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^{I'}} - \frac{g^{II}}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}} \right) = \\ = \frac{g^I}{a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^I} - \frac{g^{I'}}{a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^{I'}} > 0,$$

Следовательно,  $G - G' > 0$ , или  $G' < G$ , т.е. совокупное потребление ресурсов определено сократится.

Таким образом, в рамках данной простейшей модели потребления благ и спроса на ресурсы, сокращение ресурсоемкости производства благ первой необходимости не может сопровождаться эффектом рикошета ни при каких условиях.

Далее рассмотрим возможные последствия снижения ресурсоемкости благ второй необходимости и предметов роскоши. Вначале предположим, что производится и потребляется единственный вид таких благ. Если их ресурсоемкость сократится с  $g^{II}$  до  $g^{II'}$ , в рамках рассматриваемой модели можно показать, что совокупное потребление ресурсов гарантированно сократится. Таким образом, само по себе снижение ресурсоемкости благ второй необходимости также не способно привести к росту суммарного потребления ресурсов.

Как было показано выше в ходе качественных рассуждений, эффект рикошета может быть вызван «переключением» потребителей с одного вида благ на другой. В рамках принятой здесь упрощенной классификации потребительских благ (блага первой необходимости, блага второй необходимости и предметы роскоши) возможна дифференциация последних категорий благ. Если для благ первой необходимости важен, прежде всего, сам факт их наличия и удовлетворения базовых потребностей, т.е. важнейшим параметром при выборе является цена, то на рынках

благ второй необходимости и предметов роскоши, наряду с ценой, потребитель принимает во внимание и их качество.

Разумеется, в реальности качество представляет собой сложную многомерную категорию. Однако здесь для того, чтобы проиллюстрировать механизм эффекта рикошета, достаточно включить в модели качество в самом простом виде. Предположим, что уровень качества благ второй необходимости описывается единственной скалярной величиной  $x$ , причем, восприятие качества всеми потребителями одинаково, но влияние качества благ на выбор потребителя тем сильнее, чем выше его доход. Можно считать, что при выборе между различными видами благ второй необходимости и предметами роскоши потребитель сравнивает их *эффективные цены*, вычисляемые следующим образом:

$$P_{\text{эфф}} = p + \frac{\beta \cdot M}{x},$$

где  $\beta$  - коэффициент связи дохода и эффективной цены. Т.е. произведение  $\beta \cdot M$  выражает «стоимость качества» для данного потребителя.

Наиболее наглядный пример (применяемый в экономике транспорта, см. [60]): показатель качества вида транспорта – это, прежде всего, скорость перевозок, а произведение  $\beta \cdot M$  имеет смысл средней стоимости часа пассажира. Введем дифференциацию благ второй необходимости по качеству. Пусть, помимо «обычных» благ, обозначаемых индексом II, потребителям доступны и более высококачественные блага, обозначаемые индексом III:  $x^{\text{III}} > x^{\text{II}}$ . Однако они обычно отличаются и большей ресурсоемкостью:  $g^{\text{III}} > g^{\text{II}}$ . Как правило, так же соотносятся и прочие составляющие цены:  $a^{\text{III}} > a^{\text{II}}$ . В любом случае, денежная цена высококачественных благ выше, чем обычных благ второй необходимости – в противном случае последние вообще не будут пользоваться спросом. Возвращаясь к примеру из области экономики транспорта, рассмотрим различные виды транспорта в дальнем сообщении (а дальние поездки относятся

именно к благам второй необходимости). «Обычным» видом транспорта можно считать наземный – железнодорожный и автобусный, а высококачественным, т.е. более скоростным (но, как правило, и более дорогостоящим) – воздушный<sup>1</sup>. Однако эффективная цена высококачественных благ может оказаться ниже, чем для обычных благ второй необходимости, при выполнении следующего условия:

$$p^{III} + \frac{\beta \cdot M}{x^{III}} = a^{III} + p_{\text{pec}} \cdot g^{III} + \frac{\beta \cdot M}{x^{III}} < a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II} + \frac{\beta \cdot M}{x^{II}}.$$

Фактически, это условие сводится к тому, что доход потребителя должен превышать определенный пороговый уровень:

$$M > M_* = \frac{a^{III} - a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot (g^{III} - g^{II})}{\beta \cdot \left( \frac{1}{x^{II}} - \frac{1}{x^{III}} \right)}. \quad (2.1)$$

При достижении этого порога, более высокое качество благ категории III будет для потребителя более значимым, чем относительная дешевизна благ категории II. Т.е., например, для более состоятельных пассажиров, чье «время дорого», выигрыш в скорости компенсирует дороговизну авиатранспорта по сравнению с наземным. В то же время, объем приобретения благ определяется их денежными ценами. Поэтому возможно, что потребители высококачественных благ будут довольствоваться меньшим их количеством, чем они могли бы приобрести, выбирая обычные блага второй необходимости. Проанализируем последствия снижения ресурсоемкости высококачественных благ второй необходимости и предметов роскоши с  $g^{III}$  до  $g^{III'}$ . При этом пороговый уровень дохода, определяемый формулой (1), снизится:

---

<sup>1</sup> Разумеется, исключая относительно короткие расстояния, на которых воздушный транспорт проигрывает наземному и в средней скорости перемещения.

$$M_*' = \frac{a^{III} - a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot (g^{III'} - g^{II})}{\beta \cdot \left( \frac{1}{x^{II}} - \frac{1}{x^{III}} \right)} < M_*,$$

и часть потребителей, ранее пользовавшихся обычными благами второй необходимости, теперь сможет позволить себе высококачественные блага.

Например, при повышении экономичности пассажирских самолетов, часть пассажиров, ранее пользовавшихся наземным транспортом, сможет «переключиться» на воздушный. Для тех потребителей, чей доход все равно окажется ниже порогового уровня, т.е.  $M < M_*'$ , снижение ресурсоемкости высококачественных благ неактуально, и суммарное потребление ресурсов с их стороны не изменится. Потребители, которые изначально предпочитали высококачественные блага, т.е. доход которых изначально был выше порогового уровня:  $M > M_*$ , смогут увеличить их потребление, но, как показано выше, в меньшей степени, чем сократится ресурсоемкость этих благ. Поэтому для этой, более обеспеченной категории потребителей, суммарное потребление ресурсов определенно сократится.

Наибольшее внимание следует уделить именно тем потребителям, которые «переключатся» с обычных благ второй необходимости на потребление высококачественных благ. Их доходы лежат в следующем диапазоне:  $M_* > M > M_*'$ . Для представителя этой «пограничной» категории потребителей совокупное потребление ресурсов изначально было равно

$$G = g^I \cdot q_{\min}^I + g^{II} \cdot \frac{M - q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^I)}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}}, \quad (2.2)$$

а в результате снижения ресурсоемкости составит



$$G' = g^I \cdot q_{\min}^I + g^{III'} \cdot \frac{M - q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^I)}{a^{III} + p_{\text{pec}} \cdot g^{III'}}. \quad (2.3)$$

Сравним эти величины:

$$G - G' = \left[ M - q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{pec}} \cdot g^I) \right] \cdot \left( \frac{g^{II}}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}} - \frac{g^{III'}}{a^{III} + p_{\text{pec}} \cdot g^{III'}} \right) \quad (2.4)$$

Совокупное потребление ресурсов данной категорией потребителей возрастет только в том случае, если

$$\left( \frac{g^{II}}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}} - \frac{g^{III'}}{a^{III} + p_{\text{pec}} \cdot g^{III'}} \right) < 0,$$

или

$$\frac{g^{II}}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}} < \frac{g^{III'}}{a^{III} + p_{\text{pec}} \cdot g^{III'}}.$$

Преобразуем последнее неравенство, умножив обе его части на цену ресурсов:

$$\underbrace{\frac{p_{\text{pec}} \cdot g^{III'}}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{III'}}}_{p^{III'}} > \underbrace{\frac{p_{\text{pec}} \cdot g^{II}}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}}}_{p^{II}}.$$

Иначе говоря, доля стоимости потребляемых ресурсов в цене высококачественных благ выше, чем в цене обычных благ второй необходимости. Назовем эту долю *стоимостной ресурсоемкостью* благ. В отличие от натуральной ресурсоемкости, это характеристика уже не чисто технологическая, а экономическая. Она непосредственно зависит от сложившейся цены ресурсов, и растет при увеличении последней, а также, разумеется, при увеличении натуральной ресурсоемкости благ. Напротив, по мере увеличения прочих составляющих цены блага, не связанных с расходом ресурсов данного вида, стоимостная ресурсоемкость падает.

Подчеркнем, что натуральная ресурсоемкость благ III, по условию, снизилась. Но их стоимостная ресурсоемкость, т.е. доля стоимости ресурсов в цене этих благ, была и осталась более высокой, чем для обычных благ второй необходимости II.

Если  $\frac{g^{III'}}{g^{II}} > \frac{a^{III}}{a^{II}}$ , т.е. стоимостная ресурсоемкость высококачественных благ

(даже после снижения их натуральной ресурсоемкости) выше, чем для обычных благ второй необходимости, разность (2.4) окажется отрицательной, т.е. для данной категории потребителей суммарное потребление ресурсов увеличится. В противном случае, если стоимостная ресурсоемкость высококачественных благ ниже, чем для обычных благ второй необходимости, суммарное потребление ресурсов упадет, даже если потребители «переключились» на блага с более высокой натуральной ресурсоемкостью. Т.е. удалось найти необходимое условие проявления индивидуального эффекта рикошета.

Таким образом, для определенной категории потребителей суммарное потребление ресурсов может возрасти, если снизится ресурсоемкость производства высококачественных благ второй необходимости и предметов роскоши. Обобщая результаты анализа всевозможных ситуаций, возникающих при снижении ресурсоемкости тех или иных благ, можно сделать следующие выводы. Прежде всего, сокращение ресурсоемкости благ первой необходимости не может привести к росту совокупного потребления ресурсов (по крайней мере, в рамках принятой здесь простейшей классификации благ и модели потребительского спроса на эти блага). Эффект рикошета может наблюдаться лишь при сокращении ресурсоемкости благ второй необходимости и предметов роскоши. Причем, рынок этих благ должен быть неоднородным – потребителю должно быть доступно, по меньшей мере, два различных вида таких благ, например, отличающихся качеством.

## 2.2.2. Анализ социально-экономических предпосылок проявления эффекта рикошета

До сих пор описывался лишь механизм проявления *индивидуального эффекта рикошета*, т.е. для данного индивида. Ему подвержены только те потребители, которые при снижении ресурсоемкости благ определенного вида «переключаются» на потребление других благ, стоимостная ресурсоемкость которых (подчеркнем, отнюдь не обязательно – натуральная) выше, чем у тех благ, которые они потребляли ранее. Для прочих доходных групп, не испытывающих такого «переключения», суммарное потребление ресурсов определено сократится. Поэтому, даже при наличии индивидуальных эффектов рикошета далеко не обязательно будет наблюдаться *глобальный эффект рикошета*, т.е. рост суммарного потребления ресурсов всей совокупностью потребителей (в зарубежной литературе такой эффект именуется *backfire effect*, см. [105]).

Для прогнозирования возможности проявления глобального эффекта рикошета необходимо воспользоваться *структурной* моделью, учитывающей дифференциацию доходов населения. Как правило, статистические данные о распределении населения по величине дохода представляются в следующей форме. Население упорядочивается по возрастанию дохода и делится на  $n$  равных по численности групп – *квантилей*. При  $n=10$  такие группы называются *децилями*, и каждая из них включает в себя 10%, а при  $n=100$  – *перцентильями* (по 1%).

Обозначим квантили индексами  $i=1,..,n$ , а среднегодовой доход представителя  $i$ -го квантиля – соответственно,  $M_i$ . Для примера в табл. 1 представлены номинальные среднемесячные денежные доходы децильных групп населения России в I квартале 2007 г. (по данным ИСЭПН РАН [87]).

Число граждан в каждом квантиле одинаково и равно  $\frac{N}{n}$ ,

где  $N$  – общая численность населения рассматриваемой страны или региона. Так, население России к началу 2007 г. составляло

около 143 млн. чел. [132], и каждый дециль содержал около 14,3 млн. чел.

**Таблица 2. 1**

**Среднемесячные номинальные доходы децильных групп населения России**

<i>Дециль</i>	<i>Доход, руб./мес.</i>
1	2119
2	3118
3	4272
4	5492
5	6877
6	8551
7	10713
8	13791
9	19001
10	37665

Пользуясь моделями индивидуального потребления ресурсов, предложенными в предыдущем разделе, можно оценить суммарное потребление ресурсов данного вида в системе:

$$G_{\Sigma} = \frac{N}{n} \cdot \sum_{i=1}^n G_i(M_i), \quad (2.5)$$

где  $G_i(M_i)$  - индивидуальное потребление ресурсов представителями  $i$ -го квантиля, имеющими средний доход за период, равный  $M_i$ . Глобальный эффект рикошета наблюдается, если выполняется следующее неравенство:

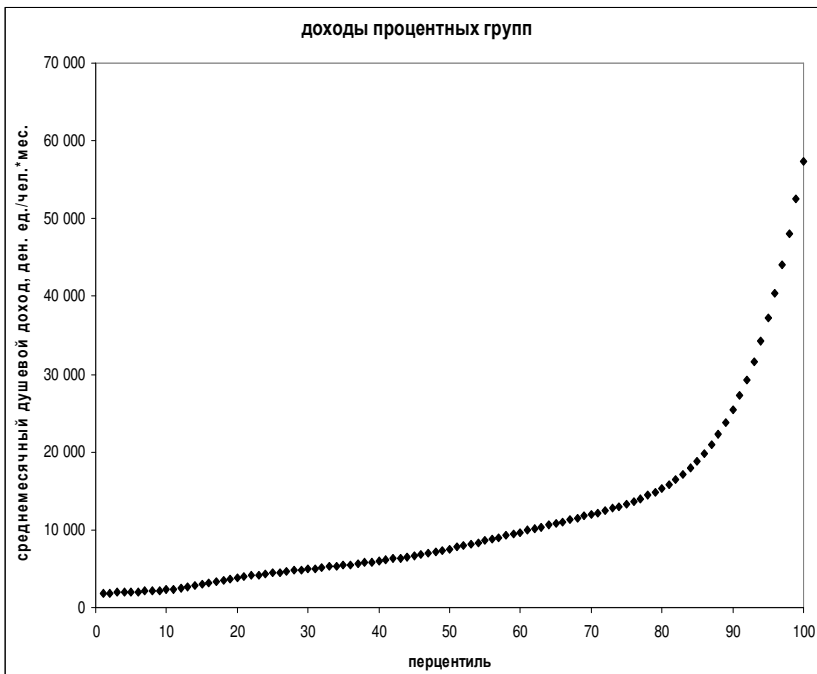
$$G_{\Sigma}' = \frac{N}{n} \cdot \sum_{i=1}^n G_i'(M_i) > G_{\Sigma}, \quad (2.6)$$

где штрихом обозначено потребление ресурсов (индивидуальное и совокупное) после сокращения ресурсоемкости тех или иных благ второй необходимости.

Несмотря на то, что в предложенной выше упрощенной модели значения индивидуального потребления ресурсов предста-

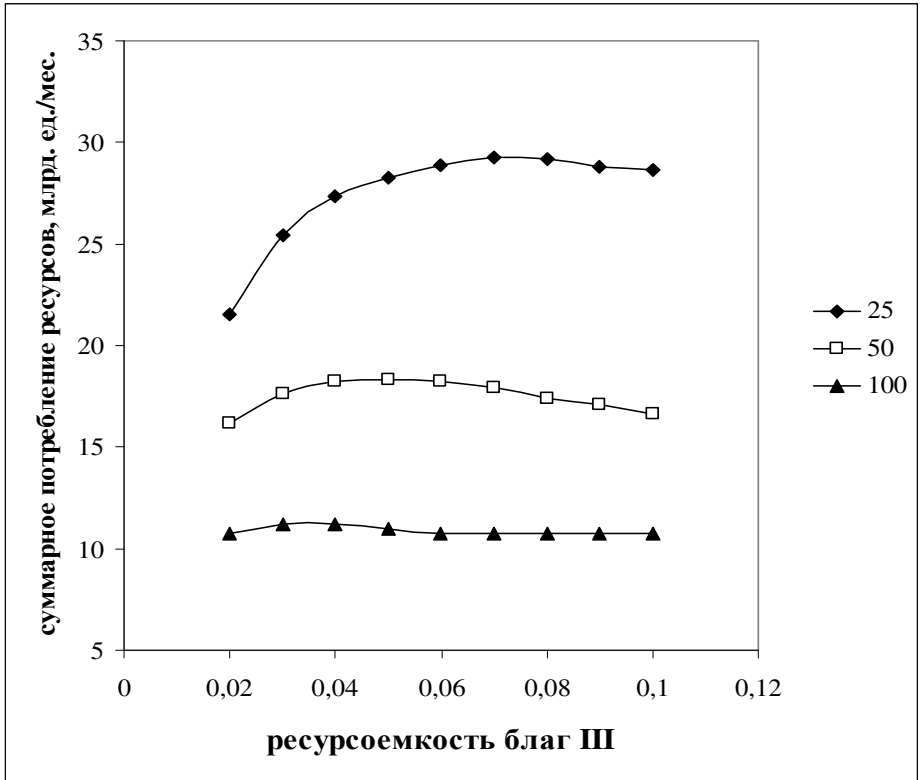
вителями всех квантилей  $\{G_i\}$ ,  $\{G'_i\}$  вычисляются аналитически, решить последнее неравенство в общем случае можно лишь численно, в силу наличия множества доходных групп. Поэтому ограничимся рассмотрением нескольких иллюстративных примеров.

Примем в качестве исходного следующий набор данных. Ресурсоемкость благ первой необходимости равна  $g^I = 0,01$ , прочие слагаемые их цены равны  $a^I = 0,5$ . Потребности в благах первой необходимости полностью удовлетворяются при  $q_{\min}^I = 2000$  единиц за период. Потребителю доступны обычные блага второй необходимости, имеющие ресурсоемкость  $g^{II} = 0,01$  (прочие составляющие их цены равны  $a^{II} = 0,5$ ) и высококачественные блага второй необходимости, требующие существенно больших удельных затрат ресурсов и прочих затрат:  $g^{III} = 0,05$ ;  $a^{III} = 1,0$ . Уровни их качества составляют, соответственно,  $x^{II} = 50$  и  $x^{III} = 500$ . Коэффициент чувствительности потребителя к качеству равен  $\beta = 0,005$ . В качестве модельного распределения доходов примем данные табл. 2.1. Однако для повышения разрешающей способности модели в расчетах используется более подробное разбиение населения по величине среднемесячного дохода – не на децили, а на 1%-е группы, *перцентили*. Для этого на основе данных о доходах децильных групп, приведенных в табл. 2.1, выполнена интерполяция кривой распределения населения по доходам. Ее результат наглядно представлен на рис. 2.3.



**Рис. 2.3** Среднемесячные доходы процентных групп (пример)

На рис. 2.4 изображены полученные по формулам (2.2, 2.3, 2.5, 2.6) графики зависимости суммарного потребления ресурсов от ресурсоемкости элитных благ второй необходимости, сокращающейся благодаря внедрению ресурсосберегающих технологий от 0,1 до 0,02. Графики построены для трех значений цены ресурсов – 25, 50 и 100 ден. ед./ед. ресурса.



**Рис. 2.4. Влияние ресурсоемкости благ на совокупное потребление ресурсов при различных ценах ресурсов (пример)**

В конечном счете, глобальный эффект рикошета приведет к изменению совокупного спроса на ресурсы и конъюнктуры их рынка. Формально эти изменения можно описать, выразив кривую совокупного спроса на ресурсы. Изначально она выражалась следующей формулой:

$$G_{\Sigma}(p_{\text{рес}}) = \frac{N}{n} \cdot \sum_{i=1}^n G_i(p_{\text{рес}}),$$

а после снижения ресурсоемкости тех или иных благ –

$$G'_{\Sigma}(p_{\text{рес}}) = \frac{N}{n} \cdot \sum_{i=1}^n G'_i(p_{\text{рес}}),$$

где  $\{G_i(p_{\text{рес}})\}$ ,  $\{G'_i(p_{\text{рес}})\}$ ,  $i=1,\dots,n$  - функции индивидуального спроса на ресурсы представителей  $i$ -го квантиля, вычисленные по формулам (2.2, 2.3). Поскольку при этом может наблюдаться сдвиг кривой спроса на ресурсы, изменение их равновесной цены зависит от их предложения. Необходимо оценить изменение равновесных цены  $p_{\text{рес}}^*$  и объема реализации ресурсов  $G_{\Sigma}^*$  в результате внедрения ресурсосберегающих технологий. Для получения крайних прогнозов, оптимистического и пессимистического (с точки зрения доступности благ и потребления ресурсов) достаточно рассмотреть два предельных случая реакции поставщиков ресурсов на повышение спроса.

I) При неизменной цене ресурсов (равной равновесной цене до внедрения ресурсосберегающих технологий  $p_{\text{рес}}^*$ ), будет поставлено любое желаемое количество (абсолютно эластичное предложение ресурсов, т.е. горизонтальная кривая предложения). Тогда  $G_{\Sigma}^{*'} = G_{\Sigma}'(p_{\text{рес}}^*)$ ,  $p_{\text{рес}}^{*'} = p_{\text{рес}}^*$ .

II) При любой цене ресурсов, будет поставлено неизменное (равное исходному до внедрения ресурсосберегающих технологий) количество (абсолютно неэластичное предложение ресурсов, т.е. вертикальная кривая предложения). Тогда  $G_{\Sigma}^{*'} = G_{\Sigma}^*$ ,  $p_{\text{рес}}^{*'} = G_{\Sigma}'^{-1}(G_{\Sigma}^*)$ , где верхний индекс «-1» обозначает обратную функцию спроса.

В реальности изменение предложения ресурсов может быть промежуточным между описанными крайними случаями. Случай (I) обеспечивает минимальную себестоимость и доступность благ (т.е. наиболее желателен с социально-экономической точки зрения), а случай (II) – невозрастание совокупного потребления ресурсов и совокупного объема выбросов, т.е., наиболее благоприятен с экологической точки зрения.

В рамках рассматриваемого примера предположим, что изначально ресурсоемкость элитных благ второй необходимости



составляла 0,1, и равновесие рынка ресурсов установилось при  $G_{\Sigma}^* = 17$  млрд. ед. ресурса/мес. и  $p_{\text{рес}}^* = 48,1$  ден. ед./ед. ресурса (такая точка лежит на соответствующей кривой спроса на ресурсы). Рассмотрим изменение рыночной конъюнктуры вследствие сокращения ресурсоемкости элитных благ второй необходимости до 0,05. Как видно из рис. 2.4, при этом кривая совокупного спроса на ресурсы сместится вверх, т.е. в этом диапазоне цен наблюдается глобальный эффект рикошета. Если предложение ресурсов совершенно неэластично по цене, что соответствует случаю II), суммарный объем производства и потребления ресурсов останется на уровне 17 млрд. ед. ресурса/мес. В то же время, сдвиг кривой совокупного спроса на ресурсы вверх вызовет рост равновесной цены ресурсов до  $p_{\text{рес}}^{*'} = G_{\Sigma}'^{-1}(17 \text{ млрд.}) = 55,7$  ден. ед./ед. ресурса, т.е. приблизительно на 15,8%. В таблице 2.2 приведены параметры конъюнктуры рынка ресурсов, рассчитанные по формулам (2.2, 2.3, 2.5, 2.6) объемы продаж благ различных категорий, а также относительные изменения этих величин вследствие снижения ресурсоемкости элитных благ второй необходимости.

**Таблица 2.2**

**Изменение суммарного потребления ресурсов и благ различных категорий (пример)**

Ресурсоемкость благ III	Цена ресурсов	I	II	III	итого II и III
0,1	48,1	279,7	1285,7	13,4	1299
0,05	55,7	278,7	812,5	121,518	934
<i>Отн. изменение</i>	15,8%	- 0,4%	- 36,8%	810%	-28,1%

Анализ полученных результатов показывает, что, хотя существенно возросла доступность<sup>1</sup> элитных благ второй необходимости (если изначально они были доступны лишь представи-

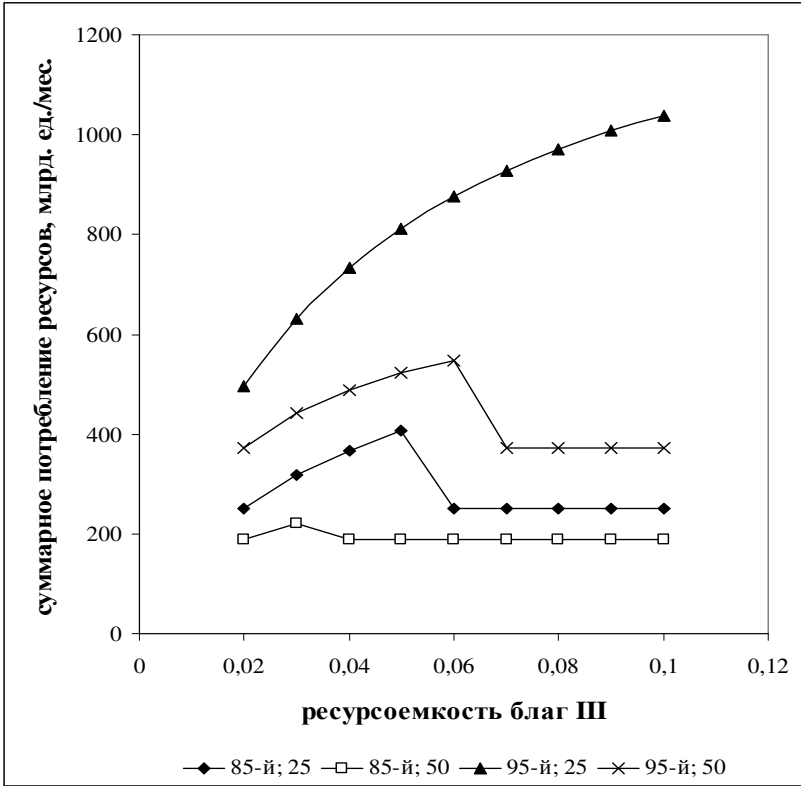
---

<sup>1</sup> Коэффициентом доступности называется доля населения, которая может себе позволить потреблять блага данной категории.

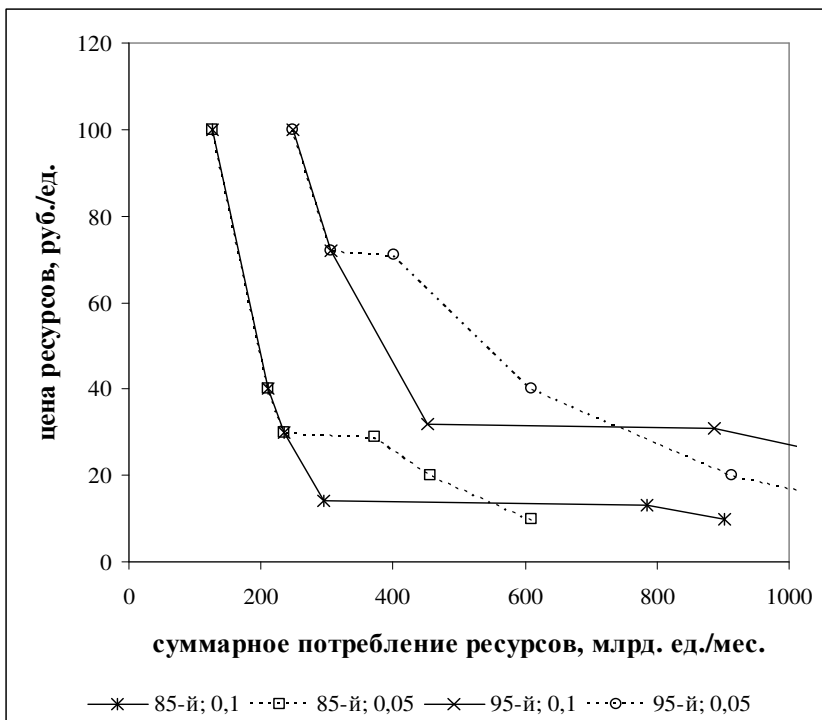
телям 100-го перцентиля, то теперь – начиная с 93-го), суммарное потребление благ второй необходимости сократилось.

Можно заметить, что в приведенном примере, основанном на реалистичном распределении населения по доходам (подчеркнем, характеризующемся довольно сильным расслоением) глобальный эффект рикошета проявляется довольно слабо, в сравнении с индивидуальными эффектами рикошета. На рис. 2.5 построены графики зависимости от ресурсоемкости элитных благ индивидуального потребления ресурсов представителями 85-го и 95-го перцентилей в данном примере, при двух значениях цены ресурсов (25 и 50 ден. ед./ед. ресурса). Согласно аппроксимированному распределению населения по доходам, представители этих перцентилей имеют среднемесячные доходы, равные, соответственно, 18860 и 37170 руб./мес. На рис. 2.6 для представителей тех же доходных групп построены кривые индивидуального спроса на ресурсы при двух значениях ресурсоемкости элитных благ – 0,1 и 0,05 (т.е. после внедрения ресурсосберегающих технологий).

Из этих графиков видно, что при снижении ресурсоемкости высококачественных благ второй необходимости индивидуальное потребление ресурсов может скачкообразно возрастать на десятки процентов, и даже в несколько раз. Заметим, что сила проявления эффекта рикошета возрастает с ростом дохода потребителя, что и показано наглядно на рис. 2.5 – 2.6. Согласно формулам (2.2, 2.3), расход ресурсов на обеспечение данного потребителя благами второй необходимости возрастет во столько же раз, во сколько раз стоимостная ресурсоемкость элитных благ выше таковой для обычных благ второй необходимости. В то же время, по мере снижения ресурсоемкости элитных благ, потребитель скачкообразно переключается на потребление благ с большей стоимостной ресурсоемкостью, причем, для более состоятельных потребителей это «переключение» наступает при большей натуральной и стоимостной ресурсоемкости элитных благ.



*Рис. 2.5 Зависимость индивидуального потребления ресурсов от ресурсоемкости элитных благ для представителей 85-го и 95-го перцентилей (пример)*



**Рис. 2.6** Кривые индивидуального спроса на ресурсы представителей 85-го и 95-го перцентилей (пример)

Итак, для представителей разных доходных групп «переключение» на более ресурсоемкие блага наступает при различных пороговых значениях ресурсоемкости и цены ресурсов. Поэтому по мере снижения ресурсоемкости благ такие скачки наступают для представителей разных доходных групп не одновременно, а последовательно. А вслед за скачкообразным увеличением потребления ресурсов, оно, как видно и на рис. 2.5, неизбежно начинает сокращаться. И прирост потребления ресурсов одними доходными группами частично компенсируется его сокращением для всех остальных. Т.е. представленное в примере распределение населения по доходам частично демпфирует эффект рикошета. А наиболее велик риск сильного проявления глобального эффекта рикошета в тех случаях, когда описанный скачок потребления ресурсов (вызванный «переключением» на более ресурсоемкие блага) происходит одновременно для представителей разных доходных групп.

чением» на более ресурсоемкие блага) наступает одновременно для большого количества потребителей, т.е. когда вместо относительно плавного изменения доходов по квантилям имеет место выраженная сегрегация доходных групп. Таким образом, возможность проявления глобального эффекта рикошета определяется социально-экономической ситуацией, прежде всего – распределением населения по доходам. Эффект рикошета – яркий пример того, как технологические изменения «преломляются» в социально-экономических системах, иногда приводя к результатам, прямо противоположным ожидавшимся.

### **2.2.3. Анализ социально-экономических последствий эффекта рикошета**

Помимо социально-экономических предпосылок проявления эффекта рикошета, необходимо рассмотреть и его социально-экономические последствия, в частности – влияние на отдельные доходные группы. Глобальный эффект рикошета приводит к росту спроса на ресурсы и, как следствие, может вызвать их удорожание (особенно сильное – при неэластичном предложении ресурсов). В свою очередь, это лишь ухудшит благосостояние представителей тех доходных групп, которые не смогут «переключиться» на потребление более высококачественных благ. Иначе говоря, эффект рикошета может порождать отрицательный внешний эффект, ухудшая положение тех групп потребителей, которых, на первый взгляд, вообще не касается изменение ресурсоемкости тех или иных благ. Построенные выше аналитические модели спроса на блага различных категорий позволяют оценить последствия удорожания ресурсов вследствие эффекта рикошета для таких потребителей. Найдем эластичность спроса на блага первой и второй необходимости по цене ресурсов.

а) Если потребитель изначально находился за чертой абсолютной бедности, т.е.  $M < q'_{\min} \cdot (a^I + p_{\text{рес}} \cdot g^I)$ , он изначально не потреблял благ второй необходимости, и не будет их потреблять даже после снижения их ресурсоемкости. Спрос данного потре-

бителя на блага первой необходимости выражается формулой  $q^I = \frac{M}{a^I + p_{\text{рес}} \cdot g^I}$ , и его эластичность по цене ресурсов определяется следующей формулой:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{p_{\text{рес}}}^{q^I} &= \frac{\partial q^I}{\partial p_{\text{рес}}} \cdot \frac{p_{\text{рес}}}{q^I} = \frac{-M \cdot g^I \cdot p_{\text{рес}}}{(a^I + p_{\text{рес}} \cdot g^I)^2} \cdot \frac{a^I + p_{\text{рес}} \cdot g^I}{M} = \\ &= -\frac{g^I \cdot p_{\text{рес}}}{a^I + p_{\text{рес}} \cdot g^I}. \end{aligned}$$

Таким образом, по абсолютной величине эластичность спроса на блага первой необходимости по цене ресурсов равна стоимостной ресурсоемкости этих благ.

б) Если изначально потребитель мог себе позволить приобрести блага более высоких категорий (т.е. его потребности в благах первой необходимости были удовлетворены полностью:  $M > q_{\text{мин}}^I \cdot (a^I + p_{\text{рес}} \cdot g^I)$ ), но вследствие удорожания ресурсов

оказался за чертой бедности ( $M < q_{\text{мин}}^I \cdot (a^I + p_{\text{рес}}' \cdot g^I)$ ), его спрос на блага первой необходимости изменится в  $\frac{q^{I'}}{q^I} = \frac{M}{(a^I + p_{\text{рес}}' \cdot g^I) \cdot q_{\text{мин}}^I} > \frac{a^I + p_{\text{рес}} \cdot g^I}{a^I + p_{\text{рес}}' \cdot g^I}$  раз (т.к. по условию

$M > q_{\text{мин}}^I \cdot (a^I + p_{\text{рес}} \cdot g^I)$ ), в то время, как в случае а) – ровно в  $\frac{q^{I'}}{q^I} = \frac{a^I + p_{\text{рес}} \cdot g^I}{a^I + p_{\text{рес}}' \cdot g^I}$  раз.

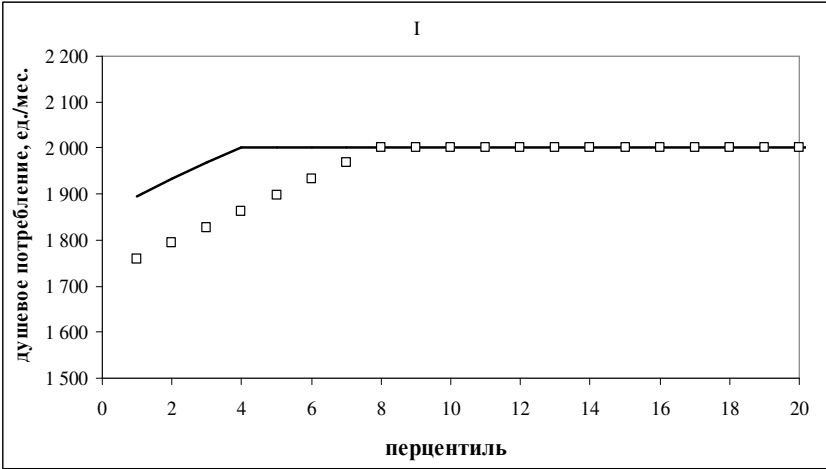
Таким образом, в рассматриваемой ситуации относительное сокращение потребления благ первой необходимости ниже, чем в предыдущей, при таком же удорожании ресурсов. Следовательно, в последнем случае эластичность потребления благ пер-

вой необходимости по цене ресурсов ниже (по абсолютной величине), чем в варианте а).

Анализ ситуаций а) и б) показывает, что эластичность потребления благ первой необходимости по цене ресурсов не превосходит (по абсолютной величине) стоимостной ресурсоемкости этих благ:

$$\left| \varepsilon_{p_{\text{рес}}}^{q^I} \right| \leq \frac{g^I \cdot p_{\text{рес}}}{a^I + p_{\text{рес}} \cdot g^I}.$$

Таким образом, относительное ухудшение удовлетворения первичных потребностей при удорожании ресурсов вследствие эффекта рикошета ограничено сверху, хотя, при высокой ресурсоемкости благ первой необходимости, этот уровень может быть весьма высоким. Так, в последнем примере исходная стоимостная ресурсоемкость благ первой необходимости составляла 49%, а после снижения ресурсоемкости элитных благ и удорожания ресурсов возросла до 52,7%. В то же время, относительный прирост цены ресурсов (15,8%) невелик, и можно считать, что соотношение относительного сокращения потребления благ первой необходимости и относительного прироста цены приближенно равно соответствующей точечной эластичности. На рис. 2.7 изображено изменение потребления благ первой необходимости представителями первых 20 перцентилей. Из рисунка видно, что эффект рикошета и вызванное им удорожание ресурсов оставили за чертой абсолютной бедности представителей 4-7-го перцентилей (в дополнение к 1-3-му). При этом для тех потребителей, для которых выполнялись условия варианта а) – а это как раз представители 1-3-го перцентилей – потребление благ первой необходимости сократилось на 7,2%, что удовлетворительно согласуется с полученным аналитически результатом ( $49\% \cdot 15,8\% \approx 7,9\%$ ). Для представителей 4-7-го перцентилей обеспеченность благами первой необходимости сократилась в меньшей степени, как и было предсказано.



**Рис. 2.7. Сокращение потребления благ первой необходимости вследствие эффекта рикошета (пример)**

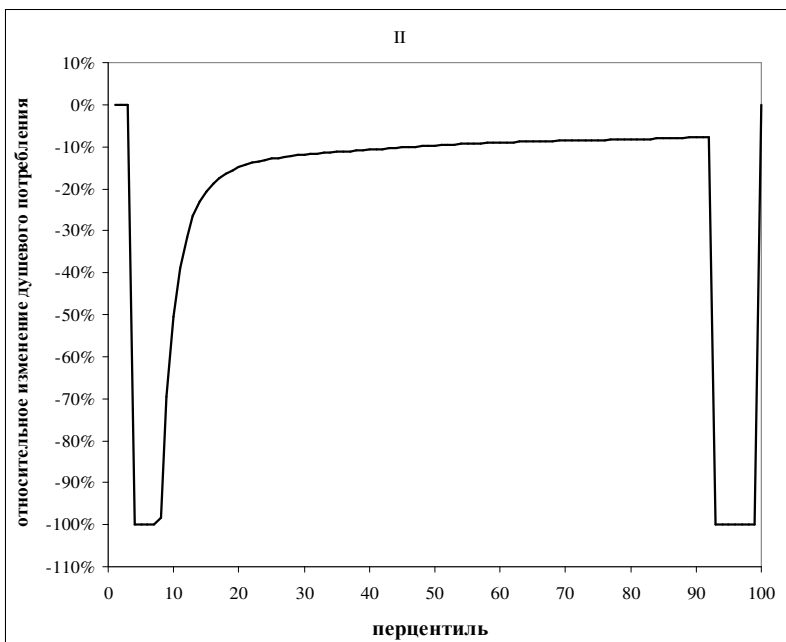
в) Более состоятельные потребители, для которых выполняется условие  $M > q_{\min}^I \cdot (a^I + p_{\text{рес}}' \cdot g^I)$ , и после удорожания ресурсов смогут в полной мере удовлетворять свои первичные потребности. Их спрос на блага первой необходимости не изменится, и останется равным  $q_{\min}^I$ . Что касается потребления благ второй необходимости теми потребителями, которые не «переключились» на более высококачественные блага, оно сократится по двум причинам. Прежде всего, сами блага второй необходимости подорожают вследствие удорожания ресурсов. Если бы изменения в благосостоянии потребителей ограничивались лишь этим, эластичность потребления благ второй необходимости по цене ресурсов определялась бы аналогично первому из рассмотренных случаев, и равнялась бы (по абсолютной величине) стоимостной ресурсоемкости благ второй необходимости. Но второй негативный эффект состоит в том, что дорожают и блага первой необходимости. И хотя, по условию данного варианта, потребитель по-прежнему будет полностью удовлетворять свои потребности в этих благах, но излишек дохода, выделяемый на блага более высоких категорий, сократится, причем, его



относительное сокращение может быть сколь угодно высоким – вплоть до 100%, в рассмотренной выше ситуации б). Следовательно, эластичность потребления благ второй необходимости по цене ресурсов заведомо выше (по абсолютной величине) их стоимостной ресурсоемкости:

$$\left| \varepsilon_{p_{\text{рес}}}^{q''} \right| > \frac{g'' \cdot p_{\text{рес}}}{a'' + p_{\text{рес}} \cdot g''}.$$

Вернемся к рассматриваемому числовому примеру. На рис. 2.8 изображен график вызванного эффектом рикошета относительного снижения потребления благ второй необходимости представителями разных доходных групп. Естественно, потребление обычных благ второй необходимости сократилось на 100% для представителей 4-7-го перцентилей, которые оказались за чертой бедности (а представители 1-3-го перцентилей их не потребляли изначально), и для представителей 93-99-го перцентилей, которые переключились на потребление более высококачественных благ. Только последняя категория потребителей повысила свое благосостояние вследствие снижения ресурсоемкости элитных благ. Что касается представителей 8-92-го перцентилей, они, хотя и могут в соответствии с условиями ситуации в), по-прежнему потреблять обычные блага второй необходимости, но в меньшем объеме – причем, их относительные потери тем выше, чем ближе доход этих потребителей к прожиточному минимуму, и лишь при увеличении дохода они стремятся к теоретическому пределу – стоимостной ресурсоемкости благ второй необходимости. В данном примере она изначально составляла 49% и относительно слабо изменилась при удорожании ресурсов. Соответственно, потребление обычных благ второй необходимости должно сократиться не менее, чем на  $49\% \cdot 15,8\% \approx 7,9\%$ . На рисунке видно, что к этому значению близки относительные потери представителей старших перцентилей (фактически на 7,71% для представителей 92-го перцентилей, для представителей младших перцентилей потери выше – вплоть до 98,3% для 8-го перцентилей).



**Рис. 2.8. Относительное сокращение потребления благ второй необходимости вследствие эффекта рикошета (пример)**

Таким образом, удорожание ресурсов вследствие эффекта рикошета наиболее сильно (в относительном выражении) сказывается на обеспечении потребителей обычными благами второй необходимости. Их стоимостная ресурсоемкость – нижняя граница эластичности потребления данной категории благ по цене ресурсов. Для благ первой необходимости, напротив, эта эластичность по модулю заведомо не превосходит их стоимостной ресурсоемкости. Однако это само по себе еще не гарантирует большей защищенности удовлетворения первичных потребностей – в особенности, в тех случаях, когда стоимостная ресурсоемкость благ первой необходимости велика. При этом следует лишний раз подчеркнуть, что стоимостная ресурсоемкость любых благ, в отличие от натуральной, не является постоянным технологическим коэффициентом (даже в рамках принятой здесь простейшей линейной модели технологий), а зависит от цены ресурсов и от других стоимостных показателей.

#### **2.2.4. Классификация и управление рисками внедрения «зеленых» технологий**

Обобщая результаты анализа негативных социально-экономических последствий эффекта рикошета, можно продолжить начатую во вступлении к п. 2.2 классификацию рисков внедрения ресурсосберегающих технологий. Даже если они технологически эффективны, т.е. даже если удельное потребление ресурсов, действительно, снижается<sup>1</sup>, может возрасти совокупный спрос на ресурсы, вследствие эффекта рикошета. Иначе говоря, даже если на микроуровне потребление ресурсов снижается, оно может возрасти на макроуровне. В свою очередь, при проявлении глобального эффекта рикошета, рост совокупного спроса на ресурсы может, в зависимости от эластичности их предложения, привести к следующим негативным последствиям:

- При неэластичном предложении ресурсов, их цена вырастет значительно, и новая технология может порождать негативные внешние эффекты для отдельных групп (например, дефицит продовольствия, усугубляющийся растущим спросом на биотопливо, под которое занимают все больше пахотных земель, см. [3], и др.). Т.е. эффект рикошета может быть внешним отрицательным эффектом. Кроме того, удорожание ресурсов при неэластичном предложении ресурсов может привести и к недостижению ожидаемого прироста доступности ресурсоемких благ (см. вышеприведенный числовой пример: несколько процентов населения смогло позволить себе элитные блага второй необходимости, но для большинства потребителей стали менее доступными даже обычные блага этой категории). Другие примеры описаны в книге [33]: эффект рикошета на рынке авиатоплива при появлении более экономичной авиатехники может привести к тому, что перевозки подорожают, и ожидаемый прирост доступности авиаперевозок не будет достигнут. Т.е. эффект рикошета также может препятствовать росту благосостояния

---

<sup>1</sup> Здесь рассматриваются именно ресурсосберегающие технологии, а не технологии воспроизводства ресурсов.

той группы потребителей, для которой предполагалось повысить доступность определенных благ. Такие технологии можно назвать *социально неэффективными*. Заметим, что при этом с экологической и энергетической точек зрения, в т.ч. на макроуровне, технология может быть эффективной.

- При эластичном предложении ресурсов, эффект рикошета вызовет рост суммарного потребления ресурсов. Т.е. ресурсосберегающие инновации эффективны «в малом», на микроуровне, но рыночные системные эффекты делают результаты их внедрения противоположными ожидаемым на макроуровне. Их можно назвать *системно неэффективными*, т.к. они неэффективны (с точки зрения декларируемых целей ресурсосбережения) в составе социально-экономических систем. Подчеркнем, что вполне возможно, что они (как и социально неэффективные инновации) принесли бы желаемые результаты в иной социально-экономической ситуации.

Можно заметить, что последние группы рисков – риски системной и социальной неэффективности «зеленых» инноваций - тесно связаны с эффектом рикошета, только системная неэффективность (рост суммарного потребления ресурсов) проявляется при эластичном предложении ресурсов, а социально-экономические риски – как правило, при неэластичном. Анализ описанных рисков требует детального учета социально-экономической ситуации – распределения доходов в обществе, неоднородности поведения различных социальных групп. Т.е. неизбежно потребуются построение структурных моделей, в которых рассматриваются различные социальные группы.

Разумеется, нет сомнений в необходимости разработки и внедрения ресурсосберегающих технологий. Им нет альтернативы с точки зрения обеспечения конкурентоспособности, как отдельной фирмы, так и национальной экономики. Снижение ресурсоемкости благ активно используется производителями в конкурентной борьбе, позволяя предлагать потребителям более экономичную технику или более доступные конечные блага. Как бы то ни было, инновационное развитие будет идти и по пути ресурсосбережения, причем, в сфере производства благ

всех категорий, в т.ч. элитных благ второй необходимости и предметов роскоши. И необходимо выработать рекомендации по оптимальному планированию такого развития с учетом рисков, проанализированных выше.

Экономисты развитых стран мира, в которых активно внедряются ресурсосберегающие технологии, в течение ряда лет исследуют причины и следствия эффекта рикошета, ищут эффективные пути его минимизации (см., например, обзорную статью [105]). Проведенный выше экономико-математический анализ позволил выявить условия, при которых эффект рикошета проявится, и при которых он маловероятен. Поскольку рыночные силы не способны ограничить проявление данного, в целом, пагубного эффекта (более того, он является прямым следствием действия этих сил), для этого требуется государственное вмешательство.

В принципе, существует и такая точка зрения, что с эффектом рикошета не следует бороться. Реальная история развития техники и экономики свидетельствует о том, что переход к новым источникам ресурсов чаще всего происходит лишь тогда, когда старые практически исчерпываются. Т.е. эффект рикошета подстегивает исчерпание ресурсов, а вслед за ним – и само инновационное развитие (именно такая логика лежит в основе теории «рога изобилия», описанной во введении). Возможно, это так, но успеет ли человечество перейти к новым источникам ресурсов массово, и не вымрет ли в ходе этого «переходного процесса» большая доля населения? Нежелание получать ответ на этот вопрос экспериментальным путем заставляет искать способы подавления эффекта рикошета. Кроме того, как показано в п. 2.2.3, он действует на разные социальные группы неравномерно, и в первую очередь страдают беднейшие слои населения. Вряд ли невозможность удовлетворить даже первичные нужды вследствие удорожания ресурсов стимулирует именно эти слои населения к разработке инновационных технологий, ослабляющих рамки ресурсных ограничений.

Для «чистоты анализа» эффекта рикошета выше предполагалось, что прочие составляющие себестоимости элитных благ

второй необходимости не снижаются. Но в реальности снижение ресурсоемкости этих благ нередко сопровождается сокращением прочих слагаемых их себестоимости, что дополнительно увеличивает их стоимостную ресурсоемкость. Например, на протяжении нескольких десятилетий развития гражданской авиатехники снижение удельного расхода топлива пассажирскими самолетами сопровождалось и сокращением многих других составляющих эксплуатационных затрат – например, издержек на техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) и др., подробнее см. [33]. Как следствие, спрос на авиаперевозки возрос существенно сильнее, чем сократилось удельное потребление авиатоплива, и суммарный спрос на него многократно возрос – как и эмиссия парниковых газов и т.п. Строго говоря, этот прирост уже нельзя отнести на счет «чистого» эффекта рикошета. В реальности он нередко проявляется в сочетании с другими эффектами развития технологий. Такая интерференция эффектов затрудняет их эмпирический анализ (поскольку сложно выделить изменения, происходящие именно благодаря эффекту рикошета). Однако она расширяет возможности управления социально-экономическими и экологическими рисками технологического развития.

Прежде всего, из проведенного выше анализа природы эффекта рикошета вытекает следующая рекомендация. Для смягчения эффекта рикошета и его негативных последствий не следует допускать, чтобы потребители массово «переключались» на блага, обладающие более высокой стоимостной ресурсоемкостью. Поэтому повышение доступности высококачественных благ, достигающееся при сокращении их натуральной ресурсоемкости, должно сопровождаться снижением их стоимостной ресурсоемкости до уровня, сравнимого с обычными благами второй необходимости. Т.е. опережающее сокращение прочих составляющих цены элитных благ нежелательно. На практике соблюдения это требование можно с помощью нескольких механизмов.

- Во-первых, из нескольких вариантов инновационного развития соответствующих отраслей следует выбирать те, в которых повышение доступности продукции сопровождается не-

возрастанием ее стоимостной ресурсоемкости. Заметим, что это предложение не противоречит интересам соответствующих отраслей, поскольку рост стоимостной ресурсоемкости означает снижение доли их дохода в стоимости продукции (например, рост топливных затрат в себестоимости авиаперевозок сокращает доходы авиакомпаний и предприятий авиационной промышленности).

- Во-вторых, можно законодательно ограничить внедрение ресурсосберегающих технологий до тех пор, пока они не будут обеспечивать снижение стоимостной ресурсоемкости по сравнению с конкурирующими, либо корректировать структуру цены благ с помощью налогов. Так, прочие (не связанные с потреблением ресурсов) составляющие цены высококачественных благ второй необходимости можно корректировать с помощью налогов таким образом, чтобы выполнялось следующее соотношение:

$$\frac{p_{\text{pec}} \cdot g^{\text{III}'}}{t + a^{\text{III}} + p_{\text{pec}} \cdot g^{\text{III}'}} \leq \frac{p_{\text{pec}} \cdot g^{\text{II}}}{a^{\text{II}} + p_{\text{pec}} \cdot g^{\text{II}}}, \quad (2.7)$$

где  $t$  - ставка корректирующего налога, денежных единиц на единицу блага. При этом, чтобы инновации в производстве благ III имели социально-экономическое значение, эффективная цена этих благ хотя бы для некоторых потребителей должна стать ниже, чем эффективная цена благ II, которые эти потребители потребляли до сих пор. Это условие уже формулировалось в п. 2.2.1, однако теперь необходимо учитывать корректирующий налог на потребление благ III:

$$t + a^{\text{III}} + p_{\text{pec}} \cdot g^{\text{III}'} + \frac{\beta \cdot M}{x^{\text{III}}} < a^{\text{II}} + p_{\text{pec}} \cdot g^{\text{II}} + \frac{\beta \cdot M}{x^{\text{II}}}$$

- по крайней мере, для некоторых потребителей с доходами ниже порогового уровня  $M_*$ , начиная с которого потребители отдавали предпочтение благам III до их удешевления. Т.е. изначально для потребителей с такими доходами выполнялось неравенство

$$a^{III} + p_{\text{pec}} \cdot g^{III} + \frac{\beta \cdot M}{x^{III}} > a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II} + \frac{\beta \cdot M}{x^{II}}, \quad (2.8)$$

которое преобразуется к следующему виду:

$$a^{III} + p_{\text{pec}} \cdot g^{III} > a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II} + \beta \cdot M \cdot \left( \frac{1}{x^{II}} - \frac{1}{x^{III}} \right)$$

Условие «переключения» потребителя на блага III преобразуется к виду

$$t + a^{III} + p_{\text{pec}} \cdot g^{III'} < a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II} + \beta \cdot M \cdot \left( \frac{1}{x^{II}} - \frac{1}{x^{III}} \right), \quad (2.9)$$

после чего, подставляя его правую часть в условие невозрастания стоимостной ресурсоемкости, получим:

$$\frac{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II} + \beta \cdot M \cdot \left( \frac{1}{x^{II}} - \frac{1}{x^{III}} \right)}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}} \geq \frac{g^{III'}}{g^{II}}.$$

Чтобы при этом одновременно выполнялось и условие (2.8), обязательно должно быть справедливым следующее неравенство:

$$\frac{g^{III'}}{g^{II}} < \frac{a^{III} + p_{\text{pec}} \cdot g^{III}}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}} = \frac{p^{III}}{p^{II}},$$

т.е. ресурсоемкость производства благ III по новой технологии должна упасть ниже определенного порога. Только в этом случае можно заблокировать эффект рикошета корректирующими налогами, не исключая при этом роста доступности высококачественных благ. Т.е. только при таком условии налоговый механизм подавления эффекта рикошета будет работоспособным. Особо подчеркнем, что в отсутствие корректирующих налогов эффект рикошета при этом условии вполне возможен: поскольку  $g^{III'} < g^{III}$  и  $a^{III} + p_{\text{pec}} \cdot g^{III'} < a^{III} + p_{\text{pec}} \cdot g^{III}$ , вполне может выполняться неравенство



$$\frac{g^{III'}}{g^{II}} > \frac{a^{III} + p_{\text{pec}} \cdot g^{III'}}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}},$$

которое преобразуется к следующему виду:

$$\frac{p_{\text{pec}} \cdot g^{III'}}{a^{III} + p_{\text{pec}} \cdot g^{III'}} > \frac{p_{\text{pec}} \cdot g^{II}}{a^{II} + p_{\text{pec}} \cdot g^{II}},$$

означающему, что стоимостная ресурсоемкость благ III, на которые «переключаются» потребители после их удешевления, выше стоимостной ресурсоемкости ранее потреблявшихся благ II – а это и есть, как показано в п. 2.2.2, необходимое условие индивидуального эффекта рикошета.

Однако условия (2.7, 2.8, 2.9) могут не выполняться одновременно, и тогда при минимально действенных ставках корректирующих налогов (т.е. таких ставках, которые блокируют эффект рикошета) цена благ III может повышаться до запретительно высокого уровня, не позволяющего даже сохранить прежний уровень их доступности, не говоря уже об ее увеличении. На первый взгляд, это полностью блокирует саму возможность инновационного развития соответствующих отраслей, эволюционного снижения ресурсоемкости их продукции. Однако такое ограничение может способствовать внедрению не инкрементальных, а радикальных инноваций. Что касается малого сокращения ресурсоемкости «элитных» благ, оно с высокой вероятностью приведет к эффекту рикошета.

Впрочем, невозрастание стоимостной ресурсоемкости – это именно достаточное условие гарантированного отсутствия даже индивидуального эффекта рикошета, условие жесткое и нередко в принципе невыполнимое (по крайней мере, мгновенно). Вполне возможно, что, несмотря на проявление индивидуального эффекта рикошета для отдельных групп потребителей, этот эффект не примет глобального характера.

В каждом конкретном случае необходимо проводить анализ риска внедрения ресурсосберегающих технологий с учетом со-

циально-экономической ситуации и параметров технологий – как используемых, так и перспективных.

### *2.3. ВЫБОР ЭКОЛОГИЧЕСКИ И СОЦИАЛЬНО ЭФФЕКТИВНЫХ ПУТЕЙ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ*

#### **2.3.1. Выбор предпочтительных направлений инновационного развития с учетом экологических и социальных рисков**

На основании проведенного выше анализа, можно сформулировать общие выводы о влиянии различных инноваций, в т.ч. «зеленых», на благосостояние граждан. На рис. 2.9 схематично показаны возможные изменения цен общих ресурсов и соответствующие изменения объемов производства и потребления различных видов благ в результате внедрения инноваций той или иной группы. При этом подразумевается, что инновации, ведущие к росту потребления ресурсов и их удорожанию, хотя и сказываются негативно на обеспечении прочими благами, но все же, улучшают обеспечение благами соответствующего вида. Т.е. считается, что прямой эффект всегда сильнее косвенных (ценовых). В противном случае, суммарное потребление ресурсов заведомо снижалось бы, и не было бы оснований для их удорожания.

Если по какой-либо причине для производства благ второй необходимости или предметов роскоши требуется больше ресурсов определенного вида, их цена возрастает, и увеличивается себестоимость производства благ первой необходимости. Соответственно, возможности обеспечения ими малоимущих потребителей сокращаются. К таким последствиям гарантированно приводят инновации типа III, т.е. создание новых видов элитных ресурсоемких благ. Как показано в п. 2.2.2, инновации типа II, т.е. ресурсосберегающие технологии производства благ второй необходимости и предметов роскоши, также могут приводить к подобным последствиям, если при их внедрении проявится глобальный эффект рикошета. Т.е. и они не являются заведомо «зелеными».

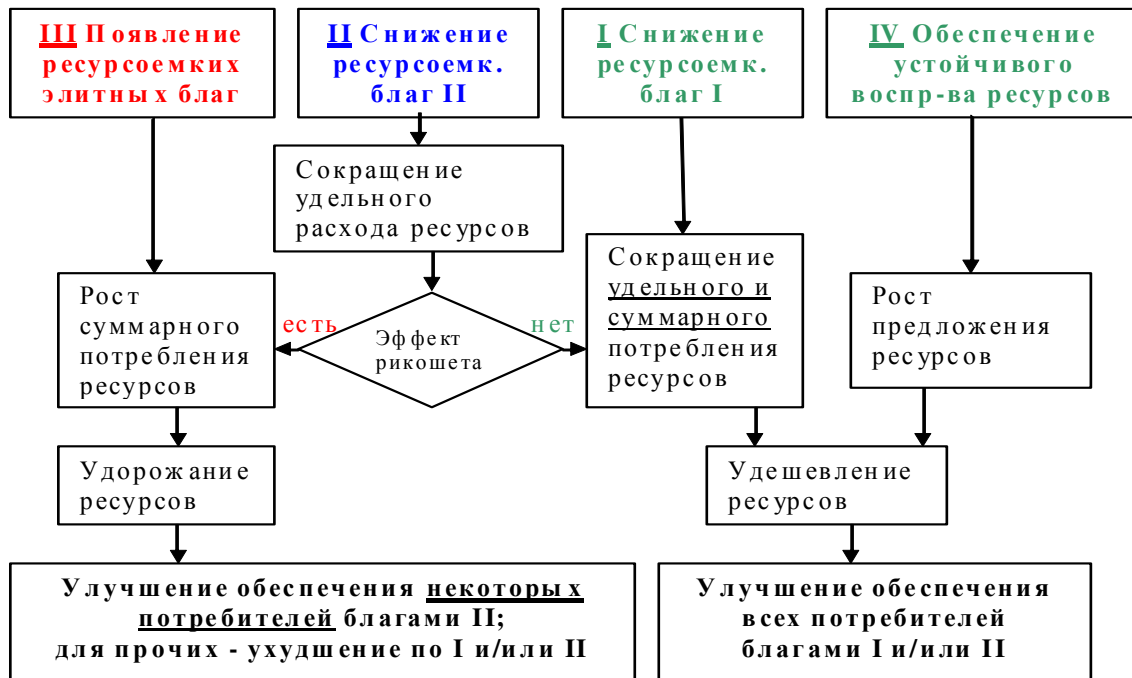


Рис. 2.9. Влияние инноваций на цены ресурсов и благосостояние потребителей

Таким образом, наиболее целесообразными с точки зрения роста благосостояния большинства граждан и обеспечения устойчивого развития, являются инновационные технологии групп I и IV, согласно классификации, введенной в п. 2.1.2, т.е. ресурсосберегающие инновации в сфере удовлетворения первичных человеческих потребностей, а также инновации в сфере воспроизводства ресурсов. Рассмотрим более детально социально-экономическую эффективность и риски внедрения «зеленых» технологий этих двух групп.

Значительная часть населения Земли не может в полной мере удовлетворить даже свои первичные потребности. Поэтому с социальной точки зрения улучшение обеспечения благами первой необходимости является приоритетным направлением инновационного развития. В то же время, говоря об эффективности и рисках инноваций в сфере производства благ первой необходимости, следует сделать существенные оговорки. Выше, в п. 2.2.1, на основе экономико-математического анализа был получен вывод о невозможности эффекта рикошета в сфере производства благ первой необходимости. Однако существуют опасения (см., например, [105, 122]), что и снижение ресурсоемкости благ первой необходимости вызовет ощутимый рост потребления ресурсов. В принятых в п. 2.2 простейших моделях потребления ресурсов и благ различных категорий игнорируются важные факторы, с учетом которых нельзя исключить возможность проявления эффекта рикошета и в сфере удовлетворения первичных человеческих потребностей.

*1) Изменение стандартов качества жизни и классификации потребностей.*

Прежде всего, само по себе жесткое деление благ на блага первой необходимости и прочие категории весьма схематично. Яркий пример, имеющий непосредственное отношение к проблемам энергосбережения и энергопотребления – распространение бытовых кондиционеров. Хотя изначально человечество обходилось без таковых (впрочем, определенные решения, нацеленные на обеспечение комфортной температуры воздуха в жарком климате, существовали и в доиндустриальную эпоху),

сейчас в развитых странах мира обеспечение в помещениях благоприятных климатических условий в жаркое время года считается благом первой необходимости. Соответствующая потребность, ставшая базовой, удовлетворяется с помощью систем кондиционирования. Заметим, что в силу технологических причин кондиционирование воздуха в помещениях является более энергозатратным, чем их отопление, и в теплое время года становится одним из главных факторов, определяющих энергопотребление в жилом секторе, офисных помещениях и т.п. Достаточно вспомнить, что перегрузки электросетей в крупных городах (например, в США, Японии и России) чаще всего случались именно в наиболее жаркие периоды.

## *2) Неоднородность технологий удовлетворения первичных потребностей*

Вопрос о возможности проявления эффекта рикошета при снижении ресурсоемкости благ первой необходимости имеет большое практическое значение. На первый взгляд, в свете проведенного выше анализа, например, в сфере электро- и теплоэнергетики риск проявления эффекта рикошета отсутствует. Эти отрасли, в основном, обеспечивают первичные потребности человечества (в освещении и отоплении жилищ, питании бытовых приборов и т.п.), а, как известно, спрос на блага первой необходимости характеризуется некоторым уровнем насыщения, по достижении которого он становится совершенно неэластичным по цене. В рамках принятой здесь модели потребления благ различных категорий, снижение ресурсоемкости благ первой необходимости даже теоретически не может сопровождаться эффектом рикошета. Т.е., на первый взгляд, кажутся безосновательными опасения, что вследствие распространения энергосберегающих ламп, теплоизолирующих стройматериалов, снижения уровня энергопотребления бытовых электроприборов и т.п., может существенно возрасти совокупное потребление электро- и теплоэнергии в городах. В самом деле, если, например, благодаря утеплению стен домов сократятся потери тепла (заметим, что это – одно из важнейших направлений повышения энергоэффективности российской экономики) – начнут ли жильцы топить больше, чем ранее?

Однако обратим внимание на то, что в моделях потребления благ и ресурсов, используемых в п. 2.2, по умолчанию предполагается, что первичные потребности всех индивидов уже удовлетворяются с помощью определенных современных технологий, ресурсоемкость которых может, разве что, снижаться. Но в реальности и в этой сфере могут сосуществовать различные технологии, характеризующиеся различной ресурсоемкостью и качеством. Соответственно, и здесь возможно «переключение» части потребителей на более ресурсоемкие технологии при повышении их доступности.

Не следует забывать, что во многих регионах мира сохраняется многократный дефицит генерирующих мощностей и распределительной инфраструктуры относительно уровня 2 кВт/чел., который позволяет удовлетворять хотя бы базовые потребности человека с помощью современных технологий. Значительная часть человечества лишена доступа к электроэнергии, используя для освещения, отопления, приготовления пищи и т.п. местные топливные ресурсы, подробнее см. [48]. Т.е. немалая доля населения Земли до сих пор вынуждена удовлетворять свои первичные потребности с помощью примитивных технологий доиндустриальной эпохи. Как правило, примитивные технологии жизнеобеспечения чрезвычайно трудоемки (как отмечено в п. 2.1.1, можно сказать, что изначально технический прогресс и был нацелен, главным образом, на снижение трудоемкости удовлетворения основных человеческих потребностей). По этой причине суммарное потребление даже местных энергоресурсов (дров и т.п.) беднейшими странами мира пока относительно невелико (хотя и здесь встречаются примеры их исчерпания – например, уничтожения лесов).

Что касается энергоресурсов, используемых в более современных технологических укладах (а это, прежде всего, ископаемые углеводородные топлива), зачастую они и добываются именно в слаборазвитых странах третьего мира, но население последних может не предъявлять на них значительного спроса. Еще ярче неэквивалентность мирового товарообмена проявляется в отношении некоторых других ресурсов – например, руды некоторых цветных и редкоземельных металлов, применяемых в

электронной и аэрокосмической промышленности, добываются в беднейших странах Африки, см. [81].

С учетом описанных факторов, не исключено, что повышение доступности современных технологий удовлетворения первичных потребностей (в т.ч. и вследствие снижения их ресурсоемкости) может привести к массовому «переключению» на них населения беднейших стран мира, до сих пор, фактически, не создававшего спроса на те дефицитные природные ресурсы, которыми пользуются более развитые страны. В свою очередь, в этих относительно развитых странах сравнительно недавно, в XX веке наблюдался аналогичный эффект – рост суммарного потребления энергоресурсов при массовом переходе к центральному отоплению в многоквартирных домах, см. [105]. Т.е. эффект рикошета возможен и в сфере обеспечения базовыми благами. Следовательно, во избежание усиления дефицита ресурсов, снижение их удельного потребления должно происходить опережающими темпами в наиболее развитых странах (в наибольшей степени ответственных за потребление энергоресурсов в мире). А в долгосрочной перспективе нет альтернативы переходу к воспроизводству различных ресурсов, в т.ч. к возобновляемым источникам энергии.

Кроме того, при снижении ресурсоемкости технологий отопления и отопления жилищ вполне возможно, что граждане начнут активнее селиться в холодных краях, «переключаясь» на этот, теперь подешевевший (благодаря снижению затрат на отопление) вариант. Заметим, что при этом на более ресурсоемкий вариант расселения «переключатся» те индивиды, которые ранее проживали в более теплых регионах.

В принципе, возможен «демографический эффект рикошета»: ресурсосбережение (в широком смысле) позволит обеспечивать жизнедеятельность большего населения Земли, и оно вырастет настолько, что совокупная экологическая нагрузка возрастет. Другие исследователи приводят как эмпирические, так и теоретические подтверждения такой возможности. Протицируем работу [45]:

*«...было показано, что гиперболический рост населения мира и квадратически-гиперболический рост мирового ВВП (а также гиперболический рост мировой грамотности и урбанизации, квадратически-гиперболический рост численности городского и грамотного населения мира и т. п.), наблюдавшиеся вплоть до 1970-х гг., можно объяснить как продукт положительной нелинейной обратной связи второго порядка между демографическим ростом и технологическим развитием. Эта положительная обратная связь может быть схематически описана следующим образом: технологический рост — **рост потолка несущей способности земли** — выделено авт. (расширение экологической ниши) — демографический рост — больше людей — больше потенциальных изобретателей — ускорение технологического роста — ускоренный рост несущей способности земли — ещё более быстрый демографический рост — ускоренный рост числа потенциальных изобретателей — ещё более быстрый технологический рост — дальнейшее ускорение темпов роста несущей способности земли и т.п.»*

Помимо «классического» эффекта рикошета, когда рассматривается снижение удельного потребления единственного вида ресурсов, следует учитывать и близкие к данному эффекты, возникающие при повышении доступности альтернативных ресурсов-заменителей данного. И в этом случае возможно «переключение», изменение структуры спроса на ресурсы и т.п. Непосредственно этот вопрос возник в рамках дискуссии о том, следует ли России строить АЭС в странах, которые могли бы стать потребителями российского газа, см. статью [15]. На первый взгляд, это лишь вопрос выбора приоритетных отраслей в российской экономике (кому выгоднее помочь – атомному энергомашиностроению или газовой промышленности). Однако возможно, что механизм реализации возможных последствий таких шагов гораздо сложнее.

Во-первых, зададимся вопросом о том, как изменятся доходы тех или иных российских экспортеров. Потребитель выберет наиболее выгодный для себя вариант. Т.е. он «переключится» на атомную энергию, если она будет дешевле своего газового «эквивалента». Однако это еще не исключает проявления классиче-



ского эффекта рикошета: потребление более дешевой энергии может существенно возрасти, а с ним возрастут и доходы российских экспортеров (уже не Газпрома, а Росатома). Во-вторых, «переключение» зарубежной энергетики с углеводородного сырья на атомную энергию еще не означает прекращения его экспорта из России в эти страны – уже в качестве сырья для других отраслей, например, химической промышленности.

Теперь обратим более пристальное внимание на социально-экономическую эффективность технологий воспроизводства природных ресурсов, т.е. инноваций группы IV, согласно классификации, введенной в п. 2.1.2. Проведенный в п. 2.2.1 анализ эластичности потребления различных благ по цене ресурсов полезен не только для оценки ущерба от эффекта рикошета как внешнего эффекта, но и для оценки социально-экономической эффективности удешевления ресурсов, достигаемого благодаря освоению новых технологий их воспроизводства (возобновляемых источников). Такие инновации, как показывает проведенный анализ, в большей степени (по сравнению с ресурсосберегающими инновациями) позволят улучшить обеспечение благами различных категорий, причем, относительный прирост обеспеченности благами первой и второй необходимости при удешевлении ресурсов определяется стоимостной ресурсоемкостью этих благ.

На первый взгляд, переход к возобновляемым источникам ресурсов в принципе не порождает рассмотренных выше рисков, характерных в той или иной мере для всех ресурсосберегающих технологий. Однако и такие инновации, отнесенные в используемой здесь классификации к группе IV, также могут иметь неоднозначный эффект с экологической и социально-экономической точки зрения. Прежде всего, как было отмечено в п. 2.2.1, они могут оказаться технологически неэффективными, т.е., например, некоторые технологии альтернативной энергетики характеризуются отрицательным выходом энергии, с учетом всех энергозатрат на их реализацию.

Возможны и негативные системные эффекты, даже если инновации группы IV технологически эффективны. Яркий при-

мер – события последних лет на рынках продовольствия, подробнее см. [3]. Поскольку топливо, произведенное из растительного сырья, считается привлекательной альтернативой ископаемому углеводородному горючему, в условиях исчерпания запасов и удорожания последнего резко возрос спрос на сырье для производства биотоплива. При этом, во-первых, посевные площади, которые ранее использовались для выращивания продовольственных культур, нередко становится выгоднее использовать для выращивания специфических «топливных» культур. Во-вторых, даже продовольственное и кормовое зерно, а также прочие виды сельскохозяйственного сырья все чаще приобретаются не пищевой, а топливной промышленностью. И та цена<sup>1</sup>, которую состоятельные потребители в развитых странах мира готовы платить за биотопливо, как показывает практика, существенно выше цены, которую бедные потребители в странах третьего мира способны платить за продовольствие. Как можно объяснить подобный эффект в рамках используемых здесь моделей? Ведь на первый взгляд, технологии воспроизводства дефицитных ресурсов в принципе не могут приводить к негативным последствиям.

Прежде всего, при корректном рассмотрении первичными ресурсами, которые ограничены и лимитируют производство различных благ, в данном случае являются, разумеется, не те или иные виды топлива, а сельхозсырье или даже сами посевные площади, которые могут использоваться для выращивания пищевых или «топливных» культур. Именно за эти ограниченные ресурсы и конкурируют, в конечном счете, потребители в разных странах мира, желая удовлетворить с их помощью различные виды потребностей: жители бедных регионов – первичные потребности в продовольствии, а жители наиболее развитых стран мира – как правило, потребности в передвижении на автомобильном и воздушном транспорте.

Прогресс в технологиях получения биотоплива означает именно снижение ресурсоемкости его производства как удельного расхода сельхозсырья (или удельной посевной площади) на

---

<sup>1</sup> В пересчете на единицу сельхозсырья или посевной площади.

литр топлива и, в конечном счете, на пассажиро-километр транспортной работы. В итоге биотопливо становится дешевле (в особенности, с учетом государственных дотаций), и на его потребление «переключаются» пользователи авто- и авиатранспорта, создавая дополнительный спрос на сельхозсырье или на посевные площади. Дальнейший анализ механизма влияния производства биотоплива (по технологиям первого поколения) на рынки продовольствия повторяет анализ обычного эффекта рикошета, проведенный в п. 2.2.

Т.е., при более тщательном рассмотрении, технологии производства биотоплива первого поколения (подробнее см. п. 1.1), т.е. из сельхозсырья, которое выращивается на дефицитных посевных площадях, отнюдь не обеспечивают расширенного воспроизводства ресурсов<sup>1</sup>, поскольку, как сказано выше, ограниченными ресурсами в данном случае являются отнюдь не энергетические.

Более перспективными представляются технологии второго поколения (подробнее см. п. 1.1), т.е. получение биотоплива из разнообразных отходов – бытовых, промышленных, отходов лесного хозяйства и т.п. Они однозначно благотворны с экологической точки зрения, поскольку решают проблемы утилизации отходов; как правило, они не порождают вышеописанных социально-экономических противоречий, поскольку используют дармовое (недефицитное) сырье. В то же время, оно является дармовым именно потому, что такие технологии пока не получили повсеместного распространения. Сырьевая база таких технологий ограничена и не решит полностью проблем обеспечения моторным топливом даже наиболее обеспеченных соответствующим сырьем стран (например, стран Северной Европы, в которых образуются значительные объемы отходов лесной промышленности).

Остается изыскать возможности получения биотоплива, с одной стороны, предполагающие обширную ресурсную базу, а с

---

<sup>1</sup> Притом, что, как говорилось в п. 2.2.1, они нередко являются и технологически неэффективными.

другой стороны – не предполагающие конкуренции с другими, уже существующими отраслями экономики за ограниченные ресурсы. Надежды возлагаются на технологии третьего поколения (подробнее см. п. 1.1) – получение биотоплива из водорослей с высокой урожайностью, либо из «сухопутных» культур, не занимающих дефицитные посевные площади, пригодные для выращивания продовольственных культур. Однако на пути практического внедрения таких технологий еще предстоит решить целый ряд комплексных проблем, см. [20, 129].

Разумеется, ресурсосбережение и воспроизводство ресурсов не являются взаимоисключающими альтернативами – напротив, можно полагать, что эти направления инновационного технологического развития призваны дополнять друг друга. Только их совместное использование дает шанс на решение ресурсных проблем развития человечества. Можно заметить, что, обращаясь к таким возобновляемым источникам энергии, как биотопливо, человечество, фактически, копирует природный механизм образования ныне используемых ископаемых энергоносителей – угля, нефти и природного газа. Однако они накапливались на протяжении миллионов лет, тогда как нынешние энергетические потребности человечества приводят к исчерпанию этих запасов за десятки, максимум – сотни лет. Строго говоря, и запасы ископаемых энергоносителей являются возобновляемыми, но текущие потребности человечества (даже еще не удовлетворенные на социально приемлемом уровне) на несколько порядков выше естественной скорости их воспроизводства. Как упоминалось выше, повышение выработки биотоплива (даже до уровня, недостаточного для удовлетворения текущих потребностей) создаст недопустимо высокую нагрузку на естественные экосистемы, приводя к их «исчерпанию» даже быстрее, чем исчерпались бы запасы полезных ископаемых, а также порождает социально-экономические противоречия, влияя на конъюнктуру продовольственных рынков и т.п.

Итак, с одной стороны, в долгосрочной перспективе альтернативы возобновляемым источникам энергии нет. Но, с другой стороны, нынешний уровень потребления ресурсов существенно выше темпов их воспроизводства, которые можно обеспе-

чить без неприемлемого ущерба для природы и общества. Таким образом, выход видится в одновременном переходе к возобновляемым источникам энергии и снижению энергопотребления до такого уровня, чтобы его можно было покрыть, эксплуатируя возобновляемые источники энергии в безопасном режиме.

При этом, разумеется, инновационное развитие ресурсно-сырьевого сектора не ограничивается лишь поиском возобновляемых источников моторного топлива. Транспорт – не единственный и даже не преобладающий потребитель энергоносителей. Более того, если удастся найти технологически эффективные способы получения электро- и теплоэнергии, в сочетании с технологиями аккумулирования энергии на борту транспортных средств, это позволит радикально снизить саму потребность в топливе как таковом. В свою очередь, помимо энергетических ресурсов, актуально и воспроизводство других видов исчерпаемых природных ресурсов, хотя ему уделяется существенно меньшее внимание и в научных исследованиях, и в общественном мнении.

На практике выбор конкретных решений – конструктивно-технологических, организационных и т.п. – нацеленных на «зеленое» развитие, представляет собой сложный процесс, требующий детальных расчетов, учета множества неочевидных факторов и т.п. Даже технологическую эффективность «зеленых» инноваций (точнее, инноваций, претендующих на этот статус) на практике непросто оценить – тем более, сложно решение обратной задачи: синтеза экологически эффективных технических систем. В этой связи, чрезвычайно важно развитие инженерно-экологического образования.

Значительным шагом в этом направлении явилось издание (в т.ч. и в русском переводе) книги [76]. Ее авторы исходят из того, что необходимо учитывать, по возможности, комплексный экологический эффект той или иной технологии, рассматривая весь жизненный цикл системы. При этом они не ограничиваются, в отличие от значительной доли ученых и общественных деятелей, работающих в данной сфере, лишь общими декларациями. Даны практические рекомендации и примеры комплекс-

ного инженерно-экологического анализа при создании технических систем в энергетике, коммунальном хозяйстве, на транспорте, в промышленности и т.п.

Однако системные социально-экономические эффекты остаются вне поля зрения авторов указанной книги, которые являются в большей степени инженерами, чем экономистами или специалистами по глобальному моделированию. В итоге, игнорируются такие системные эффекты, как эффект рикошета (он упомянут, но без пояснения причин и способов его минимизации), глобальные аспекты изменения структуры промышленности и международного разделения труда. Как следствие, не учитываются, например, негативные эффекты развития электромобилей, связанные с добычей и утилизацией металлов, необходимых для производства аккумуляторов; в качестве положительных примеров приводится «зеленый» экономический рост ряда стран Запада, фактически достигнутый путем переноса «грязных» производств в страны третьего мира – при усилении неэквивалентного обмена между мировыми «Центром» и «Периферией», и др. На наш взгляд, изменения в образовательных программах, ориентированных на «зеленое» развитие технологий, обязательно должны включать в себя и преподавание основ инженерно-экономического системного анализа эффективности «зеленых» технологий, проведенного в предлагаемой книге.

### **2.3.2. Рост нематериального сектора: конец ресурсных ограничений?**

Среди экономистов, специализирующихся на изучении проблем инновационного развития, весьма распространена точка зрения, согласно которой ресурсные ограничения актуальны только для индустриальной экономики, в то время как мир стоит на пороге новой, постиндустриальной эры. При этом считается, что для наиболее развитых стран мира проблема дефицитности материальных (в т.ч. природных) ресурсов теряет актуальность, поскольку в этих странах в последние десятилетия бурно развивается нематериальный сектор экономики, производящий нематериальные блага – информацию, знания, даже «впечатления»,

«смыслы» и т.п. На первый взгляд, этот сектор, действительно, не требует больших затрат ресурсов, и не порождает проблем их дефицитности. Однако, по мнению авторов, этот тезис не выдерживает научной критики, а является лишь пропагандистским. «Экономика знаний» в настоящее время далеко не самодостаточна. Рост нематериального сектора экономики в наиболее развитых странах мира сопровождался вытеснением материального (в т.ч. ресурсоемкого, в широком смысле) производства в страны третьего мира. В этих странах реализуются устаревшие технологии, весьма недружественные к окружающей среде, недопустимые в «цивилизованном мире» формы эксплуатации работников. В силу бедности и низкого образовательного уровня последних, они не могут быть не только производителями, но даже потребителями «впечатлений и смыслов», производимых в наиболее развитых странах мира. Причем, как показано в п. 2.1.1, у жителей стран третьего мира просто может не хватать для этого времени – трудоемкие технологии удовлетворения первичных потребностей почти не оставляют времени для досуга, заставляя тратить большую часть жизни на обеспечение выживания. Поэтому торговый обмен между развитыми странами и странами третьего мира не может быть равноценным. Как показывает анализ, проведенный с участием Е.А. Болбот в работе [8], гипертрофированное (т.е. не отвечающее возможностям материального производства) развитие нематериального сектора чревато глобальными противоречиями социально-экономического характера.

Можно говорить о двух сторонах жизни (работы и отдыха) человека: в реальном и в виртуальном пространствах. Какое из них станет основным, в каком будут находиться цели работы и жизни, а какое будет играть подчиненную роль, т.е. останется лишь средством? Именно ответ на такой вопрос и определяет, свершился ли переход к информационному обществу. До тех пор, пока цели работы и развития личности (потребление, статус и т.п.) останутся в реальном пространстве, а деятельность в виртуальном пространстве будет лишь средством достижения этих целей, преждевременно говорить о полноценном переходе к информационному обществу.

Следует подчеркнуть, что большинство научных работ, посвященных экономическим аспектам развития ИТ (см., например, [32]), лежат именно в русле «производственного» подхода, т.е. ИТ рассматриваются исключительно как средства повышения эффективности материального производства (хотя и представляющие принципиально новые возможности для его более эффективной организации). В то же время, ряд авторов весьма глубоко исследует и рынки ИТ «потребительского» назначения, т.е. непосредственно удовлетворяющих потребности человека<sup>1</sup>, см., например, [14]. При этом нередко приходится решать проблемы инновационного маркетинга, формировать новые потребности, немислимые до появления соответствующих возможностей.

В этой связи интересна точка зрения М. Кастельса на переход к информационному обществу. Согласно его исследованиям [30], уже существенно больше половины работников в мире занято в сфере сбора, обработки и распространения информации. Однако, во-первых, такая деятельность существовала и ранее, и появилась до распространения ИТ (они лишь облегчили ее, вызвав аналог эффекта рикошета: снижение удельных трудозатрат на сбор и обработку информации привело к увеличению числа занятых в этой сфере. Во-вторых, в любом случае, подавляющее большинство этих работников, даже из ИТ-индустрии, своей деятельностью лишь зарабатывают себе на потребительские блага и общественный статус в реальном, материальном мире, а не в виртуальном пространстве. Новая эра начнется не ранее, чем именно в этом пространстве будут потребляться основные объемы благ; именно там будет определяться реальный общественный статус и т.п.

На первый взгляд, выполнение данного критерия просто означает достижение определенного порога дохода (на уровне общества – производительности материального производства),

---

<sup>1</sup> Разумеется, это, как правило, не базовые потребности, обеспечивающие физическое выживание, а потребности более высокого уровня, по классификации А. Маслоу, возникающие при наличии свободного времени и т.п.



позволяющего полностью удовлетворить материальные потребности и тратить избыточный доход в виртуальном пространстве. Именно такой подход и был использован авторами в работе о пределах и рисках роста нематериального сектора [8]. Однако этот порог в реальности не только не является жестким – он существенно зависит от целей развития общества, от мотивов человеческого поведения, ценностей, принятых в обществе. В настоящее время прагматические стимулы подразумевают максимизацию потребления материальных благ. Причем, даже если объективно она не ведет к повышению благосостояния, полезности индивида, она считается желательной именно с точки зрения повышения статуса. Как показывает практика и теоретический анализ, такой путь является тупиковым в свете экологических и ресурсных проблем.

Кроме того, «производство впечатлений», в современном виде нередко приводит не к экономии, а к перерасходу материальных ресурсов. Характерный пример приводится в работе [68]: хотя наиболее рациональной формой упаковки различных продовольственных продуктов и напитков является параллелепипед, необходимость выделить свой продукт на фоне конкурентов заставляет производителей придавать упаковке чрезвычайно причудливые формы (также объем тары может существенно превышать объем продукта, а масса брутто – массу нетто). В результате на упаковку тратятся лишние материалы, в т.ч., порождающие экологические проблемы; в контейнерах и грузовых отсеках остается пустое пространство, и транспортные средства фактически «возят воздух» или излишнюю массу тары, расходуя дефицитное топливо и создавая вредные выбросы.

Причем, возрастание потребления ресурсов в процессе развития нематериального сектора обусловлено не только явно нерациональным их использованием непосредственно при «производстве впечатлений». Это неизбежно до тех пор, пока сами «производители впечатлений» предпочитают тратить доходы, полученные в нематериальном секторе, преимущественно, в реальном пространстве, для повышения потребления (в т.ч. – чисто статусного) материальных благ. Т.е. «производство впечатле-

ний» является лишь инструментом для повышения уровня потребления материальных благ.

Для оценки интегрального влияния роста «производства впечатлений» на потребление материальных ресурсов можно построить количественную модель с мультипликатором, подобную кейнсианской модели общего равновесия, вводя предельную склонность к потреблению материальных и нематериальных благ. В этой модели следует предусмотреть порог дохода, соответствующий прожиточному минимуму, минимально необходимому уровню обеспеченности материальными благами.

Необходимо принимать во внимание следующее соображение. Современная цивилизация во многом основана на идее прогресса, т.е. поступательного улучшения всех сфер жизни. Его необходимость и реализуемость считаются само собой разумеющимися. Отчасти такие ожидания коренятся в человеческой природе (см. работы [86] и др., в которых даже вводится термин «*прогрессист*», т.е. человек, ожидающий, что в дальнейшем будет лучше). В то же время, если глобальные ресурсные ограничения сделают невозможным постоянный рост материального благосостояния, прогрессист будет воспринимать такую ситуацию как неблагоприятную – даже если по объективным критериям («по абсолютной шкале») обеспечивается достойное качество жизни. Как показывает анализ, обеспечить устойчивый рост материального благосостояния на долговременных интервалах может быть проблематично в силу объективных ресурсных ограничений – даже с учетом их частичного преодоления. В п. 2.3.1 обсуждался т.н. «демографический эффект рикошета». Можно полагать, что постоянный рост численности человечества и его запросов в принципе не позволяет справиться с проблемой ограниченности ресурсов – даже возобновляемых. Как только рамки ресурсных ограничений будут раздвинуты – под воздействием «императивов роста» человечество довольно быстро займет и новую, расширившуюся нишу<sup>1</sup>, достигнув ее гра-

---

<sup>1</sup> С другой стороны, так ли это пагубно в принципе? Ведь именно таким образом человечеству удалось достичь высот, о которых ранее даже не задумывались.

ниц или, по крайней мере, границ эффективного роста (т.е. столкнется с проблемой убывающей предельной отдачи). И так будет длиться до следующего скачка.

Таким образом, на первый взгляд, желательно такое изменение системы ценностей, которое переориентировало бы людей на максимизацию «потребления впечатлений». В этом случае вполне возможно обеспечить и неограниченный во времени рост «потребления впечатлений», как того требует психология прогрессиста. Примитивный условный пример: вместо того, чтобы каждый житель Земли стремился лично посетить Австралию, что потребовало бы от жителей прочих континентов преодоления расстояния порядка 10-15 тысяч км (причем, туда и обратно) и, соответственно, расходов, по меньшей мере, порядка 1 т авиатоплива (что в масштабе Земли соответствует нескольким млрд. т нефти), целесообразно ориентировать их на виртуальное путешествие – возможно, гораздо более познавательное и обстоятельное (что в принципе не исключает и совершения реального путешествия, но уже подготовленным туристом, обладающим более глубокими познаниями о посещаемой стране и более развитой мотивацией). При этом в полной мере проявилось бы фундаментальное преимущество информационных продуктов – их неконкурентность (т.е. совершение виртуального путешествия одними индивидами ничуть не сокращало бы его доступность для других).

Однако и в информационной сфере нередко создаются такие системы стимулов, которые сводят на нет упомянутое преимущество. Обладание информационными продуктами также делается (искусственно) предметом статусного соперничества, во главу угла ставится не сам факт обладания и личного удовлетворения от использования, а именно редкость, временное преимущество перед прочими индивидами в получении продукта, и т.п. Насколько статусное соперничество вообще неизбежно в человеческом обществе, вызвано ли оно неотъемлемыми чертами человеческой природы, или обусловлено именно особенностями материального этапа развития человечества (когда механизм конкуренции был призван выделить тех немногих, кому достанется заведомо ограниченный объем благ)? Как изменятся

его предпосылки и, главное, последствия с точки зрения повышения общественного благосостояния при переходе в виртуальное пространство? Ответ на эти вопросы требует отдельного рассмотрения.

Как обосновано в работе [86], устойчивый рост благосостояния и удовлетворенности людей может обеспечить не просто смещение потребительских запросов в нематериальную сферу, но изменение самих целей развития человека: вместо максимизации потребления (хотя бы и нематериальных благ) – максимизация удовольствия от созидания. Заметим, что, занимаясь любимым делом, такой «альтруистичный эгоист» вполне может способствовать и решению насущных проблем материального производства, раздвигая рамки ресурсных ограничений. Разумеется, в реальности такое изменение системы ценностей требует значительных усилий и времени.

### **2.3.3. «Бережливые» инновации – путь к экологичному росту благосостояния**

До сих пор, как показано в п. 2.1.1, научно-технический прогресс шел, в основном, по пути снижения трудоемкости обеспечения людей различными благами, но ценой прогрессирующего роста ресурсоемкости. Кроме того, появлялись (или навязывались, как показано в п. 2.3.2) новые потребности, требующие еще большего расходования ресурсов (в широком смысле). Такое «инновационное развитие» зашло в тупик, более того – до предела обострились системные противоречия на глобальном уровне. Необходима альтернатива, социально ориентированная и экологичная. Таковой обещают стать т.н. *бережливые инновации* (*frugal<sup>1</sup> innovations*): отсекая искусственные потребности, они нацелены на массовое удовлетворение потребностей реальных.

Приведем два характерных примера «бережливых» инноваций, разработанных в Индии. Они направлены на решение двух

---

<sup>1</sup> Это слово можно приближенно перевести как «скромный», «умеренный», «бережливый», «экономный» и т.п.

проблем, чрезвычайно актуальных для населения этой страны. Эти проблемы – болезни сердца и низкое качество воды. Огромное количество жителей Индии умирает от сердечнососудистых заболеваний каждый год, более четверти из них моложе 65 лет. Около 2 млн. чел. умирают от употребления загрязненной воды.

На решение задачи контроля и поддержания здоровья населения нацелены разработки медицинской лаборатории *General Electric (GE)* в Бангалоре. Карманные приборы для снятия электрокардиограммы Дженерал Электрик являются шедевром упрощения. Число кнопок было сокращено с нескольких десятков на обычном аппарате для снятия ЭКГ до четырех. Громоздкий принтер был заменен одним из устройств, используемых в портативных машинках для распечатки билетов. Кроме того, этот портативный прибор продается по цене \$ 800, вместо \$ 2000 для обычных аппаратов для снятия ЭКГ, и позволяет сократить расходы на проведение ЭКГ-диагностики до \$1.

Необходимо отметить, что в уменьшении стоимости продукта и в адаптации его к развивающимся рынкам нет ничего нового. Однако инженеры GE использовали совершенно новую схему при создании своих новинок – они пошли не по пути «навешивания» дополнительных функций и совершенствования дизайна, а взяли за основу реальные нужды потребителей и упростили продукт настолько, насколько это возможно.

Компания *Tata Consultancy Services (TCS)* вышла на рынок с еще менее высокотехнологичным устройством - фильтром для воды, в котором в качестве основного абсорбента используется рисовая шелуха (один из наиболее распространенных видов отходов сельхозпроизводства в Индии). Относительно дешевый, надежный и портативный фильтр позволяет обеспечить большую семью чистой водой всего за \$4 в месяц. Данный пример исключительно важен и показателен. Во-первых, он может рассматриваться как пример доступной и экологичной технологии воспроизводства одного из самых дефицитных ресурсов в со-

временном мире – питьевой воды<sup>1</sup>, т.е. пример инновации IV рода, согласно предложенной в п. 2.1.2 классификации<sup>2</sup>, а такие инновации являются, как обосновано в п. 2.2.1, наиболее желательными с социально-экономической точки зрения. Во-вторых, сама данная технология не требует расходования иных ограниченных ресурсов (как, например, производство биотоплива из сельхозкультур часто требует расхода той же пресной воды для полива, см. [96]) – напротив, сырье является практически бросовым и, более того, частично решается проблема утилизации соответствующих отходов.

В развивающихся странах компании – вынужденно – поняли важную истину: в постоянно изменяющемся современном мире невозможно обеспечить себе базу для процветания только за счет *VIP*-клиентов. Необходимо удовлетворять потребности миллионов людей, живущих за пределами мегаполисов, от потребителей среднего класса в городах «второго эшелона» до фермеров в отдаленных сельских уголках. Для этого нужно менять все – от системы создания продукта до способов организации дистрибуторской сети.

Подчеркнем, что «бережливый» - отнюдь не означает «второсортный». Так, самые дешевые телефоны *Nokia* теперь оснащены фонариком (так как в домах их пользователей часто отключают свет), имеют в памяти несколько телефонных книг (так как зачастую ими пользуются сразу несколько членов семьи), покрытые резиной кнопки (чтобы телефон можно было брать мокрыми или грязными руками). Индийская компания *VNL* вы-

---

<sup>1</sup> Подробнее о дефиците чистой воды можно прочесть в справочных материалах [56].

<sup>2</sup> В то же время, чистая вода может рассматриваться не только как вид ресурсов, используемых для производства благ, но и непосредственно как потребительское благо первой необходимости. В этом случае описанная инновация относится, согласно указанной классификации, к группе I. Впрочем, и в этом случае положительный вывод о социальной и экологической эффективности таких инноваций не изменится. Их влияние на обеспеченность потребителей благами различных категорий, на конъюнктуру рынков ресурсов и т.п. можно оценить самостоятельно, пользуясь схемой на рис. 2.9.

пускает мобильные телефоны на солнечных батареях, не только открывая тем самым новые возможности для беднейших слоев населения, живущих в неэлектрифицированных районах пользоваться мобильной связью, но и совершенствуя новую энерго-сберегающую технологию.

Интересно заметить, что нередко без дополнительных затрат (или даже дешевле) можно сделать продукт с высокими потребительскими и эстетическими свойствами. Однако при этом часто, напротив, их сознательно ухудшают (даже ценой дополнительных затрат!)<sup>1</sup>, чтобы, дав потребителю почувствовать себя ущемленным, затем вынудить его купить более дорогостоящий продукт. Такие дорогостоящие «предметы имиджевого потребления» могут приносить большую маржинальную прибыль потому, что изготовить их, в действительности, не слишком дорого – источником сверхприбыли является именно статусная, имиджевая рента. Следует подчеркнуть, что такие «аномальные» эффекты, на первый взгляд, противоречащие естественной экономической логике, во многом порождены гипертрофией нематериального сектора, в котором, действительно, многие «естественные» экономические закономерности уже не действуют. При реализации «бережливых» инноваций статусное соперничество (о котором говорил еще Т. Веблен в «Теории праздного класса»), наоборот, сводится к минимуму. Это вовсе не отсекает верхние ступени пирамиды Маслоу – напротив, это исключает ложные ступени.

Итак, бережливые инновации – это новые способы ресурсосберегающего удовлетворения первичных нужд массового потребителя. «Бережливость» в данном контексте – это, скорее, философия бизнеса и потребительского поведения, ставящая во главу угла отказ от дорогостоящих и ресурсоемких привычек, сокращение количества расходуемых для производства продукта невозобновляемых ресурсов и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду – без снижения объективных показателей качества жизни, или даже при повышении такового.

---

<sup>1</sup> Некоторые примеры приведены в статье [47].

Можно заметить, что многие «бережливые» инновации предполагают использование простых, отнюдь не «высоких» технологий, природного сырья и материалов. В этой связи маркетологи и инженеры часто обращают внимание на традиционные технологии, которые использовались еще в доиндустриальную эпоху в соответствующих местностях. Принято считать, что многие традиционные технологии (в широком смысле), существенно экологичнее современных, хотя и менее трудоемких. Обоснование таково: эти технологии были выработаны за столетия или даже тысячелетия в тех или иных условиях проживания, т.е. наиболее приспособлены к данному биогеоценозу.

Однако экологическая чистота и экономичность тех или иных технологий, в т.ч. «близких к природе», традиционных и т.п., неочевидна и, по крайней мере, достигается не автоматически. Яркий пример – русская печь. Для того, чтобы приготовить в ней пищу, необходимо прогревать ее несколько часов (с соответствующим расходом топлива). Естественно, это делает заведомо неэффективным (в т.ч. с энергетической и экологической точек зрения) приготовление малых порций пищи. Также эта особенность снижает маневренность, адаптивность процесса приготовления пищи – либо необходимо круглосуточно поддерживать жар в печи, чтобы она находилась в готовности (что уже приведет к чрезвычайно расточительному расходованию энергии).

Впрочем, данная технология, действительно, может оказаться более экономичной и экологичной, чем более современные технологии термообработки пищи, но при соблюдении ряда условий. Прежде всего, она должна применяться только в соответствующих биогеоценозах, в которых существует достаточное количество возобновляемых топливных ресурсов, а также энергетически эффективна утилизация избыточного тепла – например, для обогрева. Однако важно, что *определенным условиям должны удовлетворять и социально-экономические системы*, расположенные в этих биогеоценозах, институты общества, менталитет людей. Так, прием пищи должен быть регулярным, а готовиться она должна в расчете на значительное количество потребителей. Заметим, что это означает, фактически, иной об-



раз жизни, по сравнению с тем, что сложился, например, в современных городах (малые семьи, гибкий режим работы и отдыха, и т.д.) – в т.ч. и благодаря более современным технологиям. Как подробно описано в п. 2.1.1, человечество ушло от традиционного образа жизни, в основном, за счет перехода к более ресурсоемким, но и менее трудоемким технологиям. Это – яркий пример взаимного влияния социально-экономических систем и технологий. В этой связи следует упомянуть работы «английских экономистов К. Фримена, Д. Кларка и Л. Суите. Они ввели понятие *технологической системы* как системы взаимосвязанных семейств технических и социальных инноваций», как сказано в статье [53].

## ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2

1. Развитие любых «зеленых» инновационных технологий должно сопровождаться комплексным анализом рисков их внедрения – не только коммерческих, но также экологических и социально-экономических. «Зеленые» технологии могут быть *технологически неэффективными*, т.е. не обеспечивают ожидаемого снижения удельного расхода ресурсов или воспроизводства ресурсов, с учетом внешних эффектов – распределенных в пространстве или отложенных во времени. Однако даже если инновационные технологии, действительно, обеспечивают снижение удельного расхода ресурсов, совокупное их потребление может повышаться вследствие эффекта рикошета.

2. Проведенный анализ показал, что индивидуальный эффект рикошета (для отдельного потребителя) может проявляться, когда потребитель «переключается» на потребление благ, обладающих более высокой стоимостной ресурсоемкостью, т.е. долей стоимости ресурсов в цене блага, чем потреблявшиеся ранее. Наивысший риск проявления данного эффекта возникает при снижении ресурсоемкости благ высококачественных благ второй необходимости и предметов роскоши, однако он не исключен и при снижении ресурсоемкости современных технологий удовлетворения базовых потребностей.

Глобальный эффект рикошета, т.е. рост потребления ресурсов всей совокупностью потребителей, имеет место только тогда, когда соответствующая группа потребителей («группа риска», с точки зрения индивидуального эффекта рикошета) является относительно многочисленной и/или индивидуальный эффект рикошета для ее представителей относительно силен, при сложившихся значениях цен на ресурсы и прочих слагаемых цены благ.

3. Вследствие глобального эффекта рикошета, несмотря на снижение ресурсоемкости благ, суммарное потребление ресурсов может существенно возрасти при их эластичном предложении, т.е. ресурсосберегающие инновации могут быть *системно неэффективными*. Если же предложение ресурсов неэластично, их удорожание ослабит ожидаемый прирост доступности ресурсоемких благ для целевой группы потребителей и/или порождает отрицательные внешние эффекты для прочих потребителей, т.е. инновации окажутся *социально неэффективными*. Эти виды рисков определяются не только технологическими параметрами, но и социально-экономической ситуацией.

Во избежание внедрения системно или социально неэффективных «зеленых» инноваций, следует избегать массового «переключения» потребителей на потребление благ с более высокой стоимостной ресурсоемкостью, в зависимости от конкретных условий, вводя соответствующие корректирующие налоги, либо, законодательно ограничивая внедрение таких инноваций.

4. В нынешнем виде развитие нематериального сектора экономики не решает, а усугубляет проблемы экологические проблемы и проблемы ограниченности природных ресурсов. Полноценный переход к информационному обществу и снижение остроты ресурсных ограничений возможны лишь при условии, что в нематериальную сферу перейдет и большая часть конечных потребительских благ. Кроме того, статусное соперничество и требование постоянного роста потребления материальных благ делают ресурсные проблемы неразрешимыми в долгосрочной перспективе, несмотря на развитие технологий.

5. Наиболее целесообразны с социально-экономической точки зрения и экологически безопасны инновационные технологии удовлетворения базовых человеческих потребностей. В разных отраслях известны примеры таких технологий, обладающих экологической чистотой, дешевизной и малой ресурсоемкостью. Такие инновации, наряду с технологиями расширенного воспроизводства природных ресурсов, сопряжены с наименьшим риском негативных социально-экономических эффектов, в т.ч. эффекта рикошета.

### ***Глава 3. Экономическая мотивация и «зеленые» технологии***

В рамках экономики природопользования разрабатываются инструменты стимулирования перехода к «зеленым» технологиям, соответствующей промышленной и научно-технической политики государства. Однако существуют обоснованные опасения, что сама система экономических стимулов, характерная для рыночной экономики, плохо совместима с принципами устойчивого развития. Вполне возможно, что даже при условии внедрения более экономичных технологий, ресурсные проблемы принципиально нерешаемы без изменения самих императивов экономического развития. Такие тезисы высказывались в работах многих российских и зарубежных ученых. В этой главе предполагается проверить их справедливость с помощью экономико-математического анализа механизмов, регулирующих использование ограниченных ресурсов, мотивов выбора направлений «зеленого» инновационного развития, а также мотивов внедрения «зеленых» технологий.

#### ***3.1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСОВ, ЭГОИЗМ И ОБЩЕСТВЕННЫЙ ВЫБОР***

##### **3.1.1. Феномен «ловушки эгоизма»**

Ограниченность разнообразных природных ресурсов является одной из главных первопричин глобальных социально-экономических противоречий и конфликтов, которые маскируются под межнациональные, межконфессиональные, а в последнее время – под «цивилизационные», «межкультурные» и т.п. Исследователи показывают, что именно «ресурсные» причины имеют многие вооруженные конфликты, причем, борьба идет отнюдь не только за энергоресурсы (а именно такой стереотип преобладает в общественном мнении). Так, например, затяжные конфликты в Африке связаны с контролем над месторождениями цветных и редкоземельных металлов, подробнее см. [81]. Также в Африке, как одном из самых жарких и вододефицитных регионов мира, на протяжении многих столетий идут межплеменные войны за доступ к пресной воде, см. [7, 56, 81]. Причем,

если в последнем случае основные заинтересованные стороны – сами жители соответствующих регионов, то в первом опосредованно проявляются интересы крупных высокотехнологичных корпораций из наиболее экономически развитых стран мира. Наконец, на протяжении большей части истории человечества основным видом дефицитных природных ресурсов, за который шли войны, была сама по себе земля, территория. В связи с возможной необходимостью производства биотоплива, размещения солнечных батарей и т.п., значимость этого ресурса и в будущем вряд ли упадет, вопреки насаждаемым стереотипам.

Поскольку научно-технический прогресс зачастую идет по пути внедрения все более ресурсоемких технологий удовлетворения «продвинутых» потребностей, число возможных пользователей этих технологий (с учетом глобальных ресурсных ограничений) сокращается (см. п. 2.1.1). В таких условиях практически неизбежно усиление неравенства, бедности и т.п. негативные социально-экономические явления.

Можно предположить, что сложившееся в мировой экономике неравенство стран и различных социальных групп внутри этих стран считается желательным и даже необходимым, поскольку, по мнению лиц, принимающих стратегические решения в политике и бизнесе, в мире недостаточно ресурсов для обеспечения достойного уровня жизни для всех (что и породило разнообразные теории «золотого миллиарда»). Вследствие этого, многие современные технологии изначально ориентированы на «благосостояние не для всех». Такие «эгоистические» технологии требуют столь высокого удельного расхода ограниченных ресурсов (прежде всего, природных, в т.ч. энергии, земли и т.п.), что воспользоваться ими (даже если обеспечить их всеобщую доступность с точки зрения доходов и цен) в принципе могут далеко не все.

При этом вполне возможно, что существуют (или могут быть разработаны) и гораздо менее ресурсоемкие технологии удовлетворения тех же потребностей, которые позволили бы большинству населения уложиться в рамки ресурсных ограничений. Однако применение хотя бы небольшой частью граждан

«эгоистической» технологии приводит к их практическому исчерпанию и лишает большинство остальных граждан возможности пользоваться хотя бы и более экономичными технологиями. Такое явление можно назвать «ловушкой эгоизма»<sup>1</sup>.

Так, например, известно, что легковой автомобиль и на стоянке, и, тем более, на дороге (с учетом т.н. *динамического коридора*) требует многократно большей площади в расчете на одного пассажира, чем автобус, или, тем более, рельсовый вагонный транспорт<sup>2</sup>, см. [46]. Весьма красноречиво свидетельствует об этом иллюстрация т.н. «*мюнстерского эксперимента*», предпринятого специалистами из комитета планирования этого германского города, см. рис. 3.1<sup>3</sup>. На фотографиях показано, какую площадь на дороге занимает одинаковое количество граждан, передвигающихся на личных легковых автомобилях, на велосипедах и в автобусе. В этой связи, чем больше граждан пересекается на личные автомобили, тем меньше места на дорогах остается для общественного транспорта, а также для других таких же автомобилей (что ограничивает общее число их пользователей). При этом либо существенно снижается средняя скорость движения, как личных автомобилей, так и общественного транспорта, либо приходится расширять дороги, увеличивать размеры поселений – что, опять-таки, усугубляет транспортные проблемы.

---

<sup>1</sup> Впервые такой термин предложен (и проведен качественный анализ соответствующего явления) совместно с Е.А. Болбот в работе [38], и далее использован в работе [39].

<sup>2</sup> Аналогичные соотношения справедливы и для расхода энергоресурсов, и для уровня вредных выбросов, генерируемых личными автомобилями, автобусами и рельсовым электротранспортом.

<sup>3</sup> Источник: пресс-центр администрации г. Мюнстер.



*Рис. 3.1 «Мюнстерский эксперимент»*

Как правило, существенно сократить ресурсоемкость и себестоимость производства благ можно благодаря положительным эффектам масштаба и распределению постоянных затрат (природных, финансовых ресурсов и др.) на большие объемы выпуска, что, в свою очередь, нередко требует перехода от индивидуального обеспечения благами к коллективному. Уже упомянутый пример – переход от личного к общественному транспорту в городах. Другие примеры предоставляет развитие бережливых инноваций (*frugal innovations*), описанных в п. 2.3.3. Многие из них также связаны с переходом к коллективному снабжению теми или иными благами. Поэтому более экономичные технологии, позволяющие большинству населения уложиться в рамки ресурсных ограничений, нередко можно назвать «коллективистскими». В принципе, «эгоистическая» технология может уступать «коллективистской» как по цене, так даже и по качеству. Однако последняя требует общественного согласия и общественного же финансирования, что порождает хорошо изученный институциональной экономикой комплекс проблем общественного выбора (подробнее см., например, [31]), тогда как первая реализуется «естественным образом» в индивидуальном порядке.

На первый взгляд, здесь имеет место одна лишь широко известная проблема финансирования производства общественных благ, и если она будет решена тем или иным образом (например, с помощью государственного принуждения), все негативные явления исчезнут. Однако важно подчеркнуть, что в рассматриваемом случае проблема шире и сложнее, чем одно только принятие большинством согласованного решения о выборе «коллективистской» технологии. Поскольку для удовлетворения данной потребности используются общие ограниченные ресурсы, вполне возможно, что выбор ресурсоемкой «эгоистической» технологии хотя бы немногими членами общества блокирует возможности реализации «коллективистской» технологии всеми остальными, даже если они примут соответствующее решение. Иными словами, «ложка дегтя портит бочку меда». Поэтому принципиально важно не только согласование интересов боль-



шинства, но и ограничение эгоистических устремлений меньшинства.

С эффектом «ловушки эгоизма» граничит широко известная в экологии проблема «конца трубы» (см., например, [99]): вместо того, чтобы бороться с вредными выбросами непосредственно на уровне источника, нередко предпочитают бороться с последствиями этих выбросов на уровне их получателей. Например, вместо того, чтобы обеспечивать чистоту воды, подаваемой в водопровод и исключать ее загрязнение в самом водопроводе, гораздо проще устанавливать индивидуальные фильтры для каждого потребителя, хотя это (при наличии большого количества потребителей) существенно дороже. В данном случае также «индивидуалистическая» технология может быть гораздо более затратной, чем «коллективистская». Однако ее сложно считать «эгоистической» в том смысле, который подразумевается здесь, поскольку ее применение не блокирует использования более совершенных технологий.

Найти условия проявления «ловушки эгоизма» можно, пользуясь *структурными* экономико-математическими моделями (т.е. моделями, в которых учитывается неоднородность потребителей, расслоение по доходам и др. признакам). Эти условия будут представлять собой определенные сочетания ресурсоемкости благ, полученных по обеим технологиям, а также распределения населения по доходам. Затем, на основании качественного анализа построенных моделей, необходимо выработать рекомендации, направленные на снижение риска описанных негативных явлений.

### **3.1.2. Упрощенная модель потребления благ и ресурсов при наличии технологий с различной ресурсоемкостью**

Рассмотрим процесс обеспечения населения определенным видом благ. Общую численность населения обозначим  $N$ . Упорядочим его по возрастанию среднемесячных доходов и разделим на  $n$  групп равной численности (квантилей), обозначив их индексами  $i = 1, \dots, n$  (таким образом, в каждой доходной группе

– квантиле –  $\frac{N}{n}$  жителей). Предположим, что нам известны данные о средних доходах в каждом квантиле  $\{M_i\}$  и долях доходов, которые представители каждого квантиля выделяют на данное благо  $\{a_i\}$ . Производство этого блага возможно по двум технологиям – «эгоистической» и «коллективистской». Удельные затраты ресурсов на единицу соответствующих благ, произведенных по «эгоистической» и «коллективистской» технологиям, обозначим, соответственно,  $g^{\mathcal{E}}$  и  $g^K$ , причем,  $g^{\mathcal{E}} \gg g^K$ . Цену ресурсов обозначим  $r$ . Их суммарное предложение  $S$  может в общем случае зависит от цены по известному закону  $S(r)$ . Цена единицы блага включает в себя, помимо стоимости затраченных ресурсов, прочие составляющие себестоимости и прибыль производителей:

$$p^j = r \cdot g^j + a^j,$$

где  $j = \mathcal{E}, K$  - индекс, соответствующий «эгоистической» и «коллективистской» технологиям;

$a^j$  - прочие (не связанные с затратами ресурсов) составляющие цены блага, произведенного по  $j$ -й технологии. В общем случае, они могут зависеть от общего объема производства блага по данной технологии  $Q^j$ , причем, как правило,  $\frac{\partial a^j}{\partial Q^j} \leq 0$  - благода-

даря распределению постоянных затрат на больший объем продукции, снижению средних переменных затрат благодаря повышению масштабов выпуска и т.п.

Как правило, цена благ, произведенных по «эгоистической» технологии, выше, чем при «коллективистской», т.е.  $p^{\mathcal{E}} > p^K$ . Если считать, что качество благ не зависит от технологии их производства, выбор потребителя между технологиями может определяться следующими факторами. С одной стороны, «эгоистическая» технология дороже, но, с другой стороны, любой

потребитель может в индивидуальном порядке обеспечить себя соответствующими благами по данной технологии, если его бюджет позволяет приобрести, по меньшей мере, минимально необходимое количество благ  $q_{\min}$  :

$$q_i^{\exists} = \frac{\alpha_i \cdot M_i}{p^{\exists}} = \frac{\alpha_i \cdot M_i}{r \cdot g^{\exists} + a^{\exists}} \geq q_{\min},$$

где  $q_i^{\exists}$  - индивидуальный объем обеспечения благами по «эгоистической» технологии.

Таким образом, в рамках предлагаемой модели, круг пользователей «эгоистической» технологии составят представители квантилей с номерами, большими граничного  $n_{ep}$ , определяемого следующим условием:

$$q_{n_{ep}+1}^{\exists} \geq q_{\min}, \text{ но } q_{n_{ep}}^{\exists} < q_{\min}.$$

Совокупный объем производства и потребления благ по «эгоистической» технологии составит, таким образом,

$$Q^{\exists} = \frac{N}{n} \cdot \sum_{i=n_{ep}+1}^n q_i^{\exists}.$$

Что касается менее состоятельных представителей первых  $n_{ep}$  доходных групп, они заведомо не могут удовлетворить даже минимальные потребности по «эгоистической» технологии, и единственное, что им остается – рассчитывать на реализацию «коллективистского» решения. Впрочем, возможно, что и «коллективистская» технология окажется слишком дорогостоящей для наиболее бедных граждан, т.е. не позволит им достичь минимального уровня потребления благ  $q_{\min}$ . Найдем индивидуальный уровень обеспечения представителей  $i$ -го квантиля благами по «коллективистской» технологии:

$$q_i^K = \frac{\alpha_i \cdot M_i}{p^K} = \frac{\alpha_i \cdot M_i}{r \cdot g^K + a^K}.$$

Таким образом, суммарный объем производства благ по «коллективистской» технологии – и то, лишь в случае, если представителям соответствующих квантилей удастся принять согласованное коллективное решение – будет выражаться следующей формулой:

$$Q^K = \frac{N}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n_{\text{тр}}} q_i^K .$$

Можно заметить, что при многократно большей ресурсоемкости «эгоистической» технологии по сравнению с «коллективистской» вполне возможно, что приверженцы последней будут обеспечены данным благом гораздо лучше «эгоистов», т.е.

$$q_i^K \gg q_i^{\text{э}}; i' \leq n_{\text{тр}}; i'' > n_{\text{тр}} .$$

Но в этом случае возникает вопрос: зачем будут пользоваться «эгоистической» технологией даже те, кому она доступна (если остальным удалось принять согласованное решение о реализации «коллективистской» технологии)? На практике, такие ситуации, действительно, встречаются – и, более того, нередки. Например, перемещение на личном автотранспорте в мегаполисах и т.п. регионах, объективно, может быть менее быстрым, чем перемещение на общественном транспорте – метрополитене и т.п. Тем не менее, заметная часть потребителей выбирает именно эту стратегию, руководствуясь не только относительно объективными соображениями комфорта (т.е. различиями качества благ, не учтенными в предлагаемой здесь упрощенной модели). Ведь в данном случае и выигрыш в комфорте является спорным (т.к. вождение личного автомобиля в пробке сопряжено с немалыми трудозатратами, по сравнению с пассивным перемещением пассажира общественного транспорта), но и соображениями престижа и т.п. Как принято выражаться в подобных случаях, «мы можем себе это позволить».

Кроме того, даже при появлении более дешевой «коллективистской» технологии, некоторые экономические агенты могут продолжить пользоваться гораздо более ресурсоемкой «эгоистической» технологией, в силу инерции обновления технологий. Приверженцы «эгоистической» технологии могли ранее

(когда менее ресурсоемких альтернатив не существовало) инвестировать в нее, в соответствующее дорогостоящее оборудование, и не будут заинтересованы теперь инвестировать в новую, пусть и более экономичную «коллективистскую» технологию.<sup>1</sup>

Однако, поскольку такие факторы в данной простейшей экономико-математической модели не учитываются, ограничимся ситуациями, в которых вышеуказанного противоречия не наблюдается. А именно, рассмотрим лишь те категории благ, для которых характерно насыщение потребителя на уровне  $q_{sat}$ , даже если цены и доходы позволяют ему наращивать потребление этих благ многократно. Как правило, это имеет место для благ первой и т.н. второй необходимости. Выше рассматривалось минимально необходимое количество благ  $q_{min}$ . В принципе, порог насыщения (в особенности, для благ второй необходимости, для которых  $q_{min} \sim 0$ ) может лежать и выше этого уровня:  $q_{sat} > q_{min}$ . Однако при этом снова не исключаются ситуации, когда  $q_i^K \gg q_i^\exists$ . Таким образом, следует ограничиться рассмотрением благ первой необходимости, для которых  $q_{sat} \sim q_{min}$ . Для упрощения примем  $q_{sat} = q_{min}$ . С учетом этого уточнения, модифицируем формулы для индивидуального спроса на блага:

$$q_i^\exists = \begin{cases} q_{min}; & i > n_{гр} \\ 0; & i \leq n_{гр} \end{cases}$$

$$q_i^K = \begin{cases} 0; & i > n_{гр} \\ \min \left\{ q_{min}; \frac{\alpha_i \cdot M_i}{r \cdot g^K + a^K} \right\}; & i \leq n_{гр} \end{cases}$$

и используем именно эти выражения для оценки совокупного спроса на блага, произведенные по обеим технологиям, на ресурсы и т.п.

---

<sup>1</sup> Инерционность процессов смены технологий и долговечного оборудования отчасти рассмотрена в п. 3.3.

Таким образом, совокупный спрос на ресурсы будет складываться из суммарных объемов их потребления в рамках «эгоистической» ( $D^{\mathcal{E}}$ ) и «коллективистской» ( $D^K$ ) технологий:

$$D^{\Sigma} = D^{\mathcal{E}} + D^K = g^{\mathcal{E}} \cdot Q^{\mathcal{E}} + g^K \cdot Q^K.$$

Он зависит от цены ресурсов, а ее равновесное значение  $r_*$  можно найти из следующего условия:

$$D^{\Sigma}(r_*) = S(r_*).$$

Заметим, что если прочие составляющие цены благ  $\{a^j\}$  зависят от суммарного объема производства благ по соответствующим технологиям<sup>1</sup>, поиск равновесия усложнится. Сначала при фиксированной цене ресурсов  $r$  следует оценить суммарные объемы производства благ по данной технологии и различных значениях параметра  $\{a^j\}$  следует найти совокупные объемы выпуска благ  $\{Q^j\}$  и сопоставить с известными зависимостями  $a^j(Q^j)$ ,  $j = \mathcal{E}, K$ . Таким образом можно определить значения  $\{a^j\}$  и  $\{Q^j\}$ , соответствующие данной цене ресурсов  $r$ . Это «внутренний» цикл алгоритма поиска равновесия. Во «внешнем» цикле рассматриваются различные значения цены ресурсов  $r$ , и определяется ее равновесное значение  $r_*$  из условия  $D^{\Sigma}(r_*) = S(r_*)$ . Далее, при известных значениях цены ресурсов и прочих составляющих цены благ легко рассчитать индивидуальные и совокупные объемы их потребления.

---

<sup>1</sup> Что возможно, например, в том случае, если на разработку этих технологий потребовались определенные фиксированные затраты, которые распределяются на объем выпуска благ по этим технологиям. Другой возможный фактор – эффект обучения в производстве, позволяющий снизить для более массовой продукции средние переменные затраты.

Интерес представляют различные сочетания совокупного спроса на ресурсы, предъявляемого потребителями, выбравшими «эгоистическую» и «коллективистскую» технологии. И возможно, например, что в равновесии даже «коллективистская» технология не позволит удовлетворить минимальные потребности значительной доле (в крайних случаях – большинству) представителей первых  $n_{гр}$  доходных групп, поскольку относительно небольшое число потребителей выбрало «эгоистическую» стратегию. Это и есть проявление «ловушки эгоизма».

### 3.1.3. Предпосылки и последствия «ловушки эгоизма»

Рассмотрим следующий условный пример. Пусть численность населения  $N$  составляет 140 млн. чел., а распределение населения по доходам имеет вид, представленный в табл. 2.1. в п. 2.2.2 (напомним, что вполне эти данные вполне реалистичны и соответствуют реальному распределению среднемесячных душевых доходов в России в I квартале 2007 г., см. [87]). Для сглаживания скачков, вызванных дискретностью такого представления распределения населения по доходам, в расчетах используется интерполяция приведенного распределения, в которой рассматриваются не децили, а перцентили. Уровень доходов представителей этих 1%-х групп наглядно представлен на рис. 2.3 в п. 2.2.2.

Долю дохода, которая выделяется на блага данного вида, будем считать равной 5% для всех потребителей. Бюджет представителей различных доходных групп, выделяемый в течение года на приобретение данного вида благ, равен указанной доле от среднемесячного дохода представителя данной группы, умноженного на 12. Для упрощения иллюстративных расчетов

предположим, что  $\frac{\partial a^j}{\partial Q^j} = 0$ ,  $j = Э, К$  (т.е. прочие составляющие себестоимости блага, не связанные с потреблением ресурсов данного вида, не меняются при изменении объемов производства блага), и предложение ресурсов совершенно неэластично:  $S = Const = 1$  млрд. ед. ресурсов/г. Удельные затраты ре-

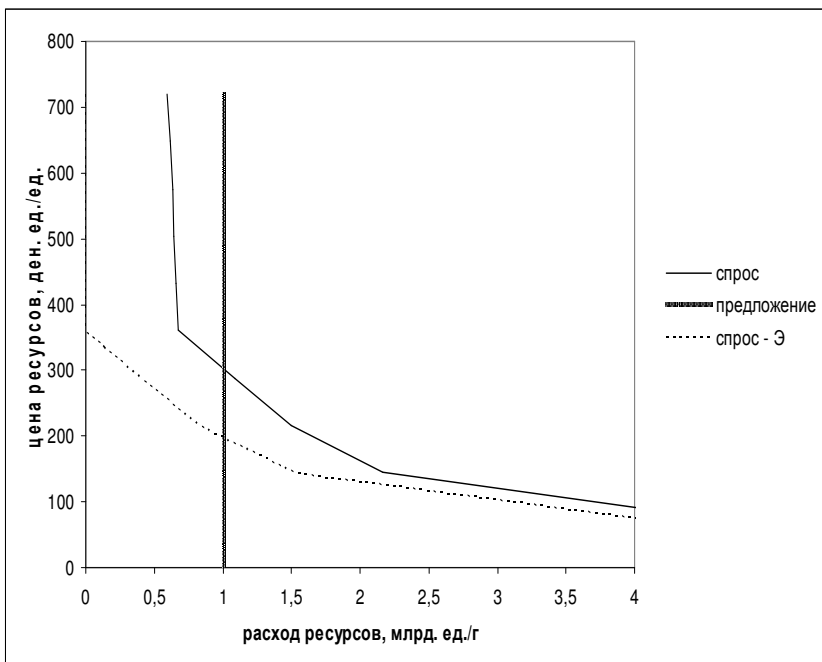
сурсов на производство единицы благ по «эгоистической» и «коллективистской» технологиям равны, соответственно,  $g^3 = 100$  ед. ресурсов / ед. блага и  $g^K = 5$  ед. ресурсов / ед. блага. Прочие составляющие цены благ равны, соответственно,  $a^3 = 1$  ден. ед. / ед. блага и  $a^K = 1$  ден. ед. / ед. блага (т.е. пренебрежимо малы и не оказывают сильного влияния на цены – в центре внимания здесь именно рынок ограниченных ресурсов). Минимальный уровень насыщения потребностей  $q_{\min}$  примем равным 1 ед. блага / чел. в год. Сразу можно сделать следующие оценки: для полного обеспечения данным видом благ всего населения страны потребуется 0,7 млрд. ед. ресурсов/г при «коллективистской» технологии (что лежит в пределах ресурсных ограничений), и 14 млрд. ед. ресурсов/г при «эгоистической» технологии. Т.е. эта технология, очевидно, не рассчитана на «благополучие для всех».

На рис. 3.2 изображены

- кривая совокупного спроса на ресурсы (в предположении, что соответствующие доходные группы смогли принять согласованное решение о реализации «коллективистской» технологии),
- и кривая предложения ресурсов (в данном примере представляющая собой вертикальную прямую).

Из рисунка видно, что равновесная цена ресурсов составляет чуть менее 300 ден. ед. / ед. ресурсов. Расчет (с использованием вышеприведенных формул) показывает, что при этом «эгоистическую» технологию выберут лишь представители 3 старших перцентилей, обладающих в данном примере среднемесячными доходами 48,0-57,4 тыс. ден. ед. / чел.\*мес. Что касается менее состоятельных потребителей, то «коллективистская» технология позволит полностью удовлетворить минимальные потребности представителям 11-97-го перцентилей, чьи среднемесячные доходы лежат в диапазоне 2,4-44,0 тыс. ден. ед. / чел.\*мес.

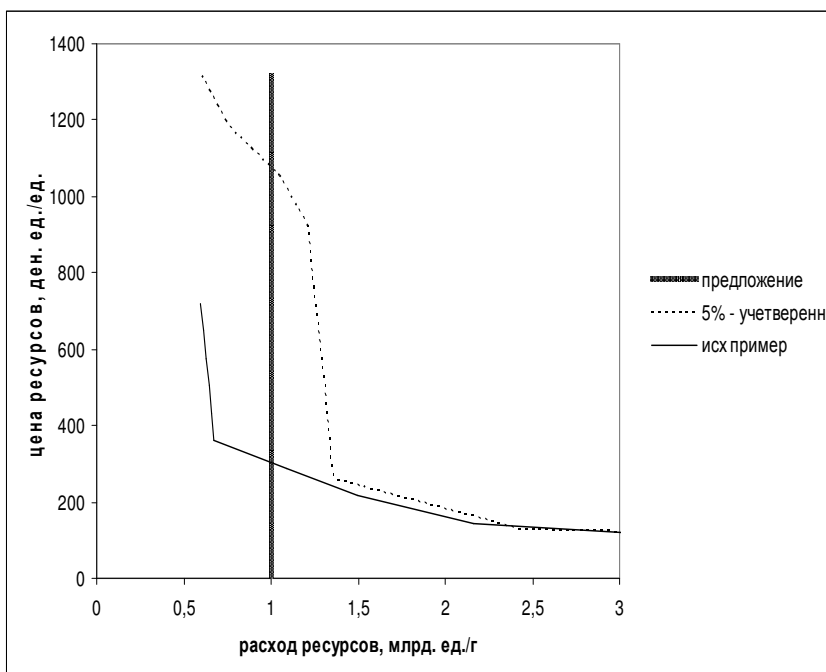




**Рис. 3.2. Кривые совокупного спроса на ресурсы и предложения ресурсов (пример)**

Перераспределение ограниченных ресурсов между «богатым меньшинством» и прочими осуществляет в рассматриваемой модели рыночный ценовой механизм. Если «эгоистическая» технология гораздо более ресурсоемка, чем «коллективистская», это, в принципе, означает, что ценовой механизм может – более или менее эффективно – сдерживать проявление «ловушки эгоизма». И если бы, условно говоря, пассажиры автобусов были готовы заплатить за единицу площади на дороге существенно больше, чем владельцы индивидуальных автомобилей, последним пришлось бы умерить свои запросы. Однако расслоение населения по доходу может быть настолько сильным, что соотношение этих «готовностей заплатить за единицу ресурсов» будет противоположным. И тогда даже более дешевая и экономичная технология не сможет конкурировать с «элитной», более дорогой и ресурсоемкой.

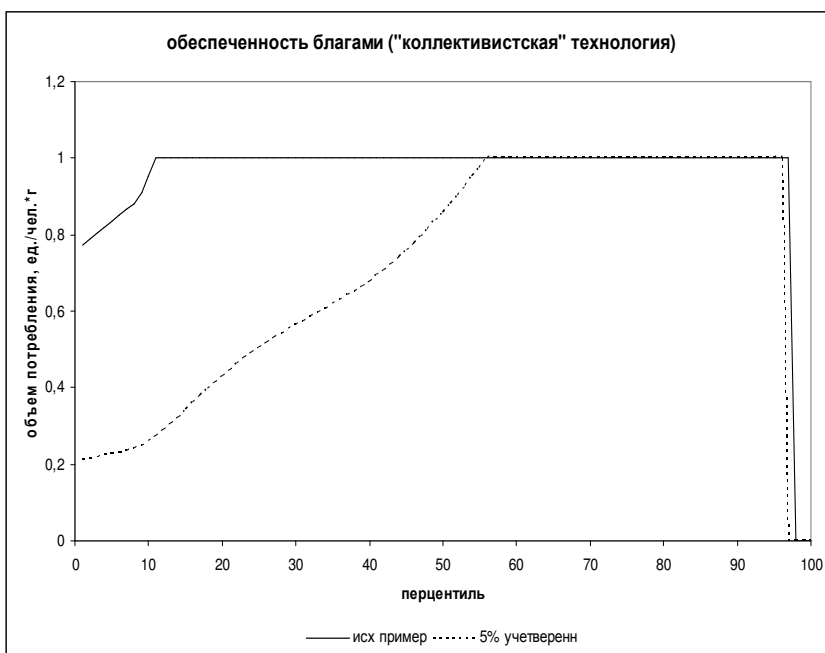
Рассмотрим при тех же исходных данных, что использовались в вышеприведенных примерах, следующую ситуацию. Допустим, что доходы 5% самых состоятельных граждан (т.е. представителей 96-100-го перцентилей) возросли вчетверо. При этом по-прежнему предполагаем, что согласованное решение о реализации «коллективистской» технологии принято. На рис. 3.3 изображен соответствующий сдвиг (разумеется, вправо-вверх, в сторону повышения спроса) кривой совокупного спроса на ресурсы.



**Рис. 3.3 Сдвиг кривой спроса на ресурсы при повышении доходов «элиты» (пример)**

Как видно из рисунка, равновесная цена ресурсов при этом возрастет, приблизительно, до 1060 ден. ед. / ед. ресурсов, т.е. также почти вчетверо. Такое удорожание ресурсов отрицательно скажется на их доступности примерно для половины населения, выбравшего гораздо менее ресурсоемкую «коллективистскую»

технологии. При этом «эгоистической» технологией пользуется уже 4 % населения, причем, они потребляют уже более половины (приблизительно 53 %) общего объема ресурсов. На рис. 3.4 изображены уровни обеспеченности благами данного вида представителей различных доходных групп, выбравших «коллективистскую» технологию, в исходном положении, а также при повышении доходов 5 старших перцентилей вчетверо. Из рисунка видно, что более чем для 50% граждан обеспеченность благами данного вида существенно ниже удовлетворительного уровня.



**Рис. 3.4. Уровень потребления благ для представителей процентных групп до и после повышения доходов «элиты» (пример)**

С учетом эффекта «ловушки эгоизма» становится очевидным, почему сама по себе достаточность ресурсов, необходимых для производства благ, отнюдь не гарантирует обеспеченности этими благами растущего населения, особенно при сильном не-

равенстве. Яркий пример приведен в статье [57]. Т.е. голод вполне совместим с высокими урожаями продовольственных культур, и т.п. Не менее, чем технологические показатели, важна и социальная структура общества, и его экономические институты.

Таким образом, «ловушка эгоизма» наиболее вероятна в том случае, если в обществе наблюдается сильное расслоение по доходам, и выделяется немногочисленная «элита», многократно превосходящая по уровню доходов всех остальных. При этом расслоение может усугублять следующая положительная обратная связь: более высокий уровень потребления, в т.ч. удовлетворения рассматриваемой потребности (в перемещении, в энергии и т.п.) дает индивиду преимущество и в получении дохода. Зная соответствующую зависимость, можно «замкнуть» рассматриваемую модель, построив модель общего экономического равновесия.

Итак, рост доходов «элиты» по сравнению с остальным населением и повышение ее «готовности заплатить за единицу ресурсов» приводит к удорожанию этих ресурсов, которое делает практически недоступными производимые с их помощью блага для беднейших слоев населения. Разумеется, такой исход представляется нежелательным далеко не всем экономистам – для представителей неолиберальных школ экономической мысли обеспечение хотя бы минимального уровня благосостояния всех членов общества не является безусловным требованием к экономическим механизмам. Однако в данном случае у большинства населения – безотносительно к способностям, деловой активности и т.п. – отсутствует принципиальная возможность обеспечить хотя бы минимальный уровень потребления благ данного вида, вследствие действий малочисленной «элиты». В такой ситуации бессмысленны, например, предложения всем желающим «стать такими же предприимчивыми и т.п., как американцы», поскольку при используемых последних технологиях, ресурсов планеты заведомо не хватит для обеспечения всем жителям Земли уровня потребления, характерного для США (см. [29, 48, 127]). Поэтому ситуация «ловушки эгоизма» является несправедливой даже с точки зрения большинства либеральных тече-

ний экономической науки, и целесообразность ее преодоления не должна вызвать возражений.

### 3.1.4. Пути преодоления «ловушки эгоизма»

Для того, чтобы эффективно бороться с негативным явлением, необходимо адекватно представлять себе его истоки. Прежде всего, целесообразно уточнить: относится ли «ловушка эгоизма» именно к институциональным ловушкам, т.е. обусловлена ли она неэффективными, но устойчивыми институтами? На наш взгляд, это действительно так, но какие именно институты ответственны за подобные ситуации? Предлагаемый нами ответ будет неочевидным.

Среди институциональных факторов, ответственных за проявление «ловушки эгоизма», первыми под подозрение попадают платность или бесплатность доступа к ресурсам, наличие и эффективность рынков ресурсов. Ограниченные ресурсы, используемые для производства благ, могут быть необязательно платными, т.е. рыночными благами. Многие виды ресурсов могут быть, в терминах институциональной экономики, *неисключаемыми* (см., например, [31]), т.е. доступ к ним сложно ограничить, поэтому их потребление бесплатно. В принципе, при этом возможны (и возникают в реальности) ситуации дефицита ресурсов или их быстрого исчерпания. В свою очередь, такая проблема представляется, на первый взгляд, хорошо известной. Т.н. *трагедия общин (tragedy of commons)*<sup>1</sup> возникает, когда доступ к ограниченным ресурсам является свободным (т.е. они, в терминах институциональной экономики, *конкурентны*, но *неисключаемы* – такие блага называются *общими*, или *коммунальными*, см., например, [31]). Примерами являются многие природные ресурсы. Такое сочетание свойств конкурентности и исключаемости приводит к их быстрому истощению. Помимо неисключаемых и конкурентных благ, трагедия общин характерна и для

---

<sup>1</sup> Данный термин стал популярным в экономической литературе благодаря работе эколога Г. Хардина [103].

т.н. *перегружаемых общественных благ*<sup>1</sup>, примерами которых являются уже упоминавшиеся автодороги.

Традиционно в институциональной экономической теории решение данной проблемы ищется на пути повышения исключаемости ограниченных ресурсов, обеспечения платного доступа к ним. Однако в предложенной здесь модели рассматривался – это необходимо подчеркнуть особо – именно рыночный ценовой механизм перераспределения ограниченных ресурсов. И, как показывает проведенный здесь анализ, платность доступа к ресурсам и формирование их свободного рынка отнюдь не исключает – при наличии резко выделяющейся «элиты» и технологий с высокой ресурсоемкостью – исчерпания этих ресурсов, притом, что потребности большей доли населения так и не будут удовлетворены. При наличии единой цены на ресурсы и группы потребителей, способных заплатить за единицу ресурсов гораздо больше, чем все остальные, даже немногочисленная «элита» вполне способна лишить дефицитных ресурсов большинство сограждан. Таким образом, низкая исключаемость ресурсов сама по себе не является первопричиной «ловушки эгоизма» - последняя возможна и при платном доступе к ресурсам, и при наличии конкурентного рынка этих ресурсов.

Зададимся вопросом: заинтересованы ли экономические субъекты в преодолении технологических проблем, т.е. в создании и реализации менее ресурсоемких «коллективистских» технологий? Вернемся к исходному примеру, когда доходы процентных групп населения соответствуют рис. 2.3, т.е. доходы «элиты» еще не возросли радикально. Помимо кривой общего спроса на ресурсы, предъявляемого всеми потребителями, на рис. 3.2 изображена кривая спроса на ресурсы, который предъ-

---

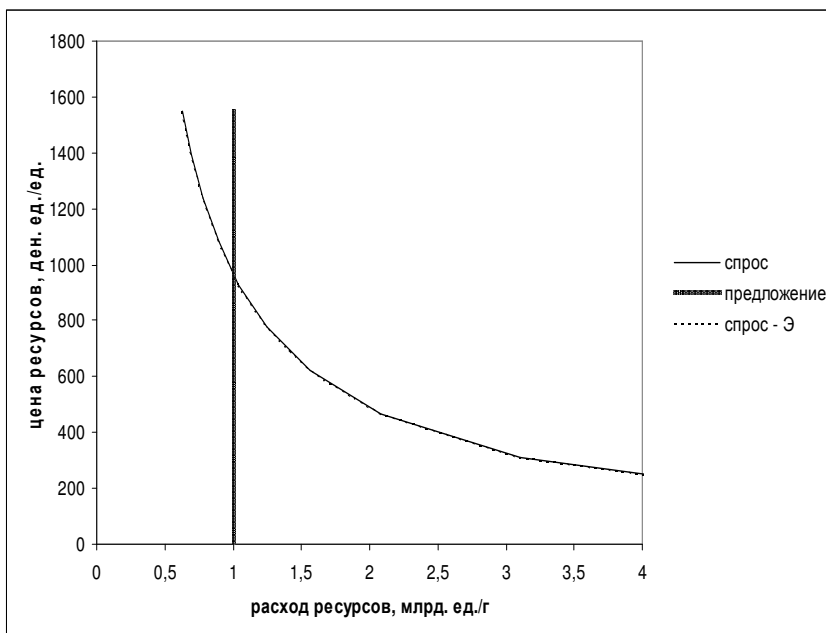
<sup>1</sup> Общественными благами называются неисключаемые и *неконкурентные* блага, т.е. такие, что дополнительные потребители не мешают потреблять их всем остальным. Однако неконкурентный характер многих благ сохраняется лишь до некоторого порога – например, дополнительные автовладельцы не мешают прочим пользоваться автодорогой, но лишь до тех пор, пока рост их общего количества не приведет к исчерпанию пропускной способности дороги.

являли бы только приверженцы «эгоистической» технологии (в том случае, если не удастся принять согласованное решение о реализации «коллективистской» технологии). При этом считается, что потребители, не способные удовлетворить хотя бы минимальные потребности, пользуясь «эгоистической» технологией, вообще не предъявляют спрос на блага данного вида и на соответствующие ресурсы. Заметим, что в этом случае равновесная цена оказалась бы ниже, около 200 ден. ед. / ед. ресурсов, что сделало бы «эгоистическую» технологию доступной уже представителям 7 старших перцентилей (94-100-го), и нижний порог среднемесячных доходов, позволяющий удовлетворить минимальные потребности, сократился бы до 34,3 тыс. ден. ед. / чел.\*мес.

Естественно, такая доступность данного вида благ (лишь 7% потребителей полностью удовлетворяют минимальные потребности – и то, при условии, что все прочие потребители вообще не претендуют на эти блага и на соответствующие ресурсы) несопоставима с доступностью при реализации «коллективистской» технологии, позволяющей полностью удовлетворить потребности 87% населения (11-97-го перцентилей) и оставляющей, при желании, возможности воспользоваться «эгоистической» технологией представителям 3 старших перцентилей (98-100-го). Заметим, что на долю этих 3% населения приходится около 40% суммарного потребления ресурсов. Аналогичные пропорции наблюдаются и в реальности – например, население США, составляя около 5% человечества, потребляет около четверти мирового объема энергетических ресурсов, и др.

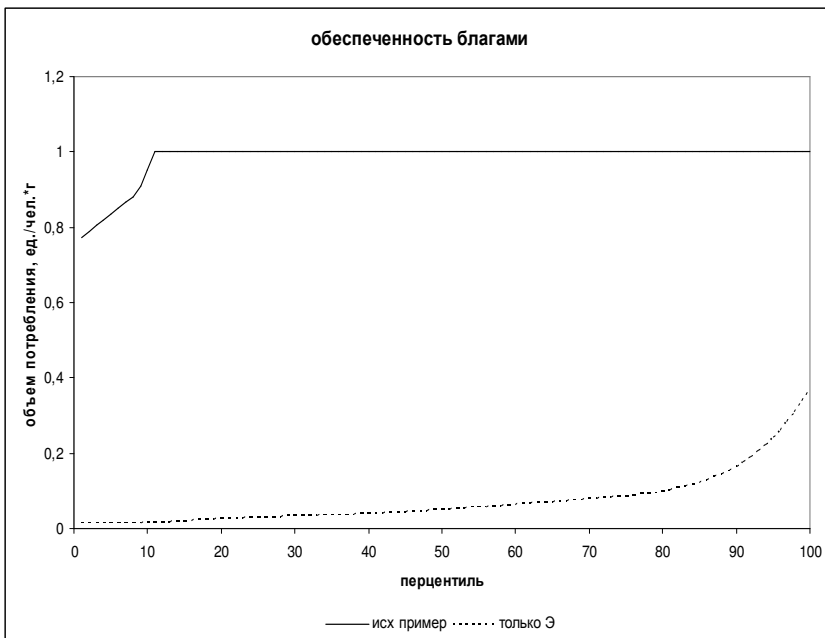
В принципе, при невозможности реализовать «коллективистскую» технологию массового обеспечения благами данного вида, менее обеспеченные потребители могут, вопреки ранее использованному предположению, попытаться хотя бы частично удовлетворить свои потребности в этих благах (разумеется, если они делимы), пользуясь «эгоистической» технологией. Такое развитие событий более вероятно, чем полный отказ от благ данного вида всех потребителей, которым доход не позволяет обеспечить минимальный уровень потребления по «эгоистической» технологии. На рис. 3.5 изображены соответствующие

кривые спроса и предложения ресурсов, из которых следует, что равновесная цена ресурсов существенно возрастет и установится на уровне около 930 ден. ед. / ед. ресурсов. При этом полностью удовлетворить свои потребности в благах данного вида не смогут даже представители самых старших перцентилей (вплоть до 100-го – их обеспеченность при сложившейся цене и «эгоистической» технологии едва достигнет 37% минимально необходимого уровня). Соответствующий график на рис. 3.6, аналогичном рис. 3.4, наглядно иллюстрирует потери благосостояния представителей всех доходных групп при безальтернативности «эгоистической» технологии.



**Рис. 3.5. Кривые спроса и предложения ресурсов при всеобщем использовании «эгоистической» технологии (пример)**





**Рис. 3.6. Уровень потребления благ для представителей процентных групп при наличии «коллективистской» технологии и при всеобщем использовании «эгоистической» технологии (пример)**

Таким образом, представителям «элиты» невыгодно «эгоистическое» поведение большинства потребителей, поскольку в этом случае большое количество претендентов на малый объем ресурсов (пусть даже гораздо менее платежеспособных) создаст настолько высокий спрос на эти ресурсы, что даже доходов «элиты» может не хватить на обеспечение минимальных потребностей в соответствующих благах. Оградить себя от подобной конкуренции со стороны остальных потребителей «элита» может, в общем случае, двумя способами.

1) Можно попытаться в принципе исключить потребление соответствующих благ и ресурсов основной массой потребителей, которым доход не позволяет обеспечить минимальный уровень потребления по «эгоистической» технологии. Эта задача

облегчается, если блага данного вида неделимы, и существует такой минимальный уровень потребления, что в меньших количествах эти блага бессмысленно приобретать. Например, к таким дискретным благам относится личный легковой автомобиль. Впрочем, даже такие блага можно сделать отчасти делимыми – в данном примере менее состоятельные потребители могут временно пользоваться такими автомобилями в качестве такси, или брать автомобиль напрокат. Поскольку в случае делимости благ данного вида, даже малообеспеченные потребители составят конкуренцию «элите» на рынке соответствующих ресурсов, повышая цену до уровня, неприемлемого даже для «элиты», остается принудительное исключение большинства населения из числа потребителей дефицитных ресурсов, в т.ч. и силовым путем. Именно такой путь предполагают разнообразные теории «золотого миллиарда» и вытекающие из них политические и военно-политические решения.

2) Также можно стимулировать разработку и применение менее ресурсоемкой «коллективистской» технологии. Особо подчеркнем, что «элита» заинтересована в том, чтобы такие технологии были созданы, а в обществе было принято соответствующее коллективное решение об их реализации. «Элита» может финансировать создание соответствующей технологии, способствовать разъяснению преимуществ «коллективистской» технологии и согласованию позиций граждан для принятия необходимых решений. При этом сами представители старших доходных групп могут по-прежнему стремиться пользоваться «эгоистической» технологией, руководствуясь соображениями качества (не учтенными в предлагаемых простейших моделях) либо престижа («мы можем себе это позволить»). И, как показывает проведенный выше анализ, в принципе, они при этом вполне могут лишить большинство менее состоятельных сограждан даже гипотетической возможности обеспечить себя благами данного вида, пользуясь самыми экономичными технологиями.

Именно в этом и состоит проблема, обсуждаемая в данном разделе. Даже если существует и реализуется экономичная технология производства благ некоторого вида, позволяющая все-

му населению страны или всему человечеству уложиться в рамки ресурсных ограничений – может найтись небольшая доля состоятельных потребителей, предпочитающих (в т.ч. по соображениям престижа) гораздо более ресурсоемкую технологию. И благосостояние большинства населения (т.е. его обеспеченность благами соответствующего вида) будет очень уязвимо по отношению к такому эгоистическому поведению «элиты». Причем, даже платность доступа к ограниченным ресурсам и эффективные ценовые механизмы не способны сдержать этот эгоизм, если «элита» значительно богаче основной массы населения.

Говоря в данном контексте о трагедии общин, следует упомянуть и противоположную, в некотором смысле, ситуацию – неэффективное использование общих ресурсов при наличии у индивидов исключительных прав. В литературе она называется *«трагедией антиобщин»* [104], хотя ряд исследователей полагает, что это, как раз, частный случай трагедии общин. Простейший пример, опять-таки, связан с автодорогами: хотя полезность новой дороги для членов общества может быть очень высокой, индивидуальные владельцы земельных участков, по которым дорога должна пройти, заинтересованы в их продаже по неограниченно высокой цене. Во избежание неоправданно высокой стоимости выкупа земли, даже в странах с либеральной рыночной экономикой практикуется принудительное отселение владельцев, с которыми не удалось достичь компромисса. В данной работе тоже показано, что обеспечение исключаемости ограниченных ресурсов не гарантирует их эффективного использования. И хотя обсуждаемая проблема не совпадает с ситуацией «трагедии антиобщин», и в последнем случае неэффективность порождается эгоизмом немногих, с которым обществу приходится бороться нерыночными методами.

Итак, борьба с «ловушкой эгоизма» - это, прежде всего, именно борьба с эгоистическим поведением меньшинства, и лишь во вторую очередь – согласование действий большинства. Какие экономические рычаги позволяют воздействовать на поведение наиболее состоятельных потребителей? Кроме цены ресурсов, спрос на блага, производимые по различным техноло-

гиям, определяется прочими составляющими их цены  $\{a^j\}$  и бюджетом потребителей  $\{M_i\}$ . В приведенных числовых примерах эти «прочие» составляющие цены благ, производимых по обеим технологиям, намеренно принимались пренебрежимо малыми, однако их наличие дает определенные экономические рычаги, позволяющие ограничить потребление дефицитных ресурсов. Можно ввести налоги на производство или потребление благ данного вида, причем, для благ, произведенных по «эгоистической», более ресурсоемкой технологии – гораздо более высокие, чем для экономичных «коллективистских» технологий. В то же время, такая политика будет действенной лишь в том случае, если уровень налогов на блага, произведенные по «эгоистической» технологии, будет запретительным даже для большинства потребителей с наивысшими доходами. Либо, экономические рычаги могут быть заменены непосредственным административным запретом на использование «эгоистической» технологии. Естественно, предполагается, что известна экономичная «коллективистская» технология, позволяющая обеспечить благами данного вида все население в рамках ресурсных ограничений, и принято согласованное решение о реализации такой технологии.

Можно заметить, что описанная проблема проведения меньшинством эгоистической политики проявляется в мировом масштабе, на уровне стран и межгосударственных объединений. Поэтому рекомендация ликвидировать этот «провал рынка» путем государственного вмешательства бессмысленна, поскольку здесь уже требуется наднациональное регулирование. В принципе, оно и без того необходимо для минимизации других «провалов рынка» - например, внешних эффектов, которые тоже проявляются в глобальном масштабе и усиливаются по мере нарастания объемов хозяйственной деятельности, достижения человечеством пределов глобальных ресурсных ограничений. Необходимость в наднациональном регулировании давно осознана мировым сообществом. Но его практическая реализация (в форме таких организаций как ООН и др.) пока, скорее, не столько устраняет «провалы рынка», сколько иллюстрирует – опять же,

в глобальном масштабе – «провалы государства», прежде всего, коррупцию, которая в данном случае проявляется как искажение принимаемых решений в пользу более сильных и богатых стран.

Тем не менее, существуют, на наш взгляд, и концептуальные ошибки в понимании той или иной экономической политики, которые не позволят улучшить положение даже при условии, что удастся создать на мировом уровне сильный, авторитетный и независимый регулирующий орган. Если его деятельность будет базироваться на ложных концептуальных основаниях, она вряд ли будет продуктивной (с точки зрения интересов большинства населения Земли). К числу таких стереотипов относятся, на наш взгляд, некоторые постулаты рыночной экономики.

Ограничить реализацию эгоистических решений (блокирующих, в свою очередь, реализацию «коллективистской» технологии, пусть даже ее склонно выбрать большинство населения) можно, только отказавшись от основополагающего принципа «рыночной демократии»: каждый должен иметь возможность многократно превзойти окружающих по уровню благосостояния – в т.ч. ценой лишения окружающих возможности повысить свое благосостояние. Капитализм как таковой основан на идее о том, что у каждого есть шанс (но никак не гарантия!) разбогатеть. При этом большинство вполне может жить бедно, но (будучи воспитанным на таких принципах) признавать справедливым такое устройство общества, поскольку шанс, на первый взгляд, есть у каждого<sup>1</sup>. Можно провести аналогию с т.н. «*оптимистической*» стратегией в играх (см. [23]): если гарантированный результат, обеспечивающий достойный уровень жизни всем, представляется невозможным, остается предпочесть такое устройство хозяйственной жизни, при котором хоть у кого-то (каждый надеется, что именно у него) будет шанс на гораздо больший выигрыш, пусть даже ценой проигрыша всех остальных. Однако принципиально важно разъяснить всем заинтере-

---

<sup>1</sup> В таких рассуждениях не учитываются реально действующие положительны обратные связи в сфере распределения доходов и богатства, эффекты самовоспроизводящей бедности и т.п.

ресованным лицам (а по ряду вопросов к таковым относится все сознательное население Земли), что практически всегда существуют возможности удовлетворения тех или иных материальных потребностей большинства населения на достойном уровне. Поиск таких возможностей – в большей степени, задача естественных и технических наук. Экономические же науки в данном случае должны разрабатывать соответствующие экономические механизмы обеспечения «благополучия для всех» и, что наиболее важно – формировать соответствующий экономический образ мышления, нацеленный на осознание общих интересов, на предпочтение кооперации, а не конкуренции. Необходимо признать, что это диаметрально противоположно господствующим подходам в современной экономической науке и образовании, ориентирующих всех – и людей, и страны – на выигрывать в конкурентной борьбе.

Таким образом, институциональные истоки «ловушки эгоизма» состоят не в отсутствии эффективных рынков ресурсов и платности доступа к ним. Причина возможных негативных явлений, описанных здесь – не в том, что в соответствующих сферах человеческой деятельности «мало рынка», а, напротив, в том, что «рынка слишком много», и он ничем не ограничен. Причем, ограничить эгоистическое поведение меньшинства мешает идеологический догмат о недопустимости таких ограничений.

В условиях, когда ресурсы ограничены и на всех не хватает, конкуренция выступает как механизм распределения ограниченного выигрыша: в ней кто-то выигрывает, а кто-то обязательно должен проиграть (причем, при высокой ресурсоемкости «эгоистических» технологий производства высококачественных благ – многие). По мнению британского социолога и философа Р. Скидельски [69], капитализм нужен, пока возможности удовлетворения материальных нужд ограничены. Если ситуация улучшится, стремление к выигрывать в конкурентной борьбе теряет привлекательность. Впрочем, и здесь возможны иные сценарии развития.

С одной стороны, из тезиса Р. Скидельски следует, что эгоизм и т.п. проявления конкурентного мышления – порождения ограниченности ресурсов. С другой стороны, возникает вопрос: что произойдет, если НТП все-таки ослабит эту проблему? Уйдут ли в прошлое такие пороки человечества, как жадность, эгоизм, если они были вызваны именно дефицитом ресурсов? Станут ли все автоматически добрее и т.п., если необходимость бороться за выживание отпадет? Или, напротив, конкуренция обострится, но уже в сфере статуса и т.п. нематериальных категорий<sup>1</sup>? Является ли она внутренне присущей человеческой природе? Можно назвать, по меньшей мере, один вид благ, который неизбежно останется конкурентным всегда: это места на пьедестале почета. Не может быть много победителей в статусных играх – в этом весь их смысл. В связи с этим, возникает следующая гипотеза относительно нынешнего «постиндустриального» развития мировой экономической системы (а в реальности – усиления неравноценного обмена между мировыми «центром» и «периферией»), обсуждавшегося в п. 2.3.2. Возможно, «опускание» большинства жителей Земли на уровень выживания, на нижние ступени пирамиды Маслоу (чтобы «голова некогда было поднять») – это, как раз, и есть способ для элиты отсечь потенциальных конкурентов в статусных играх? Т.е. распределение природных ресурсов происходит таким образом, чтобы большинство населения не претендовало на дефицитные ресурсы, нужные элите, и, тем более, не составляло ей конкуренцию в удовлетворении потребностей более высоких порядков. Во избежание такой конкуренции, элита в принципе не заинтересована в решении ресурсных проблем.

Так или иначе, будучи порождением ограниченности ресурсов, конкуренция отнюдь не решает эту проблему, а, напротив, усугубляет ее, как показано в следующем разделе данной книги.

---

<sup>1</sup> Тем более, что некоторые блага останутся принципиально конкурентными. В любом случае какие-то ресурсы всегда будут ограниченными – хотя бы брачные партнеры.

### *3.2. ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА МЕЖДУ СБЕРЕЖЕНИЕМ И ВОСПРОИЗВОДСТВОМ РЕСУРСОВ*

Преодолевать проблему ограниченности ресурсов – одну из фундаментальных проблем экономики – принципиально возможно двумя способами:

1) искать (сообща или поодиночке) возможности раздвинуть рамки ресурсных ограничений,

2) приняв эти рамки как данность, попытаться перераспределить ресурсы в свою пользу.

В последнем случае рыночная экономика и глобальная политика воспринимается как игра с нулевой (или даже отрицательной) суммой, в которой наличие проигравших неизбежно – и неизбежен антагонизм. На первый взгляд, альтернативный вариант – повышение доступности общих ресурсов – как потенциально бесконфликтный, должен быть более предпочтительным для лидеров инновационного экономического развития. Однако более тщательный анализ, проведенный с применением экономико-математического моделирования, не внушает оптимизма на этот счет. Напротив, существуют объективные экономические факторы, заставляющие лидеров технологического развития идти по пути антагонистической конкуренции.

Инновационное развитие может быть направлено как на конкурентную борьбу, так и на улучшение общих условий. Например, производители транспортного и энергетического оборудования могут лишь повышать экономичность собственной продукции, а могут попытаться разработать методы получения более дешевого и доступного топлива, в т.ч. из возобновляемых и экологически безопасных источников. Результативность таких разработок будет выше при совместных усилиях. Однако нет никакой гарантии, что производителю более экономичных изделий будет выгоднее инвестировать в разработку более доступного топлива, чем в дальнейшее повышение экономичности собственной продукции. Согласно современной биологической теории эволюции, в ходе естественного отбора побеждает не абстрактно «сильнейший», а именно участник, наиболее при-



способленный к условиям внешней среды. Нередко от ухудшения общих условий (в данном случае, истощения и удорожания ресурсов) наиболее приспособленный игрок (соответственно, производитель более экономичных изделий) может получать выгоду, поскольку общий выигрыш перераспределяется в его пользу. Вначале при ухудшении условий работы более приспособленный к нему игрок может даже выигрывать за счет перераспределения выигрыша (доли рынка и др.) в его пользу, но затем – возможно, уже вытеснив конкурентов – начинает ощущать сокращение собственного выигрыша.

### 3.2.1. Выбор между ресурсосбережением и воспроизводством ресурсов: «ловушка лидерства»

Для количественного анализа этой проблемы с участием Е.А. Болбот в работе [9] был предложен следующий подход. Рассмотрим взаимодействие двух производителей –  $A$  и  $B$ . Сначала, на стадии НИР, каждый из них разрабатывает новые технологии, а затем выпускает с их помощью некоторые блага. Пусть эти блага, производимые  $A$  и  $B$ , однородны, и продаются по единой цене  $p$ , зависящей от суммарного предложения благ  $q^\Sigma = q^A + q^B$ . Предположим для простоты, что обратная функция спроса на производимую продукцию – линейная:

$$p(q^\Sigma) = a - b \cdot q^\Sigma,$$

где  $a = p(0)$  – запретительная цена;

$b$  – параметр, характеризующий емкость рынка (она может быть оценена как  $q|_{p=0} = \frac{a}{b}$ ).

Предположим, что в период продажи продукции на рынке реализуется модель дуополии Курно. Это означает, что, оптимизируя свою политику, каждый игрок не учитывает возможной реакции конкурента (хотя она, разумеется, последует). Для простоты выкладок будем считать функции затрат на производство конечных благ линейными. Однако, в отличие от простейшей

модели дуополии Курно, учтем, что себестоимость производства благ у конкурентов отличается по причине различия используемых технологий. Введем следующие обозначения:

$g^i$  – значение удельного расхода ресурсов на единицу блага (например, граммов топлива на пассажиро-километр или киловатт-час) у  $i$ -го производителя,  $i = A, B$ ;

$p_{\text{рес}}$  – цена используемых общих ресурсов;

$c_{\text{пр}}^i$  – значение прочих (не связанных с потреблением ресурсов) затрат на производство благ у  $i$ -го производителя,  $i = A, B$ .

Тогда суммарные затраты на производство единицы благ у  $i$ -го производителя,  $i = A, B$ , составят:

$$c^i = c_{\text{пр}}^i + p_{\text{рес}} \cdot g^i;$$

Будем считать, что производители  $A$  и  $B$  максимизируют свои прибыли, управляя объемами выпуска благ. Поскольку здесь считается, что удельные затраты на производство благ не зависят от их выпуска (хотя и состоят из нескольких сложных слагаемых), дальнейший анализ аналогичен анализу простейшей модели дуополии Курно (см., например, [31]). Найдя игровое равновесие, получим равновесные значения

- выпуска конечных благ, производимых  $A$  и  $B$ :

$$q_*^i = \frac{a + c^j - 2c^i}{3b}, \quad i, j = A, B;$$

- цены конечных благ:

$$p_* = a - b \cdot q_*^\Sigma = a - b \cdot \frac{2a - c^A - c^B}{3b} = \frac{a + c^A + c^B}{3}. \quad (3.1)$$

- и, наконец, прибыли конкурентов:

$$\Pi_*^i = \frac{(a + c^j - 2c^i)^2}{9b}, \quad (3.2)$$

где  $i$  - индекс данного производителя,  $j$  - индекс его конкурента.

Выражение, возводимое в квадрат в числителе формул прибыли, можно представить в следующем виде:

$$a + c^j - 2c^i = a + (c^j - c^i) - c^i.$$

Рост этого выражения означает и рост прибыли. Если данное выражение будет отрицательным,  $i$ -й производитель даже при отсутствии постоянных издержек будет терпеть убытки ( $\Pi_*^i < 0$ ) и уйдет с рынка, а его конкурент  $j$  останется монополистом. Прибыль монополиста в условиях данной модели выражается следующей формулой:

$$\Pi_{\text{мон}}^j = \frac{(a - c^j)^2}{4b}. \quad (3.3)$$

Разумеется, если  $a \leq c^j$ , даже в монопольном положении работа  $j$ -го производителя является убыточной, и он покинет рынок.

Анализ поведения выделенного выражения в числителе формулы прибыли конкурирующих производителей (3.2) показывает следующее. Прибыль растет не только при сокращении собственных затрат данного производителя  $c^i$ , но также и при увеличении конкурентного преимущества, выражаемого разностью  $(c^j - c^i)$ . Какое направление инновационного развития наиболее привлекательно для игроков, и при каких условиях? Для упрощения анализа будем считать, что изменение параметров функции спроса ( $a$  и  $b$ ) – вне пределов возможностей производителей  $A$  и  $B$ , и в своей инновационной политике они могут влиять только на уровень затрат. Тогда изменение прибыли  $i$ -го игрока однозначно определяется изменением рассмотрен-

ного выше выражения  $(a + c^j - 2c^i)$ . Вернемся к более подробному представлению суммарных затрат на производство конечных благ:

$$a + c^j - 2c^i = a + c_{\text{пр}}^j + p_{\text{рес}} \cdot g^j - 2(c_{\text{пр}}^i + p_{\text{рес}} \cdot g^i).$$

Инновационные разработки могут быть нацелены и на сокращение прочих, не связанных с потреблением ресурсов, составляющих затрат на производство и эксплуатацию оборудования. Однако здесь основное внимание уделяется инновационным проектам, нацеленным на снижение расходов, связанных с потреблением ресурсов (например, энергоносителей). Наиболее очевидный путь снижения соответствующих затрат – сокращение удельного расхода ресурсов  $g^i$ . Что касается цены ресурсов  $p_{\text{рес}}$ , она также может снижаться благодаря разработкам, направленным на повышение доступности ресурсов, поиску их новых, в т.ч. возобновляемых источников и т.п. Снижение цены ресурсов, достигнутое в результате НИР данного производителя, выступает как внешний эффект для его конкурента – необязательно положительный, как будет показано ниже.

На стадии НИР каждый игрок выбирает наиболее выгодное для себя направление инвестиций – в снижение ресурсоемкости собственной технологии производства благ, либо в снижение цены ресурсов, общей для обоих игроков. Принимая решение, на стадии НИР игроки также не рассматривают возможные ответные действия партнера, как и предполагается в моделях олигополии Курно. Также пока предположим, что действия, нацеленные на снижение потребления ресурсов или их цены, носят необратимый характер, т.е., например, если однажды благодаря результатам исследований и разработок удалось сократить цену ресурсов до определенного уровня, далее она не может повыситься, даже если бы какому-то игроку это показалось выгодным.

Снова преобразуем выражение, стоящее в числителе формулы прибыли производителей на конкурентном рынке (3.2):

$$a + c^j - 2c^i = a + c_{\text{пр}}^j - 2c_{\text{пр}}^i + p_{\text{рес}} \cdot (g^j - 2g^i). \quad (3.4)$$

Как было показано выше, увеличение этого выражения однозначно приводит к росту прибыли  $i$ -го игрока. И если снижение удельного расхода ресурсов однозначно выгодно, то удешевление ресурсов оказывает на уровень прибыли неоднозначное влияние. Как видно из последней формулы (3.4), если

$2g^i < g^j$ , или  $g^i < \frac{g^j}{2}$ , т.е.  $i$ -й игрок имеет, по меньшей мере,

двукратное преимущество в экономичности продукции перед конкурентом, ему вообще невыгодно снижение цены ресурсов. Разумеется, конкретный – двукратный – уровень порогового

конкурентного преимущества ( $g^i < \frac{g^j}{2}$ ) определяется принятой

в данной работе спецификацией простейшей модели дуополии Курно. Однако и при других, например, нелинейных функциях спроса и затрат, но обладающих теми же качественными особенностями, основные выводы из анализа данной модели сохраняют силу. Т.е. ее можно рассматривать как «мягкую» экономико-математическую модель, см. [4].

Анализ полученного формального результата позволяет сделать следующий парадоксальный, на первый взгляд, вывод. Если конкурентное преимущество определенного производителя над прочими превосходит определенный пороговый уровень, он может быть в принципе не заинтересован в удешевлении общих ресурсов, в повышении их доступности, поскольку его выигрыш в конкурентной борьбе обусловлен именно их дороговизной. Т.е. для лидера «чем хуже, тем лучше»! Этот эффект можно назвать «ловушкой лидерства» в инновационном развитии. Особо подчеркнем, что эта ловушка относится не к институциональным ловушкам, анализу которых уделяется большое внимание в последнее время, а, скорее, к технологическим, наподобие широко известного *QWERTY*-эффекта<sup>1</sup>. Термин «ло-

---

<sup>1</sup> О сходстве и различии институциональных и технологических ловушек подробно написано в работе [5].

вущка» здесь означает, что при попадании значений технологических параметров (в данном случае – значений ресурсоемкости технологий конкурентов) в определенные области, реализуются неблагоприятные (для кого – подробно описано далее) траектории инновационного развития.

Следует подчеркнуть отличие полученного здесь результата от общеизвестных – прежде всего, от тезиса о том, что инвестиции в частное благо, как правило, выгоднее, чем в общественное. Здесь показано, что при определенных условиях второе не просто менее выгодно, чем первое – оно в принципе невыгодно.

Итак, если конкурентное преимущество данного игрока превосходит определенный порог, ему может быть заведомо невыгодно улучшение общих условий – он получает выигрыш за счет гораздо лучшей приспособленности к неблагоприятным условиям. Однако и при меньшем различии уровня экономичности повышение доступности общих ресурсов необязательно будет выгоднее для данного игрока, чем повышение экономичности собственных изделий. Выбирая направления инновационного развития, участники соотносят потребные затраты и выгоды.

Предположим, что сокращение удельного расхода ресурсов на 1% требует от  $i$ -го игрока затрат в размере  $r_{g^i}$ , а сокращение цены ресурсов на 1% - затрат  $r_{p_{\text{pec}}}$ . Сокращение цены ресурсов на 1% снижает<sup>1</sup> произведение  $\left[ p_{\text{pec}} \cdot (g^j - 2g^i) \right]$  ровно на 1%, тогда как сокращение на 1% удельного расхода ресурсов сокращает то же самое произведение на следующую величину (в относительном выражении):

$$\frac{\partial(g^j - 2g^i)}{\partial g^i} \cdot \frac{g^i}{g^j - 2g^i} = \frac{-2g^i}{g^j - 2g^i} = \frac{2g^i}{2g^i - g^j} \% > 1\%,$$

---

<sup>1</sup> При условии  $g^i > \frac{g^j}{2}$  - в противном случае, как показано выше, удешевление ресурсов заведомо невыгодно  $i$ -му участнику.

причем, по мере приближения  $g^i$  к  $\frac{g^j}{2}$ , эта величина неограниченно возрастает. Т.е. при равных значениях  $r_{g^i}$  и  $r_{p_{\text{рес}}}$  инвестиции в повышение доступности ресурсов также заведомо менее выгодны, чем инвестиции в повышение экономичности собственных изделий<sup>1</sup>. «Эгоистическое» повышение экономичности собственных изделий становится выгоднее сокращения цены общих ресурсов при выполнении следующего соотношения:

$$\frac{r_{g^i}}{r_{p_{\text{рес}}}} < \frac{2g^i}{2g^i - g^j}, \quad (3.5)$$

или

$$\frac{g^i}{g^j} < \frac{r_{g^i}}{2(r_{g^i} - r_{p_{\text{рес}}})}.$$

Заметим, что этот пороговый уровень отношения  $\frac{g^i}{g^j}$  заведомо выше  $\frac{1}{2}$  - порогового уровня, вытекающего из формулы (3.4). Т.е. последнее условие является более мягким. И для того, чтобы игрок выбрал «эгоистическую» стратегию инновационного развития, ему необязательно обладать двукратным преимуществом перед конкурентом в удельном расходе ресурсов.

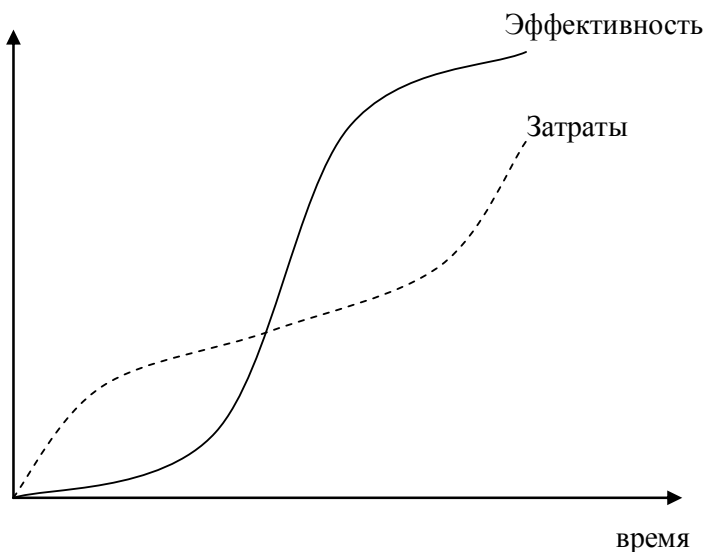
Более того, пороговое отношение  $\frac{g^i}{g^j}$  может быть более 1, т.е. и менее приспособленный к высокой цене ресурсов игрок может быть заинтересован, скорее, в повышении экономичности собственной продукции, чем в удешевлении общих ресурсов.

---

<sup>1</sup> Разумеется, мы предполагаем, что ожидаемый прирост прибыли выше потребных затрат на повышение экономичности оборудования или снижение цены ресурсов – иначе соответствующие проекты инновационного развития являются невыгодными в абсолютном, а не в сравнительном отношении.

Это имеет место при условии  $\frac{r_{g^i}}{r_{рес}} < 2$ , т.е. если только снижение цены ресурсов на 1% не будет, по меньшей мере, вдвое дешевле сокращения ресурсоемкости собственных технологий для данного игрока.

В реальности эффективность затрат на инновационные разработки непостоянна. По мере развития технологий, плата за снижение на 1% цены ресурсов или их удельного расхода будет изменяться, причем, неодинаковыми темпами. Прежде всего, в силу объективных закономерностей технологического развития, могут существовать некоторые уровни насыщения, к которым будут стремиться указанные технико-экономические параметры даже при неограниченном объеме инвестиций в НИР. Эта особенность упрощенно описывается S-образной кривой, см. рис. 3.7 (а также рис. 1.17 и сопровождающий его текст).



**Рис. 3.7.** Характерное изменение со временем показателей эффективности технологий и затрат на их улучшение



И если, например, сначала, в силу большей эффективности, основное внимание уделялось снижению удельного расхода ресурсов, то к определенному моменту резервы его дальнейшего снижения могут быть практически исчерпаны. С экономической точки зрения это означает выполнение неравенства  $r_{g^i} \gg r_{p_{\text{рес}}}$ .

Тогда производители, в соответствии с условием (3.1), будут вынуждены обратить внимание и на возможность удешевления общих ресурсов, которая вначале казалась непривлекательной. Таким образом, объективная динамика технологического развития может способствовать осознанию общих интересов и препятствовать попаданию в «ловушку лидерства».

Если же  $i$ -й производитель останется на рынке монополистом, член в формуле прибыли (3.3), соответствующий затратам на ресурсы, примет вид произведения ( $p_{\text{рес}} \cdot g^i$ ). В этих условиях снижение на 1% удельного расхода ресурсов и их цены принесет одинаковый эффект, и наиболее выгодным направлением инновационного развития будет самое «дешевое». Если, например,  $r_{p_{\text{рес}}} < r_{g^i}$ , монополист сосредоточит свои усилия на повышении доступности ресурсов. Поскольку это условие – менее жесткое, чем условие (3.5), при прочих равных условиях больше вероятность того, что именно монополист, а не конкурирующие производители, предпочтет повышение доступности ресурсов, а не повышение экономичности лишь своих изделий. Этот вывод хорошо согласуется с логическим объяснением изучаемых в данном разделе эффектов: монополист уже не может получать выигрыш от лучшей, чем у конкурентов, приспособленности к неблагоприятным условиям, поскольку конкуренты исчезли. Теперь эти жесткие условия являются для него самого однозначно неблагоприятным фактором.

Помимо учета интересов самих производителей, которые состоят в максимизации прибыли, необходимо оценить изменение благосостояния потребителей конечных благ. Повышение благосостояния потребителей должно быть одной из главных целей государственной политики регулирования инновационного развития. Поскольку цена и объем реализации конечных благ

связаны взаимно однозначной зависимостью – функцией спроса – достаточно будет сравнить изменение цены, достигаемое при тех или иных приоритетах инновационного развития. Итак, изначально в равновесии Курно цена принимала следующее значение (см. формулу (3.1)):

$$p_* = \frac{a + c^i + c^j}{3} = \frac{a + \Delta c^i + \Delta c^j + p_{\text{рес}} \cdot (g^i + g^j)}{3} \quad (3.6)$$

Сравним изменение равновесной цены конечных благ в двух ранее рассмотренных случаях – когда игроки инвестируют в повышение доступности общих ресурсов, и когда каждый игрок предпочитает сократить удельное потребление ресурсов. Если удельное потребление ресурсов  $i$ -м игроком снижается на 1%, равновесная цена конечных благ снизится до следующего уровня:

$$p'_* = \frac{a + \Delta c^i + \Delta c^j + p_{\text{рес}} \cdot (0,99g^i + g^j)}{3},$$

тогда как при снижении цены ресурсов на 1% она сократилась бы более существенно:

$$p''_* = \frac{a + \Delta c^i + \Delta c^j + 0,99p_{\text{рес}} \cdot (g^i + g^j)}{3}.$$

Заметим, что аналогичного удешевления конечных благ удалось бы достичь, только если бы оба игрока, а не один, добились снижения удельного расхода ресурсов на 1%. Вспомним ранее полученный результат:  $i$ -й игрок предпочтет снизить именно собственный удельный расход ресурсов, если на данный момент его оборудование значительно экономичнее, чем у конкурента. Поскольку  $g^i < g^j$ , дальнейшее повышение экономичности и без того достаточно экономичного оборудования окажет меньшее влияние на цену конечных благ, чем аналогичное снижение удельного расхода ресурсов игроком-аутсайдером  $j$ .

Следовательно, для конечных потребителей предпочтительнее удешевление ресурсов, чем сравнимое (в относительном

выражении) снижение их удельного расхода каким-либо из конкурентов. Кроме того, как показано в п. 2.2, несмотря на кажущуюся идентичность, повышение доступности ресурсов и снижение их удельного потребления могут иметь принципиально разные последствия на макроуровне. Снижение ресурсоемкости технологий сопряжено с некоторыми системными рисками. Прежде всего, может проявиться эффект рикошета, подробно изученный в п. 2.2.1 – 2.2.2: несмотря на снижение удельного расхода ресурсов, их совокупное потребление может возрасти, т.е. реальный эффект таких инноваций может быть противоположным ожидаемому. Это может, в свою очередь, вызвать отрицательные внешние эффекты в других отраслях, использующих те же виды ресурсов, подробнее см. п. 2.2.3-2.2.4. Повышение доступности этих ресурсов (при соблюдении экологических требований) лишено описанных недостатков.

Рассмотрим в качестве примера перспективы инновационного развития гражданского авиастроения и воздушного транспорта. Для этих отраслей чрезвычайно актуально снижение удельного расхода авиатоплива и затрат на топливо, а также объема соответствующих вредных выбросов. Пусть параметры функции спроса на конечные блага (в данном случае – авиаперевозки) принимают следующие значения:  $a = 0,07$ ;  $b = 10^{-13}$ . Такие значения подобраны в результате калибровки по реалистичным значениям годового пассажирооборота мировой гражданской авиации (в пасс.-км.) и среднего тарифа (в долл./пасс.-км.). В табл. 3.1 приведены параметры, определяющие затраты конкурирующих производителей на производство конечных благ (постоянные издержки для упрощения примера не учитываются).

**Таблица 3.1**

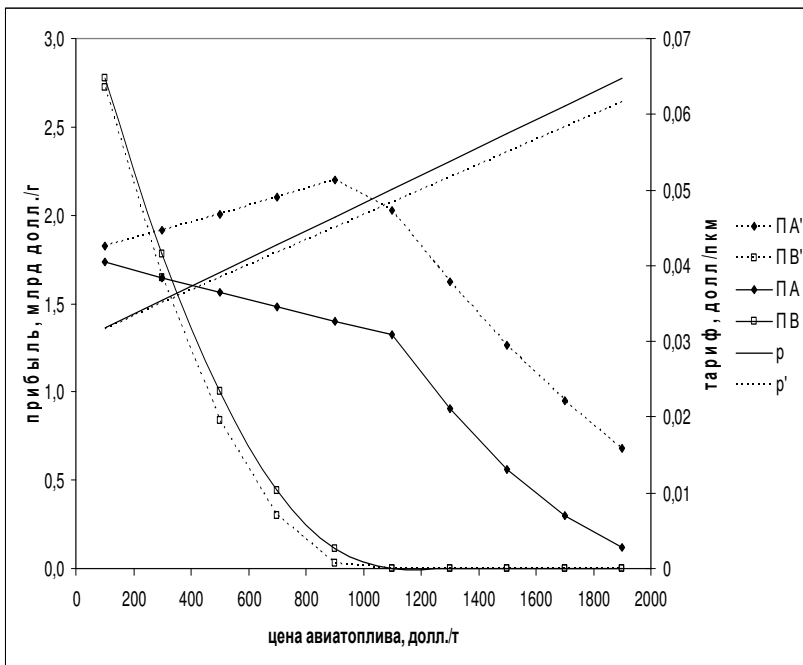
**Параметры функций затрат конкурирующих производителей гражданской авиатехники (пример)**

<b>Производитель</b>	<b><i>A</i></b>	<b><i>B</i></b>
$c_{\text{произв}}$ , долл./пасс.-км.	0,015	0,01
$c_{\text{экспл}}$ , долл./пасс.-км.	0,01	0,01
$g$ , г/пасс.-км.	20	35

Удельный расход топлива изделий производителя  $B$  соответствует таковому для старого поколения советской гражданской авиатехники, а удельный расход изделий  $A$  – уровню современных пассажирских самолетов, см. [31]. Однако более экономичная техника, при прочих равных, как правило, дороже в разработке и производстве, поэтому  $c_{\text{произв}}^A > c_{\text{произв}}^B$ .

На рис. 3.8 сплошными маркированными линиями изображены рассчитанные по формулам (3.2, 3.3) зависимости прибыли обоих производителей (в млрд долл./г) от цены используемых ресурсов (в данном случае, авиатоплива). Начиная с определенного значения этой цены, более экономичная техника приносит при удорожании ресурсов выигрыш своему производителю, а игрок  $B$  при некотором пороговом значении цены ресурсов вообще вынужден будет покинуть рынок. По вспомогательной оси ординат отображается тариф на конечные услуги (сплошная немаркированная линия), полученный по формуле (3.6).

Особо подчеркнем: этот пример (как и обсуждаемая модель) посвящен не влиянию цены авиатоплива на прибыли авиационных компаний и перевозчиков, а сравнению альтернативных путей инновационного развития авиационной отрасли. В числе этих путей, наряду с повышением топливной экономичности воздушных судов – переход на более дешевое топливо (что, вероятно, потребует разработки эффективных и безопасных технологий его массового производства). Т.е. цена авиатоплива здесь рассматривается не как экзогенный фактор риска (что характерно для большинства работ по экономике воздушного транспорта, см., например, [33, 46]), а как управляемый в долгосрочной перспективе параметр, подвластный изменению в некоторых пределах со стороны того или иного производителя.



**Рис. 3.8. Сравнение эффективности альтернативных путей инновационного развития (пример)**

Условные обозначения:

ПА, ПВ – исходные значения прибыли производителей А и В;

ПА', ПВ' – значения прибыли производителей А и В после сокращения удельного расхода топлива изделиями производителя В;

р, р' – значения тарифа до и после сокращения удельного расхода топлива изделиями производителя В.

Если производитель А повысит (по сравнению с исходным уровнем) экономичность своих изделий до  $g^{A'} = 15$  г/пасс.-км., т.е. на 25% (что считается на данном этапе развития авиационных технологий весьма радикальным улучшением, однако такой уровень целевых показателей будущего поколения пассажир-

ских самолетов заложен, например, в плановом документе [110]), он уже приобретет более чем двукратное преимущество перед игроком *B*. Графики прибылей игроков и тарифа после повышения экономичности изделий *A* изображены на том же рис. 3.8, но пунктирными линиями (соответствующие показатели помечены штрихом).

Сравнение графиков до и после повышения экономичности изделий *A* показывает следующее. Прежде всего, можно заметить, что после повышения топливной экономичности изделий зависимость прибыли производителя *A* от цены авиатоплива становится немонотонной: вплоть до ухода конкурента с рынка, игрок *A* получает выигрыш от удорожания топлива. Поскольку производитель *A* теперь приобрел более чем двукратное превосходство над конкурентом ( $15 \frac{\text{г.}}{\text{пасс.-км.}} < \frac{35}{2} \frac{\text{г.}}{\text{пасс.-км.}}$ ), в полном согласии с вышеизложенной моделью, теперь ему в определенном диапазоне цен вообще невыгодно удешевление авиатоплива. Но и до того, как его преимущество стало подавляющим, ему было гораздо выгоднее (при сопоставимых затратах в расчете на 1%-е улучшение) повышать экономичность собственных изделий, чем заботиться об общих интересах, стремясь к удешевлению топлива. Например, при цене авиатоплива, равной 900 долл./т, снижение удельного расхода на четверть принесло ему прирост прибыли почти на 57%, тогда как удешевление авиатоплива – даже вдвое, т.е. до 300 долл./т – повысит прибыль лишь на 18%, см. рис. 3.8.

Анализ реального распределения инвестиций между различными целями инновационного развития в таких отраслях, как энергетическое и транспортное машиностроение, подтверждает существование феномена, названного здесь «ловушкой лидерства».

Особое внимание следует обратить на удовлетворение интересов потребителей. Несмотря на существенное повышение прибыли производителя *A*, снижение удельного расхода топлива его изделиями слабо отразилось на уровне тарифов (сравним сплошную и пунктирную немаркированные линии на рис. 3.8).

Несмотря на то, что затраты на топливо составляли при цене авиатоплива 900 долл./т более 40% полной себестоимости перевозок, а удельный расход топлива удалось сократить на четверть, тариф снизился лишь на 3,3%. Т.е. «ловушка лидерства» приводит к выбору не самых эффективных для потребителей направлений инновационного развития.

Подчеркнем, что именно конкурентный характер рынков порождает «ловушку лидерства». Как показано выше, при прочих равных условиях именно монополист, а не конкурирующие производители, имеет больше стимулов к повышению доступности ресурсов (за счет развития технологий их воспроизводства), в сравнении с повышением экономичности лишь своих собственных технологий.

Выявленные здесь эффекты следует принимать во внимание при формировании государственной политики регулирования инновационного развития. Прежде всего, в государственной поддержке нуждаются те инновационные проекты, которые нацелены на повышение доступности общих ресурсов, на учет общих интересов потребителей и конкурирующих производителей. Если же эгоистические интересы лидеров инновационного развития делают желательным ухудшение общих условий, снижение доступности общих ресурсов (а оно нередко возможно, в отличие от предпосылок предложенной модели) – такие действия необходимо пресекать. Возможно, иногда целесообразно искусственное «выравнивание» уровня технологий конкурирующих производителей с целью недопущения попадания отрасли в «ловушку лидерства», формирующую нежелательные (как с социальной, так и с экологической точек зрения) приоритеты инновационного развития.

### **3.2.2. Ресурсные ограничения, соперничество и сотрудничество**

Как показал проведенный анализ, естественные (рыночные) стимулы к улучшению общих условий, как правило, слабее стимулов к завоеванию конкурентного преимущества, а лидерам инновационной гонки иногда даже может быть выгодным

ухудшение этих условий. Феномен ловушки лидерства заставляет корректировать современные представления о стимулах к сотрудничеству. Так, например, в работах Э. Остром, нобелевского лауреата 2009 г., показано, что ужесточение внешних условий способствует кооперации частных агентов. Однако, как следует из проведенного здесь анализа, этот вывод далеко не универсален, и условия его применимости нуждаются в уточнении. В ситуации ловушки лидерства лидер может быть не заинтересован в сотрудничестве во имя улучшения общих условий, т.е. удешевления общих ресурсов, повышения их доступности, расширения рамок ресурсных ограничений.

Проблема, изучаемая в данном разделе, в идейном смысле перекликается с теорией т.н. *игр на выбывание*, которую развили С.Б. Измалков, Д.Г. Ильинский и А.В. Саватеев в работе [26]. В этих играх участники на каждом шаге могут выбрать мирное сосуществование или борьбу против того или иного конкурента. В отличие от описанной, постановка задачи в данном разделе – иная. Во-первых, здесь участники могут выбирать улучшение общих условий или своей индивидуальной приспособленности к неблагоприятным условиям. Целенаправленных действий во вред окружающим, тем более – определенному игроку – не предполагается, как и пассивного мирного сосуществования. Во-вторых, в отличие от абстрактного описания вероятности поражения выбранного противника (что характерно для распространенных моделей боевых действий, например, модели Ланкастера), здесь рассматриваются вполне конкретные варианты инновационной политики каждого игрока и механизмы ее воздействия на других игроков.

В работе [26] показано, что «для двух игроков, если величина приза для единственного победителя больше суммарного приза для двоих в случае мирного сосуществования, то ни при каких параметрах мирное сосуществование невозможно». Здесь же показано, что существует такой пороговый уровень превосходства над конкурентами, при котором улучшение общих условий, т.е. повышение доступности и удешевление общих ресурсов, становится принципиально невыгодным – напротив, выгодно ужесточение этих условий, если оно возможно.



Учет описанного эффекта позволяет объяснить, на первый взгляд, парадоксальное поведение некоторых экономически развитых стран – например, США. В связи с активной ролью этой страны в вооруженных конфликтах на Ближнем Востоке, часто высказывается предположение о том, что эти конфликты были инициированы самими странами Запада для захвата контроля над нефтедобычей и снижения ее закупочной цены. Однако такие предположения, на первый взгляд, пока отнюдь не подтверждаются, поскольку в обозримом будущем эти конфликты, напротив, приводят к удорожанию нефти, а США являются крупным ее импортером, т.е. терпят ущерб. Означает ли это, что в ближневосточных конфликтах США не могут руководствоваться никакими корыстными мотивами? В свете описанного эффекта и такое поведение становится логичным. Вопреки распространенному стереотипу, странам-импортерам энергоресурсов может быть выгодно их удорожание. Если это промышленно развитые страны, специализирующиеся на разработке и выпуске машин и оборудования, причем, существенно более экономичных, чем у других производителей, как показывает представленная здесь модель, удорожание энергоресурсов приносит им выигрыш на рынке основной экспортной продукции, и соответствующий прирост доходов может превзойти ущерб<sup>1</sup>. Вполне возможно, что США стимулируют рост нестабильности в сырьевых регионах и удорожание ресурсов, поскольку, располагая наименее ресурсоемкими технологиями (в машиностроении, в энергетике, на транспорте, в ЖКХ и т.п.), также рассчитывают на эффект ловушки лидерства. В первую очередь, удорожание ресурсов ударит по КНР и др., менее приспособленным к этому развивающимся странам. Как показано в работах по экономике авиастроения (см., например, [0]), именно удорожание горючесмазочных материалов стало основной движущей силой ускоренной замены советской авиатехники на западную, более эко-

---

<sup>1</sup> Кроме того, любая страна неоднородна, и описываемые действия в сфере внешней политики могут быть инспирированы лоббистами тех отраслей, которые получают выигрыш, а получатели ущерба обладают меньшим политическим влиянием.

номичную, и победы западного авиастроения в конкурентной борьбе на современном этапе.

Проблему ловушки лидерства интересно рассмотреть в свете классификации видов экономического роста. Он может быть как *интенсивным* (основанным на инновациях), так и *экстенсивным* – за счет захвата и поглощения конкурентов и их рыночных ниш. Примечательно, что сокращение ресурсоемкости материального производства нередко трактуется в экономической теории инновационного развития как интенсивный рост (т.к. технологии совершенствуются, удельное потребление ресурсов падает, и т.п.), однако фактически он, нередко – экстенсивный, т.к. не решает глобальной проблемы ограниченности ресурсов, а даже усугубляет ее.

В работе [93] было показано, что конкуренция за дефицитные невозобновляемые ресурсы (например, ископаемое топливо) вполне может способствовать их прогрессирующему истощению. В этой статье в качестве основной движущей силы научно-технического прогресса и экономического роста рассматриваются отрицательные внешние эффекты, имеющие место при потреблении общих невозобновляемых ресурсов. Каждый производитель благ и их потребитель, используя эти ресурсы и предъявляя на них спрос, способствует повышению их дефицитности и цены, что негативно влияет на прочих производителей и потребителей. Те, в свою очередь, вынуждены во избежание снижения собственного благосостояния повышать свою экономическую активность, провоцируя дальнейшее истощение и удорожание ресурсов. Причем, стремясь выиграть в конкуренции, они снижают ресурсоемкость технологий – и победитель на данном шаге получает большую долю рынка, потребляя большие объемы ресурсов, и т.д. Т.е., вопреки упомянутой во введении теории «рога изобилия», даже удорожание истощаемых ресурсов под действием рыночных механизмов не гарантирует, что стимулы к их сбережению будут достаточно сильными. Авторы упомянутой работы в рамках простой экономико-математической модели показали, что описанное динамическое равновесие вполне может быть устойчивым при реалистичных значениях модельных параметров. Описанная динамика эконо-

мического развития сопровождается ухудшением по Парето, и в конце концов приводит к полному исчерпанию невозобновляемых ресурсов.

В работе [46] говорится о том, что, хотя традиционная экономическая теория (а также технические науки) рассматривает природную среду как нечто неизменное, очевидно, что экономические факторы (посредством техники) влияют на ее состояние и эволюцию. Автор выделяет следующие макропериоды развития экономики: экономика адаптации, экономика биосферы и экономика ноосферы. Некоторые идеи, высказанные в указанной статье, получают развитие в свете изложенных здесь идей, поскольку выбор направления инновационного развития технологий определяет и темпы исчерпания ресурсов.

В жестких природных условиях есть следующие альтернативы: подстроиться под них, или попытаться их изменить. Из модели «ловушки лидерства» следует, что часто выгоднее подстраиваться, обретая конкурентное преимущество, чем добиваться улучшения общих условий. В условиях конкуренции, при наличии явных лидеров, «преобразовательная» деятельность уступает по эффективности «приспособленческой». И лишь в условиях монополии, в т.ч. государственной, или относительно однородного развития конкурентов, более выгодной может стать именно «преобразовательная» деятельность. На первый взгляд, первая альтернатива является более «природосберегающей». Однако всегда ли это так?

Во-первых, жесткость условий может быть, как раз, вызвана деятельностью человека: исчерпанием ресурсов либо загрязнением окружающей среды (что также можно расширенно трактовать как исчерпание ресурсов). В отличие от рассмотренной выше упрощенной модели, цены ресурсов могут возрастать по причине их исчерпания, с чем и сталкиваются многие отрасли экономики. И в условиях ловушки лидерства конкуренты не заинтересованы в изменении тенденции – напротив, лидеру выгодно, чтобы условия и далее ужесточались. Аутсайдеру удорожание ресурсов невыгодно, но инвестировать в их удешевление он тоже нередко не заинтересован, как показано выше. Во-

вторых, даже если не учитывать намеренного ухудшения условий, продолжение расходования исчерпаемых ресурсов – даже при сокращении их удельного расхода – не меняет результата: они рано или поздно будут израсходованы.

Необходимо совместно рассматривать динамику процесса развития технологий и исчерпания ресурсов. Исходя из общего вида зависимостей прибыли игроков от цены ресурсов и от уровня ресурсоемкости используемых ими технологий, можно предположить следующие возможные сценарии.

*а) Кооперация аутсайдеров для повышения доступности ресурсов*

Если выполнены условия ловушки лидерства, лидер заинтересован в удорожании ресурсов, которое происходит естественным образом по мере их исчерпания. При этом аутсайдеры, хотя и терпят ущерб от этого удорожания, но (если только эластичность затрат на НИОКР по цене ресурсов не будет существенно ниже эластичности по уровню ресурсоемкости, т.е.  $r_{рес} \ll r_{g^i}$ ) также более заинтересованы в том, чтобы повышать экономичность своей продукции, а не заботиться о повышении доступности ресурсов. Однако по мере увеличения отставания от лидера в части ресурсоемкости, ценность повышения доступности ресурсов для аутсайдеров растет. В итоге аутсайдеры, если они отстали достаточно сильно, могут в определенный момент

(когда выполнится условие  $\frac{g_{аутсайдер}}{g_{лидер}} > \frac{r_{g_{аутсайдер}}}{2(r_{g_{аутсайдер}} - r_{рес})}$ )

сделать выбор в пользу повышения доступности ресурсов. Если их удельный вес на данном рынке высок, и они смогут скоординировать свои усилия (в т.ч. преодолевая сознательное сопротивление лидера), возможен переход на новую траекторию инновационного развития отрасли.

*б) Конвергенция технологий и последующая кооперация лидера и аутсайдеров*

Необходимо учитывать исчерпание возможностей снижения ресурсоемкости, т.е. прогрессирующий рост  $r_{g_i}$ . Вероятно, первым его испытает на себе лидер – в то же время, пока не будет выполнено условие  $\frac{r_{g_{\text{лидер}}}}{r_{\text{рес}}} > \frac{2g_{\text{лидер}}}{2g_{\text{лидер}} - g_{\text{аутсайдер}}}$ , он, по-прежнему, не имеет стимулов «переключаться» на повышение доступности ресурсов. Тогда аутсайдеры лишь догоняют лидера, а ресурсы продолжают исчерпываться, хотя и все меньшими темпами.

Если аутсайдерам удастся приблизиться к лидеру (поскольку он достиг предела совершенствования технологии, или за счет форсирования собственных усилий), условия ловушки лидерства пропадают (т.е.  $g_{\text{лидер}} \sim g_{\text{аутсайдер}}$ ). И по мере исчерпания возможностей снижения ресурсоемкости, как лидер, так и аутсайдеры получают стимулы к повышению доступности ресурсов. В этой ситуации возможна их кооперация, осознание общих интересов – заметим, именно тогда, когда условия (вследствие совместных действий конкурентов) уже ужесточились до предела. Выражаясь нестрого, все игроки доигрались – и теперь придется выходить из сложившегося критического положения совместными усилиями.

Значительное ухудшение общих условий является мощным стимулом к осознанию общих интересов. Как правило, по достижении определенного порога жесткости этих условий, лидер (т.е. наиболее приспособленный игрок) также терпит ущерб. Подчеркнем, что в рассмотренной упрощенной модели такой эффект не проявляется – здесь лидер получает выигрыш от удорожания ресурсов вне зависимости от их цены, если только его преимущество над конкурентами (в части ресурсоемкости технологий) превосходит определенный порог, и начинает нести потери только после ухода конкурентов. В то же время, в работе [9] приведен реалистичный пример ситуации, в которой, начиная с определенного порога жесткости условий, причем, еще до ухода с рынка аутсайдеров, дальнейшее ужесточение условий уже наносит ущерб и лидеру.

Как правило, ужесточение условий все-таки облегчает согласование интересов, как показано, в частности, в работах Э. Острём. Можно утверждать, что в ряде отраслей к настоящему моменту уже сложилось такое положение дел. Так, например, в выступлении перед членами Национальной академии наук США 27 апреля 2009 г. президент Б. Обама провозгласил в качестве стратегического приоритета инновационного развития страны не столько ресурсосбережение, сколько разработку технологий получения общедоступной энергии без ущерба для окружающей среды [113]. Это, как показано в данном разделе, служит общим интересам всех стран мира, а не только удержанию конкурентного преимущества лидеров технологического развития.

*в) Разорение аутсайдеров и монополизация отрасли*

Описанные выше сценарии подразумевали, что аутсайдеры на протяжении всего процесса остаются на рынке, несмотря на меньшую, в сравнении с лидером, прибыль или даже убыточность. Т.е. они обладают достаточным «запасом прочности». В противном случае, если они уйдут с рынка раньше, лидер-монополист раньше испытает соответствующие проблемы, и будет вынужден перейти к более дальновидной инновационной политике, изыскивая способы расширенного воспроизводства ресурсов. Однако это может произойти слишком поздно, поскольку

- инновационные исследования и разработки, нацеленные на улучшение условий, могут быть длительными;
- ухудшение условий может носить необратимый характер, и за тот период, пока оно представлялось лидеру даже выгодным, может привести к непоправимым последствиям.

Кроме того, процессы развития и смены технологий добычи и использования ресурсов, используемого при этом долговечно-го оборудования, являются чрезвычайно инертными (в т.ч. по причинам, описанным в следующем разделе). Поэтому государству придется принимать на себя функции долгосрочного стратегического планирования инновационных разработок, восполняя «близорукость» частного сектора [95, 85]. Однако нередко

такую эгоистическую близорукость проявляют целые страны, в т.ч. относящиеся к крупнейшим экономикам мира, и возможности блокировать их действия посредством наднациональных институтов (таких, как ООН) у прочих стран – «аутсайдеров» невелики. Таким образом, этим прочим странам (в т.ч. и России) следует объединять усилия с целью совместной разработки и реализации решений, направленных на повышение доступности общих ресурсов. Т.е., следует стремиться к реализации сценария (а) из числа описанных выше, к тому, чтобы мир вырвался из «ловушки лидерства», усугубляющей проблемы ограниченности ресурсов и глобальные социально-экономические противоречия.

### *3.3. ЗАИНТЕРЕСОВАННОСТЬ БИЗНЕСА ВО ВНЕДРЕНИИ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ*

#### **3.3.1. Гипотеза Портера и целесообразность ужесточения экологических стандартов**

Как правило, повышение экологической чистоты и снижение ресурсоемкости производственных технологий требует замены или модернизации долговечного и дорогостоящего оборудования. Причем, нередко такая замена не происходит добровольно, а вызвана ужесточением экологических норм и запретом на дальнейшую эксплуатацию изделий, не удовлетворяющих новому уровню требований. Однако более экологически чистая техника, как правило, и экономически эффективнее, а ущерб окружающей среде сопряжен и с экономическими потерями вследствие перерасхода дефицитных ресурсов. Так, например, высокий расход топлива может быть связан с его неполным, неэффективным сгоранием, что, в свою очередь, порождает значительные выбросы сажи и др. вредных веществ. Таким образом, устраняя источники экологического ущерба, можно одновременно устранить и источники экономических потерь. Нередко улучшение экологических параметров тепловых двигателей (по крайней мере, в части выбросов CO<sub>2</sub>) происходит одновременно с повышением топливной экономичности, поскольку выбросы

CO<sub>2</sub> пропорциональны расходу топлива<sup>1</sup>. В связи с этим, возникает следующая гипотеза: частные агенты сами, без государственного принуждения, заинтересованы в замене старой техники на более экологически чистую. Следовательно, государственное регулирование в области экологии нецелесообразно – свободный рынок автоматически обеспечит повышение экологической чистоты техники.

Наиболее известный сторонник такой точки зрения – известный экономист неоклассического направления М. Портер, поэтому данная гипотеза часто называется *гипотезой Портера*. Примечательно, что, будучи приверженцем либеральных подходов в экономической политике, он не отрицает полностью необходимости принятия законов об охране окружающей среды, однако полагает, что они необходимы лишь в силу ограниченной рациональности предпринимателей. В отсутствие подобных законов они могут не осознавать, что замена техники на более экологически чистую экономически выгодна им самим. Уточненный вариант гипотезы Портера таков: государственное принуждение может явиться начальным импульсом, побуждающим предпринимателей к инновациям. И даже если в краткосрочной перспективе экологическое регулирование приведет к снижению эффективности работы фирм, налагая на них дополнительную нагрузку, то в долгосрочной перспективе инновации, индуцированные этим принуждением, приведут к росту конкурентоспособности. Сами эти тезисы были высказаны в работах [111] и [112], вышедших, соответственно, в 1991 и 1995 гг. С тех пор в зарубежной литературе появился обширный массив исследований, посвященных как теоретической, так и эмпирической проверке данной гипотезы, см., например, [120] и обзорную статью [95]. Отличие предлагаемого здесь подхода от большинства

---

<sup>1</sup> При неизменном *индексе эмиссии*, т.е. отношении объема выбросов к объему потребляемых энергоресурсов. Если в ряде отраслей изделия новых поколений могут обеспечивать более низкие значения индекса эмиссии (например, в стационарной энергетике – за счет улавливания CO<sub>2</sub>, подробнее см. [79]), то на транспорте подобные решения вряд ли реализуемы. Например, CO<sub>2</sub> содержится в реактивной струе авиадвигателя, которая и обеспечивает движение самолета.



предшествующих работ заключается в управленческой постановке проблемы и в непосредственном учете технико-экономических факторов. Из всех известных авторам относительно близкой представляется лишь работа [123], в которой также рассматривается проблема замены долговечной техники на более новую и экологически чистую. Однако во всех зарубежных работах, посвященных анализу гипотезы Портера, внимание уделяется лишь тому, действительно ли повышение экологической чистоты технологий (под влиянием экологической политики) приведет – хотя бы в долгосрочной перспективе – к повышению их экономической эффективности.

На наш взгляд, проверка такой гипотезы «в узком смысле» – задача не столько экономического, сколько инженерного анализа<sup>1</sup>. Здесь же вопрос ставится иначе: допустим, что экологически чистая техника, действительно, экономичнее. Но достаточны ли рыночные стимулы для того, чтобы побудить владельцев к замене техники на более экологически чистую (т.е. справедлива ли гипотеза Портера «в широком смысле»)? Причем, поскольку в данной работе, в отличие от практически всех предшествующих, рассматривается долговечное оборудование, которое в момент появления более экологически чистых технологий может обладать значительным остатком ресурса, основное внимание будет уделено именно ускоренной замене техники, до полной выработки ее ресурса. Для того, чтобы такая замена была экономически выгодной, новые изделия, как показано в работах [31, 43], должны обладать существенно большей экономической эффективностью, чем современные. Т.е. даже в тех случаях, когда гипотеза Портера выполняется «в узком смысле», она обязательно будет справедлива «в широком смысле». Но именно последнее определяет необходимость или необязательность государственного вмешательства в процессы обновления долговечной техники. И если государственное вмешательство все-

---

<sup>1</sup> Разумеется, изменения могут заключаться не только во внедрении новой техники, но и в оптимизации организации бизнеса, и экологические ограничения могут стимулировать фирмы к поиску таких внутренних резервов.

таки потребуются, в каких формах его предпочтительнее осуществлять?

В этом разделе основным объектом приложения разработанного инструментария и полученных с его помощью рекомендаций является гражданская авиация. И хотя данная отрасль ответственна всего лишь за 13% суммарного объема выбросов CO<sub>2</sub> всеми видами транспорта и примерно 2-3% общего объема антропогенных выбросов CO<sub>2</sub>, в ней уже несколько десятилетий уделяется значительное внимание повышению экологической чистоты, а экологические характеристики являются важнейшим фактором в конкурентной борьбе на рынках авиатехники (см. [22]). Ужесточение экологических норм становится инструментом устранения конкурентов с важнейших рынков и стимулирования продаж авиатехники в периоды стагнации на рынках авиаперевозок<sup>1</sup>.

В то же время, методические подходы, изложенные ниже<sup>2</sup>, и полученные в итоге качественные выводы применимы без ограничения общности во всех отраслях, в которых актуально снижение ресурсопотребления и повышение экологической чистоты долговечной техники. Ниже с помощью экономико-математических моделей проведен анализ экономической заинтересованности владельцев долговечного оборудования в его ускоренной замене на более экологически чистое. Выявлены условия, при которых государству придется стимулировать приобретение более экологически чистого оборудования, даже если оно более экономично.

### **3.3.2. Условия целесообразности досрочной замены долговечного оборудования**

Вначале необходимо получить условия, определяющие экономическую заинтересованность владельца в досрочном

---

<sup>1</sup> Эти аспекты подробнее исследованы в предшествующих работах авторов – см. [31, 41, 44].

<sup>2</sup> Впервые они были предложены совместно с А.И. Игнатъевой в работе [42].

списании старой техники и ее замене изделиями нового поколения. Для этого проведем сравнение двух альтернатив: продолжения эксплуатации старого изделия до полной выработки его ресурса, либо, его немедленной замены изделием нового типа. Целевой функцией будем считать затраты владельца. Это оправданно, если старое и новое изделия выполняют сопоставимую работу, или можно привести затраты к единице продукции – например, к летному часу использования воздушного судна, или к пассажиро-километру. Как показано в работах [31, 43], досрочное списание авиатехники становится целесообразным с точки зрения снижения эксплуатационных затрат, когда выполняется следующее неравенство:

$$a^{\text{нов}} = \frac{P^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} < c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}}, \quad (3.7)$$

где  $c_{\text{опер}}^{\text{стар}}$ ,  $c_{\text{опер}}^{\text{нов}}$  - текущие *операционные* затраты в расчете на летный час самолетов, соответственно, старого и нового типов;  $a^{\text{нов}}$  - средняя ставка амортизации нового типа самолетов в расчете на летный час, определяемая как отношение цены самолета нового типа  $P^{\text{нов}}$  к его назначенному ресурсу  $T^{\text{нов}}$ , выраженному в летных часах. Полученное условие интуитивно очевидно: стоимость приобретения нового изделия, приведенная к летному часу, должна быть ниже экономии текущих, операционных затрат. Тогда досрочная замена еще исправного изделия старого поколения будет выгодной. В свою очередь, операционные затраты складываются, прежде всего, из затрат на горюче-смазочные материалы (ГСМ), а также прочих составляющих – расходов на техническое обслуживание и ремонт (ТОиР), на оплату труда экипажей, платежей за услуги аэропортов и авиационных служб, и др., подробнее см. [46]:

$$c_{\text{опер}} = c_{\text{пр}} + g * P_{\text{ГСМ}}, \quad (3.8)$$

где  $c_{\text{пр}}$  - средние «нетопливные» (т.е. прочие, в свете данной работы) затраты в расчете на летный час;  $g$  - удельный

расход топлива, тонн на летный час;  $P_{ГСМ}$  - цена тонны авиатоплива.

Разумеется, описанное условие целесообразности досрочной замены долговечного оборудования является весьма упрощенным – в реальных расчетах следует учитывать

- дисконтирование денежных потоков (снижающее значимость экономии эксплуатационных затрат, распределенной во времени),
- возможные ограничения ликвидности (затрудняющие замену оборудования и технологий, даже если это выгодно согласно приведенным выше критериям),
- неопределенность будущих цен, затрат и доходов, порождающую риск при принятии решений, и индивидуальное отношение инвесторов к этому риску,
- а также целый ряд институциональных факторов, влияющих на процессы обновления оборудования и технологий не меньше, чем технико-экономические (подробнее см. [54]).

В то же время, досрочная замена долговечных изделий, которые могли бы еще безопасно эксплуатироваться, сопряжена не только с дополнительными финансовыми затратами их владельцев, но и с дополнительным расходом различных природных ресурсов, энергии, с экологическим воздействием. По аналогии с условиями экономической эффективности досрочной замены техники, можно получить условия эффективности с точки зрения экономии энергоресурсов и сокращения вредных выбросов.

Несмотря на существенное различие видов энергоносителей, используемых при производстве и эксплуатации авиатехники, энергозатраты на этих этапах ЖЦИ можно привести к сопоставимому виду, выразив их, например, в *т.н.э.* – *тоннах нефтяного эквивалента*. Если приближенно принять энергетическую ценность 1 т авиатоплива равной 1 т.н.э., тогда текущее энергопотребление в расчете на летный час эксплуатации самолета, выраженное в т.н.э., равно среднему часовому расходу

авиатоплива самолетом данного типа  $g$ . Суммарные затраты энергоносителей на производство изделия обозначим  $G$ . Они включают в себя энергозатраты на получение необходимых конструкционных материалов (выплавку металлов и сплавов, синтез пластмасс и т.п.), на их обработку, а также на содержание зданий и сооружений (отопление, освещение и т.п.).

Количественные показатели эмиссии вредных веществ тепловыми двигателями также весьма многообразны. Большое значение имеют выбросы окислов азота, несгоревших частиц сажи, а также одного из основных газов, вызывающих парниковый эффект – углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ). Если учитывать только последний показатель, тогда эмиссия в процессе эксплуатации изделий (в расчете на летный час) связана с потреблением энергоносителей следующим образом:

$$x_{\text{экспл}} = g * e_{\text{экспл}}, \quad (3.9)$$

где  $e_{\text{экспл}}$  – индекс эмиссии  $\text{CO}_2$  на этапе эксплуатации, определяющий объем выбросов  $\text{CO}_2$  при сжигании тонны авиатоплива. Его можно принять равным  $3,125 \text{ т } \text{CO}_2/\text{т.н.э.}$ , см. [10]. Что касается объема эмиссии  $\text{CO}_2$  в процессе производства изделий, обозначенного  $X$ , он имеет специфический характер. Непосредственно производство может почти не создавать вредных выбросов, однако с выбросами сопряжена выработка потребляемой машиностроительными предприятиями энергии. Как правило, это электроэнергия, вырабатываемая на электростанциях. Они, в свою очередь, могут работать на различных видах топлива (природный газ, уголь, нефтепродукты, и т.д.), каждому из которых соответствует свое значение индекса эмиссии, либо могут вообще не сжигать углеводородного топлива (ГЭС, АЭС). Если обозначить средний индекс эмиссии на стадии производства  $\bar{e}_{\text{произв}}$ , можно выразить суммарную эмиссию в процессе производства одного изделия следующим образом:

$$X = G * \bar{e}_{\text{произв}}. \quad (3.10)$$

Показатели расхода энергоносителей  $G$  и  $g$ , а также показатели эмиссии  $X$  и  $x_{\text{экспл}}$  можно трактовать, соответственно, как «энергетические цены» и «экологические цены» производства и эксплуатации изделий. Строго говоря, экологические и энергетические (ресурсные) цены можно трактовать единообразно. С одной стороны, изъятие природных ресурсов, как и производство выбросов, оказывает нагрузку на природу, т.е. и энергетические цены можно рассматривать как экологические. С другой стороны, в современной экономике природопользования производство антропогенных выбросов также трактуется как эксплуатация природных ресурсов (см. [78]), но в расширенном смысле – поскольку под ресурсами подразумеваются и способности окружающей среды поглощать выбросы. Таким образом, и экологические цены можно назвать ресурсными.

В связи с этим, можно ввести обобщающие показатели экологических цен производства и эксплуатации техники, в которые войдут (например, с некоторыми весовыми коэффициентами) потребление ресурсов и производство выбросов. Такие интегральные показатели в любом случае придется вводить даже для измерения экологических цен, поскольку, например, при сжигании топлива образуются вредные выбросы многих видов, подробнее см. [10, 69]. Аналогично, производство изделий сопряжено с расходом не только энергетических, но и других природных ресурсов.

Целесообразно ли, с точки зрения энергосбережения или охраны окружающей среды, досрочное списание изделий старого поколения и их замена на изделия нового типа? Как и при выводе условия (3.7), сравним две альтернативы: продолжение эксплуатации старого изделия до полной выработки остатка ресурса, либо его немедленную замену на новое изделие. В итоге получим условия, подобные условию (3.7) (с точностью до вида цен – экономические, экологические или энергетические). Так, досрочное списание изделий старого поколения и приобретение изделий нового поколения будет эффективным точки зрения энергосбережения только при выполнении следующего неравенства:

$$\frac{G^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} < g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}. \quad (3.11)$$

Т.е. энергозатраты на производство нового изделия, приходящиеся на 1 летный час его ресурса, должны быть ниже, чем разница эксплуатационных энергозатрат старого и нового изделий, приходящихся на летный час. Иначе говоря, энергетическая цена производства нового изделия должна быть ниже разницы энергетических цен эксплуатации старого и нового изделий. Аналогичное соотношение можно получить и для выбросов  $\text{CO}_2$ . Сокращение суммарного ущерба окружающей среде при немедленной замене старых изделий на новые достигается лишь в том случае, если выполняется следующее неравенство:

$$\frac{X^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} < x_{\text{экспл}}^{\text{стар}} - x_{\text{экспл}}^{\text{нов}}. \quad (3.12)$$

При этом следует учитывать, что сокращение удельного уровня внешних эффектов еще не гарантирует снижения их со-вокупного объема. Существует риск проявления эффекта рикошета, изучавшегося в п. 2.2. Например, при внедрении более экономичной техники, обеспечивающей меньший удельный расход энергоносителей и меньший уровень удельных выбросов парниковых газов, цена производимых благ (перевозок, энергии и т.п.) может сократиться, что, в свою очередь, вызовет повышение спроса на них. И если спрос на эти блага эластичен, вполне возможно, что он возрастет в большей степени, чем снизилось удельное потребление ресурсов и удельный уровень выбросов. Таким образом, суммарный объем отрицательных экстерналий возрастет. В п. 2.2.2 выявлены технико-экономические условия проявления эффекта рикошета. Разумеется, государству целесообразно стимулировать обновление технологий, нацеленное на сокращение удельного уровня экстерналий, лишь при условии, что такой риск признан незначительным.

### 3.3.3. Взаимосвязь экономических и экологических аспектов досрочной замены долговечного оборудования

Итак, досрочное списание изделий старого поколения по соображениям сокращения выбросов целесообразно при выполнении условия (3.12), а по соображениям экономии энергоресурсов – при выполнении условия (3.11). Всегда ли при этом владельцы будут экономически заинтересованы в досрочном списании старых изделий, т.е., будет ли выполняться условие (3.7)? По объективным причинам, соотношения экономических, энергетических и экологических цен производства и эксплуатации авиатехники существенно различаются:

$$\frac{P}{c_{\text{опер}}} \neq \frac{G}{g}, \quad \frac{G}{g} \neq \frac{X}{x_{\text{экспл}}}, \quad \frac{X}{x_{\text{экспл}}} \neq \frac{P}{c_{\text{опер}}}.$$

Необходимо учитывать, что цена изделия, помимо стоимости потребленных в процессе производства энергоресурсов, включает в себя целый ряд иных статей затрат: на разработку (*научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы*, НИОКР), на оплату труда производственных рабочих, на закупку сырья и комплектующих изделий и т.д., а также прибыль производителя:

$$P = p_{\text{энерг}} * G + P_{\text{проч}}, \quad (3.13)$$

где  $p_{\text{энерг}}$  – средняя цена энергоресурсов, потребляемых в процессе производства изделий;  $P_{\text{проч}}$  – прочие составляющие цены изделия, не связанные непосредственно с потреблением энергоресурсов.

Пусть вместо неравенства (3.7) выполняется строгое равенство:

$$\frac{P^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} = c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}}, \quad (3.14)$$

т.е. с экономической точки зрения одинаково выгодно как продолжить эксплуатацию старого изделия, так и немедленно заме-



нить его новым. Это граничная ситуация с точки зрения экономической заинтересованности владельцев техники в ее досрочной замене. Перепишем левую и правую части последнего равенства в следующей форме:

$$\frac{P^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} = \frac{p_{\text{энерг}} * G^{\text{нов}} + P_{\text{проч}}^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}};$$

$$c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}} = (c_{\text{пр}}^{\text{стар}} - c_{\text{пр}}^{\text{нов}}) + (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}) * P_{\text{ГСМ}},$$

где  $c_{\text{пр}}^{\text{стар}}$ ,  $c_{\text{пр}}^{\text{нов}}$  - средние «нетопливные» затраты на ТОиР в расчете на летный час самолетов, соответственно, старого и нового типов.

Доля стоимости потребленных энергоресурсов в цене сложной наукоемкой техники, как правило, невелика. Так, по данным источника [92], доля затрат на электроэнергию и топливо в общих издержках всех предприятий авиационного двигателестроения США составляет лишь 1-2%, т.е.  $p_{\text{энерг}} * G \ll P_{\text{проч}}$ . В то же время, на стадии эксплуатации именно затраты на ГСМ становятся, при нынешних ценах на авиатопливо, одной из главных, если не преобладающей статьёй издержек авиакомпаний. И даже относительно небольшая экономия топлива существенно сокращает операционные издержки. Т.е., выполняются следующие соотношения:

$$g * P_{\text{ГСМ}} \sim c_{\text{пр}},$$

$$\text{и } (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}) * P_{\text{ГСМ}} \sim c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}}.$$

Следовательно, при выполнении равенства (3.13), как правило, выполняется следующее неравенство:

$$p_{\text{энерг}} * \frac{G^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} < P_{\text{ГСМ}} * (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}),$$

или (считая, что  $p_{\text{энерг}} \sim P_{\text{ГСМ}}$ ),

$$\frac{G^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} < g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}.$$

Это неравенство совпадает с условием (3.11), и означает, что досрочная замена техники эффективна с точки зрения энергосбережения. Заметим, что такая ситуация складывается при выполнении равенства (3.13), граничного, с точки зрения экономической эффективности такой замены. Таким образом, при выполнении неравенства (3.7), условие (3.11), тем более, выполняется, но обратное справедливо далеко не всегда. Т.е. экономическая заинтересованность владельцев в досрочной замене старой техники не гарантирована, даже когда такая замена целесообразна с точки зрения энергосбережения.

В свою очередь, досрочное списание техники становится целесообразным с точки зрения снижения потребления энерго-ресурсов при условии (3.11), а при выполнении следующего равенства станет одинаково выгодно как продолжить эксплуатацию старого изделия, так и немедленно заменить его новым:

$$\frac{G^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} = g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}} \quad (3.15)$$

Эта ситуация является граничной с точки зрения энергетической эффективности досрочной замены техники. Как правило, среднее значение коэффициента удельной эмиссии на стадии производства ниже (по крайней мере, не выше), чем на стадии эксплуатации ( $\bar{e}_{\text{произв}} < e_{\text{экспл}}$ ). Тогда при выполнении условия (3.15), справедливо следующее неравенство:

$$\bar{e}_{\text{произв}} * \frac{G^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} < e_{\text{экспл}} * (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}).$$

Но, согласно ранее введенным обозначениям,  $\bar{e}_{\text{произв}} * G = X$ , а  $e_{\text{экспл}} * g = x_{\text{экспл}}$ . Поэтому последнее неравенство можно переписать в следующей форме:

$$\frac{X^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} < x_{\text{экспл}}^{\text{стар}} - x_{\text{экспл}}^{\text{нов}},$$

т.е. оно совпадает с условием (3.12). Это означает, что досрочная замена техники оправдана с экологической точки зрения, при выполнении равенства (3.15), граничного, с точки зрения энергетической эффективности такой замены. Таким образом, при выполнении условия (3.11), условие (3.12), как правило, выполняется, но обратное справедливо далеко не всегда. Т.е. целесообразность ускоренной замены старых изделий с экологической точки зрения достигается в более широком диапазоне условий, чем с точки зрения энергосбережения.

Сопоставляя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что экономическая заинтересованность эксплуатирующих организаций в ускоренной замене изделий на технику нового поколения будет достигаться (по мере сокращения расхода топлива изделиями новых типов) позже, чем такая замена станет оправданной как с экологической, так и с энергетической точки зрения. Поэтому, вопреки выводу, сделанному на основе гипотезы Портера противниками государственного вмешательства в экономику, иногда оно необходимо для обеспечения экономии энергоресурсов и сокращения техногенной нагрузки на окружающую среду.

Вывод о необходимости государственного регулирования процессов обновления технологий и оборудования усиливается, если принять во внимание следующие факторы. Всегда ли повышение экологической чистоты техники сопровождается повышением ее экономической эффективности? В качестве единственного вида воздействия тепловых двигателей на окружающую среду здесь рассматривались выбросы  $\text{CO}_2$ , приблизительно пропорциональные расходу топлива, поэтому повышение экологической чистоты изделий сопровождалось и повышением их экономической эффективности.

Однако наряду с выбросами парниковых газов имеет значение и эмиссия иных видов вредных веществ – угарного газа ( $\text{CO}$ ), сажевых частиц ( $\text{C}$ ), окислов азота ( $\text{NO}_x$ ), и т.п., а также шум, производимый летательными аппаратами и другими транспортными средствами, тепловое загрязнение и др.. Связь между уменьшением этих вредных воздействий и сокращением

расхода топлива уже не является прямой и даже монотонной. Ряд специалистов в области проектирования авиадвигателей отмечает [31, 69], что до определенного момента соображения улучшения экологических характеристик и прочих показателей совершенства авиадвигателей не противоречили друг другу. Например, повышение полноты сгорания топлива, как говорилось выше, сокращает не только удельный расход топлива, но и выбросы несгоревших остатков топлива, дымность выхлопа.

Как отмечено в работе [31], сам по себе переход к *двухконтурным турбореактивным авиадвигателям* и повышение *степени их двухконтурности*, целесообразные с точки зрения повышения удельной тяги и топливной экономичности, попутно привели и к радикальному (приблизительно на 20 дБ) сокращению уровня шума. Однако для дальнейшего снижения уровня шума авиадвигателей и эмиссии вредных веществ, производителям приходится внедрять новые, все более сложные и дорогостоящие конструктивно-технологические решения, неоднозначные с экономической точки зрения. Нередко даже приходится оптимизировать конструкцию двигателя не по критериям повышения тяги или сокращения расхода топлива, а именно из соображений снижения уровня шума. Дальнейшее снижение уровня вредных выбросов (за исключением  $\text{CO}_2$ , выбросы которого пропорциональны расходу топлива) также противоречит соображениям экономии топлива. Например, при повышении температуры перед турбиной повышается полнота сгорания топлива, но растет и образование окислов азота ( $\text{NO}_x$ ), и т.п. С аналогичными противоречиями сталкиваются и разработчики автомобильных двигателей (весьма показательна динамика экономичности и экологических показателей двигателей, удовлетворяющих нормам *Euro 1 – Euro 6*).

На данном этапе развития технологий практически исчерпаны резервы улучшения по Парето характеристик тепловых двигателей различных типов, т.е. одновременного улучшения экономических и экологических параметров. Как видно из приведенных примеров, даже требования снижения разных видов экологического воздействия тепловых двигателей на природу могут вступать в противоречие друг с другом. Дальнейшее по-

вышение экологической чистоты техники практически по любому критерию приводит, как правило, к повышению затрат – как на производство изделий, так и на их эксплуатацию. Поэтому, если с общественной точки зрения будет признано целесообразным дальнейшее улучшение экологических параметров тепловой энергетики, автомобильного и авиационного транспорта, вероятнее всего, для достижения этой цели потребуется государственное вмешательство, поскольку даже «в узком смысле» гипотеза Портера уже не выполняется, т.е. повышение экологичности техники ухудшает ее экономические показатели. В связи с этим, попытки ее эмпирической проверки (и, тем более, формирование на ее основе рекомендаций в отношении экологической политики) без учета стадии инновационного развития технологий в той или иной отрасли принципиально некорректны.

### **3.3.4. Экономическое обоснование задач государственной экологической политики на рынках долговечных изделий**

Таким образом, государственное регулирование процессов замены долговечных изделий, оборудования и технологий необходимо в силу недостаточной эффективности «естественных» рыночных стимулов, однако выбор инструментов регулирования требует научного обоснования, которому и посвящена эта работа. Причем, корректный выбор возможен лишь при условии непосредственного учета технико-экономических факторов, особенностей конкретных технологий и динамики их развития.

Как показано выше, в настоящее время, как правило, вначале выполняются «экологическое» и «энергетическое» условия эффективности досрочной замены изделий длительного пользования, т.е. условия (3.11) и (3.12), и лишь затем – «экономическое», т.е. условие (3.7). В итоге приходится стимулировать досрочную замену техники, если она целесообразна с экологи-

ческой точки зрения<sup>1</sup>. Но представим себе, что последовательность выполнения соответствующих условий, по мере совершенствования технологий, была бы обратной. Это означало бы, что экономические субъекты уже экономически заинтересованы в досрочной замене техники, но с экологической и ресурсной точек зрения она неэффективна. Такая гипотетическая ситуация отнюдь не является невероятной – напротив, она не менее распространена, чем та, что обсуждалась в этой работе до сих пор. В разных отраслях и на разных этапах технологического развития могут иметь место различные соотношения экономических, энергетических и экологических цен производства и эксплуатации изделий, а также их изменения по мере совершенствования технологий. И если, например, в гражданском авиастроении сокращение энергетических и экологических цен эксплуатации (т.е. расхода топлива, выбросов CO<sub>2</sub>) даже на верхнем участке S-образной кривой существенно выше соответствующих цен производства новой техники, то в некоторых отраслях – таких, как производство бытовой техники и электроники – напротив, энергетические и экологические цены производства сами по себе существенно выше соответствующих цен эксплуатации (которые, в принципе, могут и не снижаться существенно при появлении новых поколений продукции). Т.е. досрочная замена таких изделий будет заведомо неэффективной с энергетической или экологической точки зрения – но при этом вполне может быть выгодной с экономической точки зрения.

Кроме того, ускоренное обновление потребительских благ длительного пользования может быть вызвано не столько объективными экономическими факторами, сколько субъективными мотивами – изменчивостью моды, рекламой и пропагандой.

---

<sup>1</sup> Здесь рассматривается именно сокращение удельного потребления ресурсов и удельной эмиссии вредных веществ, т.е. приходящихся на единицу продукции (например, на кВтч, летный час или пассажирокилометр). Однако суммарное потребление ресурсов и суммарная эмиссия могут при этом (и благодаря этому) могут даже возрастать. В этом и состоит эффект рикошета, подробно рассмотренный в п. 2.2. Однако в данном разделе рассматривается лишь процесс улучшения удельных параметров технологий.

Для любых производителей товаров длительного пользования их ускоренная замена – один из главных источников спроса, в т.ч. в периоды неблагоприятной экономической конъюнктуры, см., например, [19]. В тех отраслях, в которых объективные экономические стимулы или субъективные факторы приводят к ускоренному обновлению изделий до того, как выполняются условия (3.11) или (3.12), напротив, необходимо принимать меры государственного регулирования, которые тормозили бы экологически неэффективные или даже опасные процессы ускоренного обновления продукции. Провести формальный анализ эффективности таких мер и выбрать наиболее предпочтительные можно по аналогии с анализом инструментов стимулирования ускоренной замены техники, который и проводится в данной работе.

Таким образом, идеальной была бы ситуация, когда пропорции различных видов цен (экономических, энергетических и экологических), а также их изменения в ходе научно-технического прогресса совпадали бы (хотя бы приблизительно). Однако, в силу объективных технико-экономических причин, такая пропорциональность вряд ли будет соблюдаться естественным образом во всех отраслях и на всех стадиях технологического развития. И корректировать возможные дисбалансы придется с помощью государственного вмешательства. Обобщая результаты анализа различных сочетаний экологических и экономических цен, можно сформулировать следующую основную задачу государственной экологической политики на рынках изделий длительного пользования. Необходимо обеспечить сбалансированность системы экологических и экономических цен – таким образом, чтобы досрочная замена техники приблизительно одновременно становилась эффективной как по экономическим, так и по экологическим критериям – без значительного опережения или отставания.

### *ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3*

1. Иногда применение даже немногими состоятельными потребителями более ресурсоемких технологий может лишить

всех остальных потребителей возможности удовлетворять соответствующие потребности, даже если они договорятся о реализации менее ресурсоемкой технологии. Как показано с помощью экономико-математических моделей, такая ситуация, названная «ловушкой эгоизма», наиболее вероятна при наличии состоятельной «элиты», резко выделяющейся уровнем доходов. При этом «элита» не заинтересована в том, чтобы все остальное население также пользовалось технологиями с высокой ресурсоемкостью (поскольку в этом случае также не сможет удовлетворить свои потребности в силу дефицита ресурсов), и может либо стремиться в принципе ограничить доступ к дефицитным ресурсам для остальных потребителей, либо даже способствовать переходу большинства к менее ресурсоемким технологиям.

2. Показано, что традиционный путь устранения «трагедии общин» - обеспечение платного доступа к ресурсам и формирование эффективного рынка ресурсов – не исключает проявления «ловушки эгоизма» при наличии сильного неравенства доходов. Поэтому обоснованы дискреционные меры подавления эгоистических устремлений состоятельного меньшинства – в виде усиленного налогообложения «эгоистических» технологий или даже их прямого запрета при появлении менее ресурсоемких «коллективистских» технологий.

3. Как показал проведенный анализ, рыночная конкуренция может провоцировать выбор таких направлений экономического роста и инновационного развития, которые не позволяют обеспечить повышение благосостояния большинству населения, даже если для этого имеются технологические условия. Более того, она может непосредственно способствовать ухудшению общих условий развития – например, повышению дефицитности общих ресурсов. При достижении определенного порога конкурентного преимущества лидер инновационной гонки может быть совершенно не заинтересован в улучшении общих условий, поскольку лучшая приспособленность к ним приносит ему выигрыш в конкурентной борьбе.

4. Динамика эволюции технологий и исчерпания природных ресурсов зависит от структуры рынков, режима их регули-



рования, неравномерности технологического развития. На конкурентных рынках агенты, как правило, менее заинтересованы в ослаблении ресурсных ограничений, чем на монопольных. Во избежание выбора приоритетов инновационного развития, неэффективных или даже опасных с социальной и экологической точек зрения, может потребоваться ограничение эгоистических устремлений частных агентов, корпораций и государств.

5. Досрочная замена оборудования, имеющего остаток ресурса, эффективна, если цена производства нового изделия ниже разности цен эксплуатации старого и нового изделий (т.е. если экономия в эксплуатации превышает дополнительные затраты, связанные с производством нового изделия). Такое правило справедливо для экономических цен (денежных затрат), энергетических цен (энергозатрат) и экологических цен (вредных выбросов).

6. На данном этапе технологического развития, ускоренная замена тепловых двигателей вначале становится эффективной с экологической и энергетической точек зрения, и лишь затем – с экономической. Поэтому, даже если повышение экологической чистоты транспортного и энергетического оборудования сопровождается повышением его экономичности, естественных экономических стимулов может быть недостаточно для ускоренной замены изделий на более экологически чистые. Для обеспечения обновления парка изделий государство может использовать административное принуждение либо экономическое стимулирование. Для некоторых видов изделий длительного пользования (например, бытовой техники и электроники), наоборот, вначале досрочная замена становится эффективной с экономической точки зрения, и лишь затем – с экологической. В соответствующих отраслях, во избежание излишнего потребления ресурсов и избыточной нагрузки на окружающую среду, целесообразно блокировать излишне частую замену изделий длительного пользования (также экономическими инструментами либо прямым административным принуждением).

## **Глава 4. Стимулирование развития и внедрения «зеленых» технологий**

### **4.1. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДА К РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИМ ТЕХНОЛОГИЯМ**

В ряде отраслей – например, в гражданской авиации, на автомобильном транспорте – ускоренная замена техники на более экологически чистую обеспечивается ужесточением соответствующих стандартов, ограничивающих эксплуатацию изделий старого поколения. Иногда такое ужесточение формально не затрагивает уже эксплуатируемые изделия, а касается только продажи новых, однако реальная практика применения экологических норм свидетельствует о том, что они нацелены именно на ускоренное обновление парка. Впрочем, и в этих случаях владельцы старых изделий могут избежать финансовых потерь, продавая старую технику в страны третьего мира, где приняты менее жесткие экологические нормы, подробнее см. [44]. Однако, помимо прямого административного принуждения, стимулирование государством ускоренного обновления парка долговечной техники может принимать более мягкие формы. Например, эксплуатация изделий старых поколений может облагаться экологическими налогами.

Методический аппарат, предложенный совместно с А.И. Игнатъевой в работе [42], предполагает следующий подход к экономическому обоснованию ставок экологических налогов<sup>1</sup>. Они должны обеспечить экономическую заинтересованность эксплуатирующих организаций в досрочном списании старой техники, если такое списание целесообразно с экологической точки зрения. Используя этот факт, получим оценки минимально необходимого уровня ставок экологических налогов для раз-

---

<sup>1</sup> Здесь рассматривается лишь непосредственное влияние экологического налогообложения на поведение эксплуатирующих организаций. Проблема надлежащего использования собираемых налогов остается за рамками данной работы.

личных форм налогообложения. Итак, необходимо при выполнении условия (3.12) добиться выполнения следующего неравенства<sup>1</sup>:

$$\left( c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}} \right)_{\text{нал}} > a^{\text{нов}}, \quad (4.1)$$

где  $\left( c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}} \right)_{\text{нал}}$  – разность операционных затрат старого и нового изделий с учетом экологических налогов. В принципе, добиться выполнения условия (3.7) можно и воздействуя на цену нового изделия, но лишь в сторону ее уменьшения, т.е. дотируя покупку более экологически чистой техники. Такой механизм также используется в ряде отраслей в наиболее экономически развитых странах мира, подробнее см. п. 4.2. Теоретически, может дотироваться и эксплуатация изделий нового поколения. Однако, несмотря на эквивалентность такого механизма дотированию их приобретения (т.е. уменьшению цены новых изделий) с арифметической точки зрения, именно второй вариант более реалистичен. Принимая решение о выборе изделий длительного пользования, владелец предпочтет единовременную дотацию в виде скидки к цене, чем периодические дотации за их эксплуатацию, которые могут и прекратиться при изменении государственной политики.

#### **4.1.1. Сравнительный анализ прямого налогообложения эксплуатации старой техники и налогообложения выбросов**

Для достижения желаемого соотношения затрат владельцев старой и новой техники, государством могут применяться различные формы налогообложения:

а) экологические налоги могут взиматься непосредственно с каждой единицы использования (например, с летного часа) изделий старого поколения по ставке  $t$ , исчисляемой в денежных единицах за летный час:

---

<sup>1</sup> Здесь и далее в экономико-математических моделях используются условные обозначения, введенные в п. 3.3.

$$\left(c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}}\right)_{\text{нал}} = t + c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}} ; \quad (4.2)$$

б) экологическими налогами может облагаться потребляемое [как старыми, так и новыми изделиями] авиатопливо по ставке  $s$ , исчисляемой в денежных единицах за тонну топлива:

$$\left(c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}}\right)_{\text{нал}} = \left(c_{\text{пр}}^{\text{стар}} - c_{\text{пр}}^{\text{нов}}\right) + \left(g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}\right) * \left(p_{\text{ГСМ}} + s\right); \quad (4.3)$$

в) налогами могут облагаться сами выбросы  $\text{CO}_2$  по ставке  $\lambda$  денежных единиц за тонну выбросов:

$$\left(c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}}\right)_{\text{нал}} = \left(c_{\text{пр}}^{\text{стар}} - c_{\text{пр}}^{\text{нов}}\right) + \left(g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}\right) * \left(p_{\text{ГСМ}} + e_{\text{экспл}} * \lambda\right) \quad (4.4)$$

Последнюю форму экологического налогообложения предполагается применять во многих отраслях. Фактически, этот принцип и положен в основу т.н. *Киотского протокола* [80] – одного из самых масштабных проектов экологического регулирования в мировом масштабе. Поэтому экономический анализ эффективности данного механизма, стимулирующего повышение экологической чистоты технологий, особенно актуален. Сравнение формул (4.3) и (4.4) показывает, что принцип действия двух последних форм налогообложения одинаков (при фиксированном индексе эмиссии, делающем выбросы пропорциональными потреблению топлива).

Пользуясь формулами (4.2-4.4), можно получить оценки минимального уровня ставок экологических налогов, соответствующих описанным формам налогообложения, при которых они будут действенными (т.е. будет выполняться условие (4.1)):

$$t_{\text{мин}} = a^{\text{нов}} - \left(c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}}\right) = a^{\text{нов}} - \left(c_{\text{пр}}^{\text{стар}} - c_{\text{пр}}^{\text{нов}}\right) - \left(g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}\right) * p_{\text{ГСМ}} \quad (4.5)$$

$$s_{\text{мин}} = \frac{1}{g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}} * \left[ a^{\text{нов}} - \left(c_{\text{пр}}^{\text{стар}} - c_{\text{пр}}^{\text{нов}}\right) \right] - p_{\text{ГСМ}} ; \quad (4.6)$$

$$\lambda_{\text{мин}} = \frac{1}{e_{\text{экспл}}} * \left\{ \frac{1}{\left(g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}\right)} * \left[ a^{\text{нов}} - \left(c_{\text{пр}}^{\text{стар}} - c_{\text{пр}}^{\text{нов}}\right) \right] - p_{\text{ГСМ}} \right\} = \frac{s_{\text{мин}}}{e_{\text{экспл}}} . \quad (4.7)$$

Рассмотрим следующий реалистичный пример. Пусть самолеты нынешнего поколения, имеющие значительный остаток

ресурса, потребляют в среднем 2,5 тонны авиатоплива на летный час. На рынке появляются воздушные суда того же класса, но нового поколения, со следующими характеристиками:  $T^{\text{нов}} = 75000$  л.ч.,  $P^{\text{нов}} = 60$  млн. долл.,  $g^{\text{нов}} = 2,0$  т/л.ч. (заметим, что такое сокращение удельного расхода топлива на данном этапе считается очень значительным). Для упрощения расчетов предположим, что прочие, «нетопливные» составляющие эксплуатационных затрат изделий старого и нового поколений различаются незначительно. Тогда различие операционных затрат изделий нынешнего и нового поколения вызвано лишь различными значениями расхода топлива. Условие (3.14) выполняется при цене авиатоплива, равной 1600 долл./т:

$$\frac{P^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} = c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}} = (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}) * P_{\text{ГСМ}}^*$$

$$\Rightarrow P_{\text{ГСМ}}^* = \frac{P^{\text{нов}}}{(g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}) * T^{\text{нов}}} = \frac{60 \text{ млн. долл.}}{0,5 \text{ т/л.ч.} * 75000 \text{ л.ч.}} = 1600 \text{ долл./т.}$$

Если в настоящее время цена авиатоплива ниже этого уровня, авиакомпании будут заинтересованы продолжать эксплуатацию имеющихся воздушных судов до полной выработки ресурса. В то же время, по экологическим соображениям может быть целесообразным их немедленное списание и замена на изделия нового поколения. Даже если принять пессимистическую оценку энергозатрат на производство самолета нового поколения:  $G^{\text{нов}} = 12000$  т.н.э.<sup>1</sup>, и считать, что индексы эмиссии  $\text{CO}_2$  на этапах производства и эксплуатации совпадают:  $\bar{e}_{\text{произв}} = e_{\text{экспл}} = 3,125$  т  $\text{CO}_2$ /т.н.э., условие (3.12) выполняется более чем с трехкратным запасом:

$$\bar{e}_{\text{произв}} * \frac{G^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} = 3,125 \frac{\text{т CO}_2}{\text{т.н.э.}} * \frac{12000 \text{ т.н.э.}}{75000 \text{ л.ч.}} = 0,5 \frac{\text{т CO}_2}{\text{л.ч.}} <$$

---

<sup>1</sup> Некоторые простые оценки энергоемкости производства авиатехники, как из металлов и сплавов, так и из полимерно-композитных материалов, выполнены совместно с А.И. Игнатевой в работе [42].

$$\langle e_{\text{экспл}} * (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}) = 3,125 \frac{\text{т CO}_2}{\text{т.н.э.}} * 0,5 \text{т/л.ч.} = 1,5625 \frac{\text{т CO}_2}{\text{л.ч.}}.$$

В данном примере ускоренная замена старого поколения авиатехники на новое позволит сократить выбросы CO<sub>2</sub> более чем на 1 т в расчете на летный час, даже с учетом дополнительных выбросов в процессе производства новых изделий. Таким образом, в приведенном примере ускоренная замена старых самолетов новыми оправдана с энергетической и экологической точек зрения, но в отсутствие государственного вмешательства экономически невыгодна авиакомпаниям. Государство, руководствуясь соображениями защиты окружающей среды, может прибегнуть к прямому запрету эксплуатации изделий старого поколения, либо ввести экологические налоги.

Какая форма экологического налогообложения, из числа описанных выше, наиболее предпочтительна? Экономисты либерального направления рекомендуют использовать в государственной экономической политике *встроенные регуляторы*, которые, задавая общие для всех экономических агентов правила игры, автоматически обеспечивают желаемые изменения. Этому принципу лучше соответствует налогообложение потребляемого авиатоплива или выбросов CO<sub>2</sub>. В то же время, непосредственное налогообложение эксплуатации изделий старого поколения, как и прямой запрет на их эксплуатацию, относятся к *дискреционным* мерам. Если при использовании встроенных регуляторов всех экономических агентов помещают в однородную экономическую среду, стимулирующую желательные изменения, то дискреционные меры избирательны и направлены на конкретных агентов. Высокая селективность, присущая таким мерам, порождает коррупционные риски.

Однако прежде чем учитывать коррупционные аспекты, следует проанализировать принципиальную реализуемость и действенность той или иной политики. Пользуясь формулами (4.6-4.7), оценим минимальный уровень ставок экологических налогов, при котором авиакомпании в приведенном примере примут решение о досрочном обновлении парка авиатехники, если текущая цена авиатоплива равна 1000 долл./т.

Если налогом непосредственно облагается эксплуатация старых изделий, минимально необходимая ставка за летный час составит (см. формулу (4.5))

$$t_{\min} = a^{\text{нов}} - (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}) * p_{\text{ГСМ}} = \\ = \frac{60 \text{млн. долл.}}{75000 \text{л.ч.}} - 0,5 \text{т/л.ч.} * 1000 \text{долл./т} = 300 \text{долл./л.ч.}$$

Если налогом облагается потребляемое авиатопливо, ставка налога фактически должна повысить его цену до уровня, при котором авиакомпания добровольно откажется от эксплуатации авиатехники старого поколения, т.е. до  $p_{\text{ГСМ}}^*$  (см. формулу (4.6)):

$$s_{\min} = p_{\text{ГСМ}}^* - p_{\text{ГСМ}} = 1600 \text{долл./т} - 1000 \text{долл./т} = 600 \text{долл./т.}$$

Если налогами облагаются сами выбросы  $\text{CO}_2$ , минимально необходимая ставка составит (согласно формуле (4.7))

$$\lambda_{\min} = \frac{s_{\min}}{e_{\text{экспл}}} = \frac{600 \text{долл./т}}{3,125 \frac{\text{т } \text{CO}_2}{\text{т.н.э.}}} = 192 \frac{\text{долл.}}{\text{т } \text{CO}_2}.$$

Заметим, что в случае применения двух последних форм государственного регулирования возрастут затраты на эксплуатацию не только старых, но и новых изделий. Величину этого прироста можно оценить, подставив формулы минимально необходимых ставок экологических налогов (4.6), (4.7) в выражения для эксплуатационных затрат.

При налогообложении выбросов  $\text{CO}_2$  минимальный (т.е. достигаемый при минимально действенных ставках налогов<sup>1</sup>) прирост эксплуатационных затрат для самолетов нового поколения составит

---

<sup>1</sup> Меньшие ставки налогов не приведут к желаемому результату, т.е. не обеспечат экономической заинтересованности авиакомпаний в ускоренной замене авиатехники на более экологически чистой.

$$\Delta c_{\lambda}^{\text{нов}} = x^{\text{нов}} \cdot \lambda_{\text{min}} = 6,25 \text{ т } CO_2 / \text{л.ч.} \cdot 192 \text{ долл.} / \text{т } CO_2 = 1200 \text{ долл.} / \text{л.ч.}$$

а для самолетов старого поколения –

$$\Delta c_{\lambda}^{\text{стар}} = x^{\text{стар}} \cdot \lambda_{\text{min}} = 7,8125 \text{ т } CO_2 / \text{л.ч.} \cdot 192 \text{ долл.} / \text{т } CO_2 = 1500 \text{ долл.} / \text{л.ч.}$$

(при налогообложении топлива результаты будут такими же, в силу эквивалентности этих механизмов).

Разность этих дополнительных расходов также составит 300 долл./л.ч. Но при этом дополнительные эксплуатационные затраты владельцев новых самолетов составят 1200 долл./л.ч., что более чем существенно на фоне затрат на ГСМ (2000 долл./л.ч.), амортизации (800 долл./л.ч.) и других эксплуатационных затрат. Иначе говоря, последствия введения таких налогов эквивалентны последствиям удорожания авиатоплива на 60%. Такое повышение эксплуатационных затрат (полученное в рамках вполне реалистичного примера) является чрезвычайно значимым (если не катастрофичным) для авиакомпаний.

Подчеркнем, что в случае налогообложения внешних эффектов значительное повышение затрат затронет не только компании, эксплуатирующие старые изделия, но даже фирмы, заменившие их на изделия нового поколения. В результате ослабевают стимулы к ускоренному обновлению техники, поскольку достигаемое благодаря нему сокращение эксплуатационных затрат, на фоне существенно возросшего общего уровня затрат, в относительном выражении невелико. Кроме того, столь существенное повышение эксплуатационных затрат подрывает финансовые возможности фирм, сокращает их инвестиционные ресурсы, блокируя процессы обновления парка оборудования.

Аналогичные выводы получены в работе [71] на основе макроэкономического анализа производственно-экономических показателей основных отраслей российской экономики. В этой работе показано, что, если бы отечественным промышленным предприятиям пришлось компенсировать наносимый ими экологический ущерб по «справедливым» ставкам<sup>1</sup>, а не по симво-

---

<sup>1</sup> В свою очередь, методические подходы к корректной оценке экологического ущерба (включающие в себя, в частности, уточнение самой



лическим ставкам экологических штрафов, действующим в настоящее время, стали бы глубоко убыточными все отрасли российской промышленности, кроме топливной промышленности и металлургии (т.е. отраслей, в наибольшей степени ответственных за загрязнение окружающей среды и истощение природных ресурсов).

Возможно, приведенный расчетный пример представляет собой лишь искусственно подобранный частный случай, характеризующийся чрезвычайно неблагоприятным набором параметров? Оценим в общем виде прирост издержек для изделий нового поколения в том случае, если налог взимается с тонны выбросов. Прежде всего, сравнивая формулы (4.6) и (4.7), заметим, что минимально необходимая ставка штрафа за выбросы может быть аналитически выражена через минимально необходимую ставку прямого налога на эксплуатацию старых изделий:

$$\begin{aligned} \lambda_{\min} &= \frac{a^{\text{нов}} - (c_{\text{пр}}^{\text{стар}} - c_{\text{пр}}^{\text{нов}}) - p_{\text{ГСМ}} \cdot (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}})}{e_{\text{экспл}} \cdot (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}})} = \\ &= \frac{a^{\text{нов}} - (c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}})}{e_{\text{экспл}} \cdot (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}})} = \frac{t_{\min}}{e_{\text{экспл}} \cdot (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}})}. \end{aligned} \quad (4.8)$$

Теперь остается оценить прирост издержек для изделий нового поколения в том случае, если взимается налог с выбросов (по минимально необходимой ставке, определяемой формулой (4.7)):

$$\Delta c_{\lambda}^{\text{нов}} = g^{\text{нов}} \cdot e_{\text{экспл}} \cdot \lambda_{\min} = \frac{g^{\text{нов}} \cdot e_{\text{экспл}} \cdot t_{\min}}{e_{\text{экспл}} \cdot (g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}})} = \frac{g^{\text{нов}}}{g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}} \cdot t_{\min} \quad (4.9)$$

Как следует из полученного соотношения, прирост затрат владельцев новой техники был бы ниже, чем прямой налог на

категории: под экологическим ущербом следует понимать не вред, наносимый абстрактной «природе», а именно измеримый объективно ущерб конкретным экономическим субъектам вследствие снижения качества природной среды) предложены тем же автором в работе [69].

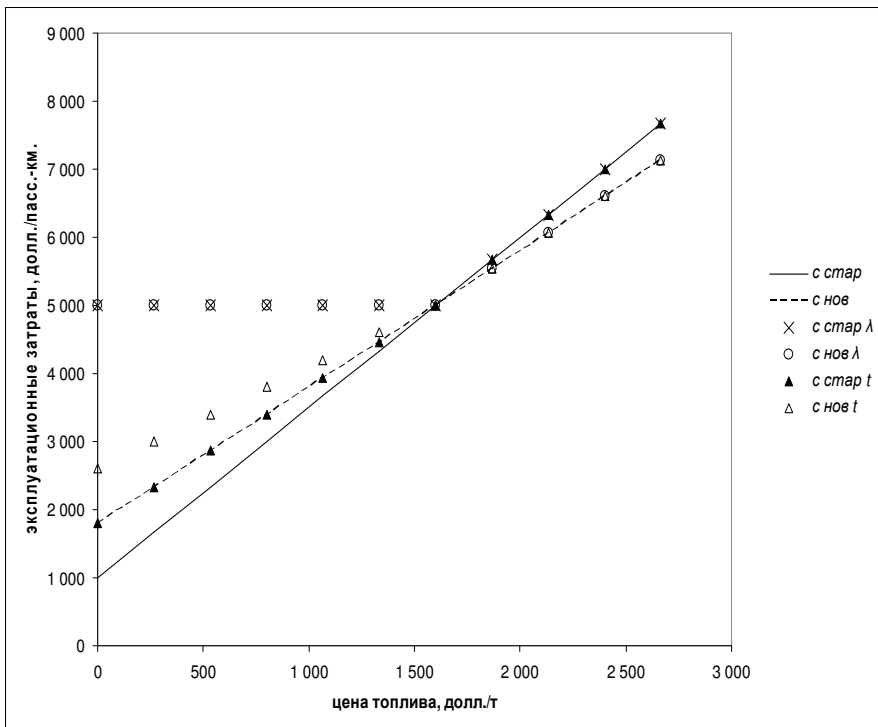
владельцев старых изделий только в том случае, если бы показатели эмиссии при переходе на новое поколение авиатехники сокращались, по меньшей мере, вдвое:

$$\Delta c_{\lambda}^{\text{нов}} < t_{\text{min}}, \text{ при } g^{\text{нов}} < g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}, \text{ т.е. } g^{\text{нов}} < \frac{g^{\text{стар}}}{2}.$$

Тогда и доля экологических налогов в структуре эксплуатационных затрат становилась бы при покупке изделий нового поколения малой. Однако это возможно лишь при замене чрезвычайно «грязных» в экологическом отношении изделий на существенно более экологически чистые. Кроме того, при многократном сокращении выбросов  $\text{CO}_2$ , вероятнее всего, и расход топлива сокращался бы в несколько раз, что автоматически обеспечивало бы экономическую заинтересованность авиакомпаний в досрочном списании старых изделий. Тогда и необходимость в государственном вмешательстве отпала бы. Однако к настоящему моменту соответствующий этап развития технологий в большинстве отраслей транспорта и в тепловой энергетике уже пройден. Как в отношении повышения экономичности, так и в отношении улучшения экологических характеристик тепловых двигателей, возможности совершенствования традиционных конструкций и технологий близки к исчерпанию. В теории технологической динамики процесс развития технологий представляется, в простейшем виде, S-образной кривой, изображенной на рис. 1.17 и 3.7. В настоящее время многие технологии на транспорте, в энергетике и др. находятся на заключительном участке S-образной кривой. Поэтому, напротив, имеют место следующие соотношения:

$$g^{\text{нов}} \approx g^{\text{стар}}, \text{ т.е. } g^{\text{нов}} \gg g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}, \Rightarrow \Delta c_{\lambda}^{\text{нов}} \gg t_{\text{min}}.$$

Различие принципов действия описанных механизмов стимулирования и их эффективности можно наглядно показать на рис. 4.1.



**Рис. 4.1. Сравнение эксплуатационных затрат для старых и новых изделий при различных способах стимулирования обновления парка (пример 1)**

На нем изображены графики изменения по мере увеличения цены топлива следующих величин (расчеты проведены с использованием исходных данных вышеприведенного примера; прочие составляющие эксплуатационных расходов для старого и нового типов изделий приняты равными 1000 долл./л.ч.):

- стоимости летного часа самолетов старого и нового типов<sup>1</sup> в отсутствие государственного регулирования (немаркированные линии — соответственно, сплошная и штриховая).

<sup>1</sup> Для изделий нового типа — с учетом амортизации, поскольку на их приобретение придется нести дополнительные издержки, тогда как изделия старого типа уже имеются.

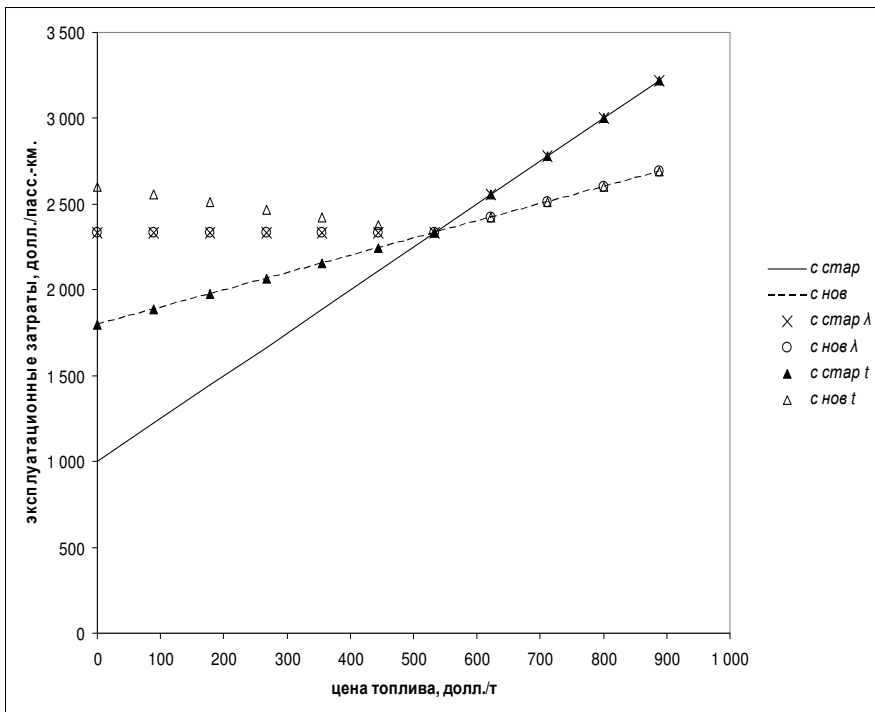
Видно, что досрочная замена авиатехники становится выгодной лишь при цене авиатоплива свыше 1600 долл./т;

- стоимости летного часа самолетов старого и нового типов (соответственно, крестообразные и круглые маркеры) при налогообложении выбросов по минимально необходимому, при данной цене топлива, ставкам. Видно, что при ценах авиатоплива, меньших 1600 долл./т, этот механизм повышает эксплуатационные затраты как для старого, так и для нового типов самолетов до 5000 долл./л.ч., т.е. до уровня, достигаемого при цене авиатоплива 1600 долл./т;

- стоимости летного часа самолетов старого типа (черные треугольные маркеры) при непосредственном налогообложении их эксплуатации по минимально необходимому, при данной цене топлива, ставкам. Видно, что при ценах авиатоплива, меньших 1600 долл./т, этот механизм повышает эксплуатационные затраты для старого типа самолетов до уровня эксплуатационных затрат нового типа самолетов, с учетом амортизации;

- стоимости летного часа самолетов нового типа (белые треугольные маркеры) при непосредственном налогообложении их эксплуатации по тем же ставкам, которыми облагается эксплуатация самолетов старого типа. Видно, что даже такое, очевидно несправедливое налогообложение повысит эксплуатационные затраты для нового типа самолетов существенно меньше, чем «справедливое» налогообложение выбросов (так, например, при цене авиатоплива 1000 долл./т – до 4100 долл./л.ч. против 5000 долл./л.ч.)

Качественно иная ситуация наблюдалась бы лишь в том случае, если бы удельный расход топлива при переходе к новому поколению авиатехники сокращался бы более, чем вдвое – например, до 1 т/л.ч. (что, очевидно, нереально в обозримом будущем). Соответствующие графики приведены на рис. 4.2.



**Рис. 4.2. Сравнение эксплуатационных затрат для старых и новых изделий при различных способах стимулирования обновления парка (пример 2)**

Впрочем, в этом случае ускоренную замену морально устаревших изделий не пришлось бы стимулировать при современных ценах на авиатопливо, поскольку условие (3.7) выполнялось бы естественным образом.

Для большей наглядности можно представить разницу между двумя обсуждаемыми подходами к регулированию следующим образом. Если дискреционные инструменты непосредственно воздействуют на «желательные» или «нежелательные» объекты регулирования (помогая первым «остаться на плаву», а вторым – «утонуть»), то встроенные регуляторы «погружают» и тех, и других в однородную среду, и эффект регулирования достигается естественным образом за счет «разности плотностей»

(например, налогооблагаемых внешних эффектов). Однако, если эта разность невелика, что и наблюдается на заключительном участке S-образной кривой, для создания необходимой «разности сил» приходится «погружать» всех участников в настолько неблагоприятную среду, что в ней, вероятнее всего, «утонут» все.

#### **4.1.2. Корректировка ставок экологических налогов с учетом «провалов государства»**

Итак, даже минимально необходимые ставки налогов на выбросы на заключительном участке S-образной кривой могут привести к существенному повышению затрат и для владельцев новой, более экологически чистой техники, в то время как налогообложение старых изделий на них, официально, вообще не распространялось бы. Однако наибольшие – и, следует признать, отнюдь не обосновательные – опасения у экономистов либерального направления вызывает реальная практика применения дискреционных мер. То, что управляющие воздействия реализуются не в «автоматическом», а «в ручном режиме», открывает значительные возможности коррупции, оппортунистического поведения чиновников, принимающих решения, т.н. *поиска ренты* с их стороны. Вполне возможно, что при непосредственном налогообложении эксплуатации старой техники владельцам оборудования нового поколения придется доказывать чиновникам, что их не следует облагать соответствующими налогами. И нельзя исключать возможность несправедливого применения к ним этих налогов – несмотря на то, что они уже понесли дополнительные издержки на повышение экологической чистоты своего оборудования.

Однако, как это ни парадоксально, даже очевидно несправедливое применение дискреционных мер (в данном случае – непосредственного налогообложения старой техники) может оказаться для владельцев новой техники более выгодным, чем справедливое (по определению) применение встроенных регуляторов (т.е. налогообложения выбросов). Рассмотрим затраты

владельца новой техники, которого несправедливо облагают налогом на эксплуатацию старой техники по ставке  $t_{\min}$ <sup>1</sup>:

$$c_t^{\text{нов}} = c^{\text{нов}} + t_{\min},$$

и сравним их с затратами владельца новой техники в случае налогообложения выбросов по ставке  $\lambda_{\min}$ :

$$c_{\lambda}^{\text{нов}} = c^{\text{нов}} + \Delta c_{\lambda}^{\text{нов}} = c^{\text{нов}} + \frac{g^{\text{нов}}}{g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}} \cdot t_{\min}.$$

Найдем пороговое соотношение удельного расхода топлива старых и новых изделий, при котором первый вариант будет выгоднее для владельца изделий:

$$c_t^{\text{нов}} < c_{\lambda}^{\text{нов}}, \text{ при } t_{\min} < \frac{g^{\text{нов}}}{g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}} \cdot t_{\min},$$

$$\text{или } g^{\text{нов}} > g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}, \text{ т.е. } g^{\text{нов}} > \frac{g^{\text{стар}}}{2}.$$

Итак, если для изделий нового поколения не удастся снизить удельный расход топлива, хотя бы, вдвое, минимально действенные ставки налогов на выбросы будут столь высоки, что даже владельцы новой техники, скорее, предпочтут стать жертвой несправедливого применения прямых налогов на эксплуатацию старых изделий. Как показано выше, в п. 3.3, на данном этапе развития технологий не приходится рассчитывать на столь радикальное повышение топливной экономичности тепловых двигателей – напротив, как было отмечено выше, вероятнее всего,  $g^{\text{нов}} \approx g^{\text{стар}}$ . Следовательно, на данном этапе технологического развития многих отраслей экономики дискреционные меры стимулирования ускоренной замены техники на более экологически чистую более предпочтительны для объектов регулирования, чем встроенные регуляторы, даже с учетом коррупцион-

---

<sup>1</sup> Впервые такой анализ был предпринят совместно с С.А. Гривским и А.И. Игнатъевой в работе [40].

ных рисков. Этот вывод, неочевидный без проведенного выше технико-экономического анализа, может иметь большое значение для обоснования государственной экономической политики.

При анализе эффективности дискреционных инструментов и определении их количественных параметров необходимо учитывать коррупционные риски. Если владелец оборудования руководствуется критерием ожидаемой полезности, можно найти пороговую вероятность несправедливого обложения владельцев новой техники налогом на эксплуатацию старых изделий, по достижении которой всякие стимулы к обновлению оборудования пропадают. Здесь рассмотрен случай нейтрального отношения к риску; если же агенты не расположены к риску, вышеуказанный порог сокращается. Пусть вероятность стать жертвой несправедливого применения налога равна  $p < 1$ . Тогда владелец старой техники, продолжая ее эксплуатацию, гарантированно несет издержки в размере  $c_t^{\text{стар}} = c^{\text{стар}} + t$ . В то же время, заменяя технику на новую и более экологически чистую, он приобретает лотерею:

- с вероятностью  $(1-p)$  он будет нести издержки в размере  $c^{\text{нов}}$ ;
- с вероятностью  $p$  он подвергнется несправедливому обложению налогом  $t$ , и его издержки возрастут до уровня  $c_t^{\text{нов}} = c^{\text{нов}} + t$ .

Таким образом, ожидаемый уровень затрат владельца новой техники с учетом коррупционных рисков составит

$$\bar{c}^{\text{нов}} = p \cdot (c^{\text{нов}} + t) + (1-p) \cdot c^{\text{нов}} = c^{\text{нов}} + p \cdot t. \quad (4.10)$$

Выше считалось (см. формулу (4.5)), что минимально действенная ставка налога на эксплуатацию старого изделия  $t_{\min}$  должна уравнивать эксплуатационные затраты владельцев новой техники (с учетом амортизации) и старой, т.е.  $c_t^{\text{стар}} = c^{\text{нов}}$ . Однако, если учесть коррупционные риски, при такой ставке



налога замена техники на новую останется заведомо невыгодной. Следовательно, минимально действенная ставка налога на эксплуатацию старой техники должна удовлетворять следующему условию:

$$\bar{c}^{\text{нов}} < c_t^{\text{стар}}, \text{ или } c^{\text{нов}} + p \cdot t < c^{\text{стар}} + t, \text{ т.е.}$$

$$t_{\min} = \frac{c^{\text{нов}} - c^{\text{стар}}}{1 - p}. \quad (4.11)$$

Таким образом, чем выше коррупционные риски, тем выше должна быть ставка дискреционного налога, чтобы он оказывал стимулирующее воздействие. В то же время, выше было обосновано, что дискреционное налогообложение предпочтительнее встроенного регулятора (в виде платежей за выбросы) именно потому, что ставки могут быть сравнительно невысокими. Сохранится ли такое соотношение с учетом коррупционных рисков? Фактически, ставку налога на эксплуатацию старых изделий следует умножать на  $\frac{1}{1-p}$ . Но и с учетом коррупционного

риска такой налог останется априори предпочтительнее для владельца новой техники, чем налог на выбросы, при выполнении следующего условия:

$$\bar{c}^{\text{нов}} = c^{\text{нов}} + p \cdot t < c_{\lambda}^{\text{нов}}$$

где  $c_{\lambda}^{\text{нов}} = c^{\text{нов}} + \Delta c_{\lambda}^{\text{нов}} = c^{\text{нов}} + \frac{g^{\text{нов}}}{g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}} \cdot (c^{\text{нов}} - c^{\text{стар}})$ .

Таким образом, ставка налога на летный час эксплуатации изделий старого типа должна быть не выше следующего уровня (условие предпочтительности перед налогообложением выбросов):

$$t_{\max} = \frac{g^{\text{нов}}}{g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}} \cdot \frac{c^{\text{нов}} - c^{\text{стар}}}{p}, \quad (4.12)$$

и одновременно, как показано выше – не менее  $t_{\min} = \frac{c^{\text{нов}} - c^{\text{стар}}}{1 - p}$  (условие действенности с точки зрения стимулирования обновления техники, см. формулу (4.11)).

Диапазон допустимых ставок налога  $(t_{\min}; t_{\max})$  будет непустым, если  $\frac{g^{\text{нов}}}{g^{\text{стар}} - g^{\text{нов}}} > \frac{p}{1 - p}$ . Вероятность того, что владелец новой, более экологически чистой техники подвергнется штрафу за использование старой техники, должна удовлетворять следующему неравенству (полученному преобразованием вышеуказанного условия непустоты диапазона допустимых ставок налога):

$$p < p_{\text{кр}} = \frac{g^{\text{нов}}}{g^{\text{стар}}}.$$

Заметим, что, чем радикальнее повышение топливной экономичности изделий нового поколения, тем ниже допустимый уровень коррупционного риска. И наоборот, если улучшение технико-экономических параметров изделий замедляется ( $g^{\text{нов}} \approx g^{\text{стар}}$ ), экономические агенты будут более «терпимо» относиться даже к высокому риску несправедливого применения дискреционных мер, предпочитая его «справедливым» и «беспристрастным», но слишком жестким встроенным регуляторам.

Разумеется, если коррупция станет тотальной, т.е. если все владельцы новой техники будут гарантированно<sup>1</sup> несправедливо облагаться налогом на эксплуатацию старых изделий ( $p \equiv 1$ ), стимулирующий эффект таких мер пропадет, поскольку априори не будет выгодно инвестировать в приобретение новой техники. В то же время, в рамках данной работы не представляется возможным описать все многообразие проявлений «отказов го-

---

<sup>1</sup> Впрочем, в этом случае уже не приходится говорить о «коррупционных рисках», поскольку понятие «риск», при всей широте его интерпретации, все-таки, обязательно связано с неопределенностью.

сударства» (начиная, хотя бы, с уклонения экономических агентов от уплаты любых экологических налогов и штрафов), не говоря уже о выработке мер противодействия этим явлениям.

#### **4.1.3. Методические проблемы регулирования процессов обновления технологий и долговечного оборудования**

Таким образом, сравнительная эффективность различных инструментов государственного регулирования – дискреционных мер и встроенных регуляторов – зависит от стадии инновационного развития технологий. В частности, на заключительном участке S-образной кривой сами экономические агенты предпочтут именно дискреционные меры, причем, для них становится приемлемым даже высокий уровень риска коррупции или ошибки чиновников.

К сожалению, зачастую выбор инструментов стимулирования обновления технологий диктуется в большей степени идеологическими догмами, а не прагматическим расчетом. Обоснование методов (да и самой целесообразности) государственного регулирования экономического развития – одна из самых политизированных проблем экономической науки (подробнее см. [34]), что, разумеется, не способствует ее непредвзятому анализу и принятию рациональных решений. Данная работа отчасти восполняет дефицит методов объективного обоснования соответствующих решений.

Заметим, что и встроенные регуляторы не свободны от коррупционных рисков – они проявляются на стадии определения уровня налогооблагаемых негативных эффектов (вредных выбросов, и т.п.) И если в рассмотренном примере уровень выбросов CO<sub>2</sub> в принципе не требуется измерять точно – поскольку он (в силу постоянства индекса эмиссии) пропорционален потреблению топлива, можно «привязать» соответствующий налог к приобретению топлива, то во многих других случаях – хотя бы даже применительно к вредным выбросам других видов – риск соответствующей ошибки весьма высок. Кроме того, и ставки унифицированных налогов могут быть установлены на завы-

шенном уровне, превышающем уровень  $\lambda_{\min}$ , минимально необходимый для стимулирования ускоренной замены техники. Это – также источник коррупционных рисков.

Помимо коррупции, в числе «провалов государства» - и его ограниченная рациональность. Ставки экологических налогов могут быть установлены на уровне

- ниже минимально необходимых, определяемых формулами (14-16) – тогда они не будут действенными;
- существенно выше минимально необходимых, что повлечет за собой избыточные затраты владельцев оборудования, не оправданные даже целями государственного регулирования.

Даже если регулирующие органы руководствуются предложенным здесь методическим аппаратом, необходимо учесть эффект инерции ставок экологических налогов по мере изменения цены ГСМ (а эти цены могут изменяться весьма быстро). До сих пор предполагалось, что ставки разнообразных налогов, стимулирующих ускоренную замену техники на более экологически чистую, рассчитаны точно для действующей цены ГСМ. Однако очевидно, что в реальности ставки налогов будут рассчитаны, исходя из цены в какой-то определенный момент времени (притом, что она весьма существенно различается в разных регионах и на разных рынках), причем, «с запасом», и в дальнейшем не могут пересматриваться при каждом изменении цены ГСМ. Как при этом будут меняться эксплуатационные затраты владельцев старой и новой техники при различных формах налогообложения? Как будут меняться соотношения этих затрат между собой и, следовательно, эффективность соответствующих механизмов стимулирования? Очевидно, что по мере удорожания ГСМ возрастут затраты владельцев как старой, так и новой техники, причем, старой – в большей степени. Т.е. усилятся естественные стимулы к обновлению оборудования и технологий. В то же время, ставки экологических налогов, рассчитанные для меньшей цены ГСМ, при более высокой цене будут избыточными. Соответственно, дополнительные затраты и потери владельцев техники будут выше минимально необходимо-

го уровня. При налогообложении эксплуатации старых изделий, это коснется (без учета риска коррупции или ошибок чиновников) только их владельцев, а при налогообложении вредных выбросов избыточные затраты понесут все владельцы оборудования.

Помимо изученных выше, необходимо учитывать еще ряд факторов, влияющих на выбор инструментов государственного регулирования в сфере обновления технологий и оборудования.

### *1) Проблема многообразия технологий*

Заметим, что на рынке может быть представлено не единственное новое поколение изделий, а несколько типов, отличающихся уровнями эксплуатационных расходов, удельного расхода ресурсов и уровня выбросов. То же самое касается и старых технологий. В этом случае следует построить дифференцированную систему налогообложения, с различными ставками для разных типов изделий, стимулируя замену части моделей на более современные – что, фактически, и делается в ряде зарубежных стран даже на рынках бытовых электроприборов различных классов энергопотребления<sup>1</sup>. В то же время, усложнение правил и усиление селективности регулирования влечет за собой повышение рисков проявления вышеописанных «провалов государства».

### *2) Противоречия между различными функциями налогов*

Помимо стимулирующей функции налогов, следует учитывать и их фискальную функцию. Прямые налоги на старую технику в рассмотренном случае (на заключительном участке S-образной кривой) существенно ниже (в расчете на единицу продукции), чем налоги на выбросы – тем более, что последние взимаются и с владельцев новой техники. Т.е. на первый взгляд, государство более заинтересовано именно в налогообложении выбросов, которое позволит ему получить многократно большую сумму налоговых сборов. Однако, как уже говорилось выше, значительный прирост эксплуатационных затрат, неизбеж-

---

<sup>1</sup> Подробнее об этом написано далее в этой же главе.

ный при введении налогов на выбросы по минимально действенным ставкам, может привести к подавлению рынков соответствующих благ и сокращению объема налоговых сборов. Этот эффект, выражаемый т.н. *кривой Лаффера*, хорошо известен в экономике общественного сектора (см. [35]).

Для компенсации ущерба от отрицательных внешних эффектов, именно налогообложение экстерналий (как от старых, так и от новых изделий) является теоретически единственно правильным механизмом. Однако на практике отрицательные внешние эффекты – например, в экологической сфере – не поддаются полной интернализации<sup>1</sup>. Кроме того, как показано, например, в работе [69], многие отрасли экономики – не только в России, но и за рубежом, даже при относительно экологически чистых технологиях – в принципе не смогли бы компенсировать экологический ущерб всем заинтересованным сторонам, если бы он был рассчитан на основе принципа восстановления исходного состояния природной среды. Однако на этом основании прекратить функционирование современной экономики было бы не вполне конструктивно. Поэтому более реалистичной задачей госрегулирования процессов обновления технологий является, на наш взгляд, именно стимулирование скорейшей замены техники на более совершенную (экологически чистую, безопасную и т.п.) из числа доступных альтернатив.

### *3) Проблема преодоления технологического разрыва*

Именно в описанной ситуации исчерпания возможностей совершенствования современных технологий, т.е. на заключительном участке S-образной кривой, как правило, имеет место технологический разрыв (см. рис. 1.17). Появляются принципиально новые технологии, которые имеют существенно лучшие перспективы, но на начальных стадиях развития могут даже уступать современным, как с экономической, так и с экологиче-

---

<sup>1</sup> Причины кратко упомянуты во введении и описаны, например, в работе [54].

ской точек зрения. С определенного момента<sup>1</sup> может стать более целесообразным стимулировать не переход на более современные версии исчерпавшей себя технологии, а на новую технологию. Однако в ситуации технологического разрыва новая технология уступает даже лучшим реализациям старой. Т.е. придется стимулировать переход на худшую технологию, а не на «недостаточно лучшую», как предполагалось в ранее построенных моделях. Разумеется, в таких условиях встроенные регуляторы становятся априори неэффективными при любых ставках, а дискреционные меры остаются единственным действенным инструментом регулирования.

Подчеркнем, что в ситуации технологического разрыва приходится стимулировать внедрение новой технологии, уступающей старым, именно в расчете на то, что по мере своего развития новая технология превзойдет старые. В то же время, этот расчет может не оправдаться, в чем проявляется риск ограниченной рациональности государства. Кроме того, поддерживая на первых порах приобретение изделий нового поколения, нельзя допускать консервации их отсталости, гибко пересматривая ставки налогов (как видно из формул (4.6-4.7), это необходимо делать и по мере усиления естественных стимулов к обновлению парка – например, при удорожании энергоносителей).

#### *4) Необходимость стимулирования предложения экологически чистой техники*

Здесь фактически рассматривалось только стимулирование спроса на более экологичные типы оборудования из числа уже выпускаемых. Стимулирование же их предложения, т.е. создания новых, более экологически чистых и менее ресурсоемких технологий является отдельной задачей государственной про-

---

<sup>1</sup> Отдельного рассмотрения заслуживает вопрос о том, с какого момента целесообразно стимулировать переход на новую технологию? Т.е. необходимо определить оптимальное правило преодоления технологического разрыва. В частности, можно найти момент, когда предельные эффективности старой и новой технологий сравняются (причем, предельная эффективность старой продолжит убывать, а новой - возрастать).

мышленной и научно-технической политики. Обычно такая задача ставится и решается на более долгосрочных интервалах (см. [85]), чем задача, рассмотренная в данной работе.

В качестве практического примера можно привести периодическое ужесточение стандартов удельного расхода топлива автомобилями в США, подробнее см. [13]. Эти стандарты предусматривают минимально допустимый средний пробег на галлоне топлива. Этот показатель, естественно, относится не к конкретной модели, а является усредненным по всему объему продукции автомобильной промышленности, продаваемой на рынке США, поэтому целевой уровень устанавливается в ходе переговоров правительства и крупнейших производителей, работающих на национальном рынке. При этом определяется траектория ужесточения стандарта на протяжении весьма длительного периода (так, например, в 2011 г. был объявлен целевой уровень на 2025 г.), что позволяет фирмам планировать свое инновационное развитие.

Следует подчеркнуть, что, на первый взгляд, сами такие стандарты кажутся избыточными – ведь речь идет о более экономичных автомобилях, которые требуют меньших затрат на топливо, а потому – более конкурентоспособны. Однако, как показано в п. 3.3, даже если с энергетической точки зрения (т.е. по критерию расхода топлива) замена технологий оправдана, она может быть невыгодной с экономических позиций. И в данном случае естественных рыночных стимулов замены автомобилей на более экономичные может быть недостаточно, и государство стимулирует обновление технологий ужесточением стандартов.

В связи с этим, необходимо упомянуть о расширенной формулировке гипотезы Портера, см. [112]. Согласно ей, даже если в краткосрочной перспективе ужесточение экологических норм приносит бизнесу убытки, но в долгосрочной перспективе такая жесткая политика государства стимулирует создание новых, более экономичных и эффективных технологий, что приводит к повышению национальной конкурентоспособности.



Подчеркнем, что меры, направленные на поддержку разработчиков и производителей «зеленых» технологий и оборудования, т.е. поддержка продавцов, отражаются на рыночной конъюнктуре не так, как стимулирование спроса (подробнее см., например, [35, 54]). Если, например, дотация потребителям приведет к росту цен, то дотация производителям, вероятнее всего, позволит им установить более низкие цены.

## *4.2. АНАЛИЗ МИРОВОГО ОПЫТА СТИМУЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ И ВНЕДРЕНИЯ «ЗЕЛЕННЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ*

### **4.2.1 Мировая практика налогового стимулирования развития «зеленых технологий»**

Большинство индустриально развитых государств инициировали свои программы поддержки альтернативной энергетики и повышения энергоэффективности еще в начале 90-х годов прошлого века и активно включили в работу различные механизмы налогового стимулирования развития «зеленых технологий». Следует отметить, что одной из основных мер налогового стимулирования производителей альтернативной энергии в США, является инвестиционный налоговый кредит. Его особенностью является то, что в отличие от инвестиционного налогового кредита в России<sup>1</sup> и ряде других стран, который является формой изменения срока исполнения налогового обязательства с последующей уплатой суммы кредита и процентов, данная мера налогового стимулирования уменьшает налогооблагаемую базу на часть инвестиций в покупку земли, оборудования и инсталляцию мощностей для производства электроэнергии из альтернативных источников, то есть, по сути является инвестиционной налоговой льготой.

В различных налоговых системах европейских государств подобные меры стимулирования инвестиций в альтернативную энергетику принимают несколько различные формы и размеры,

---

<sup>1</sup> Согласно статье 66 Налогового Кодекса РФ

но направлены на достижение одного и того же эффекта – сделать высокорисковые и имеющие длительный срок окупаемости инвестиции в энергетические объекты более выгодными (см. табл. 4.1, сост. по данным [101, 108]).

**Таблица 4.1.**  
**Меры налогового стимулирования инвестиций в альтернативную энергетику в европейских странах, Корее и США**

Страна	Кредит или сокращение суммы налога	Ставка	Технологии, на которые распространяется действие кредита/скидки
Бельгия	Сокращение суммы	13,5	Все
Голландия	Сокращение суммы	13	Все
Испания	Сокращение суммы	10	Солнечная энергия, биомасса
Ирландия	Сокращение суммы	18	Ветряная, солнечная, гидро, энергия биомассы
Чехия	Сокращение суммы	100	Все (гидроэлектростанции до 1 МВт)
Корея	Кредит	5	Энергоэффективные технологии
США	Сокращение суммы	30% 10%	Солнечная, ветряная, топливные элементы Геотермальная, микро-турбины, когенерационные установки

Налоговые кредиты для производителей (производственный налоговый кредит – *Production Tax Credit, PTC*) электроэнергии из альтернативных источников также являются достаточно популярной за рубежом мерой налогового стимулирования. Следует отметить, что в российской практике данное понятие не встречается. Производственный налоговый кредит предоставляется либо в форме вычета из налогооблагаемой базы,

либо в форме кредита по фиксированной ставке за киловатт-час произведенной возобновляемой энергии. Впервые данный механизм налогового стимулирования был введен в США. Согласно [51], производственный налоговый кредит (*PTC*) и инвестиционный налоговый кредит (*Investment Tax Credit, ITC*) различаются тем, что *PTC* сокращает платежи по федеральному налогу на основе объема электроэнергии, полученной на выходе (измеряемой в кВт\ч), а *ITC* – на основе объема капитальных инвестиций (измеряемых в денежных единицах). Причем получить льготу по *ITC* можно только тогда, когда оборудование уже введено в эксплуатацию.

По оценкам *Oak Ridge National Laboratory* (США), федеральный 10-летний производственный налоговый кредит в размере 1,5 центов на кВт/ч может снизить среднюю по жизненному циклу стоимость ветровой энергии примерно на 25%. Этот тип стимулирования получил более широкую поддержку экспертов в области крупномасштабных возобновляемых энергетических объектов, поскольку он стимулирует более эффективное производство возобновляемой энергии, а не просто крупные инвестиции капитала. Европейские страны, использующие в настоящее время данный вид налоговых стимулов, представлены в табл. 4.2 (составлена по данным [108]).

**Таблица 4.2**  
**Производственный налоговый кредит в странах Европы**

Страна	Размер кредита	Технологии
Финляндия	0,69 евро	Энергия ветра, гидро-энергия, пеллеты, биогаз
Швеция	0,181 швед. крон	Ветряная энергия

В некоторых странах Европы для стимулирования развития альтернативной энергетики используется снижение налога на собственность, которое может элиминировать до 100% от суммы налога на имущество, землю, и основные средства, используемые для производства возобновляемой энергии. Снижение налога на собственность может быть особенно важным стиму-

лом для капиталоемких технологий, таких как ветрогенерация и преобразование солнечной энергии в электроэнергию, так как налоги на собственность зачастую приводят к более высокому налоговому бремени на кВт/ч произведенной энергии для капиталоемких технологий производства энергии из альтернативных источников, чем для менее капиталоемких обычных энергетических технологий. Поэтому сокращение налога на имущество может помочь в создании экономического паритета между альтернативной энергетикой и традиционными энергетическими технологиями. Страны, использующие в настоящее время данный вид налоговых стимулов, представлены в табл. 4.3 (составлена по данным [108]).

**Таблица 4.3**  
**Европейские страны, использующие налоговые льготы на собственность**

Страна	Объем льгот	Максимальный срок	Вид технологии
Италия	36%	До 5 лет	Солнечная, ветряная, гидро, геотермальная, биомасса
Норвегия	100%	-	Малая гидроэнергетика
Чехия	100%	-	Солнечная, ветряная, гидро, геотермальная, биомасса

Многие страны, использующие, в основном, не корпоративный налог на прибыль, а налог на добавленную стоимость (НДС), используют его сокращение для стимулирования производства энергии из возобновляемых источников. Необходимо отметить, что данный вид налога может особенно болезненно сказываться на производителях энергии из альтернативных источников, если он начисляется на капитальные вложения в производственный процесс, а не на выработанную энергию. Страны, практикующие сокращение НДС представлены в табл. 4.4 (составлена по данным [108]).

Таблица 4. 4

**Европейские страны, применяющие сокращение НДС**

Страна	Сокращение НДС	Технологии
Великобритания	17,5% сокращается до 5%	Солнечные панели
Германия	19% сокращается до 7%	Пеллетные системы
Италия	20% сокращается до 10%	Солнечная, ветровая, гидро, биомасса
Чехия	22% сокращается до 5%	Солнечная, ветровая, гидро, биомасса

Инвестиционные налоговые стимулы также часто применяются к небольшим, клиент-ориентированным или сервисным компаниям, которые являются не производителями, а потребителями энергии и энергосберегающих технологий. Такие стимулы, как правило, ориентированы на стимулирование установки определенных видов генерационного или когенерационного оборудования для обогрева, освещения и вентиляции жилых и коммерческих зданий.

Зачастую налоговые вычеты распространяются не только на сумму стоимости самого оборудования, но и на сумму стоимости его инсталляции, так как стоимость установки системы когенерации может в некоторых случаях быть соизмерима со стоимостью оборудования. Такие меры стимулируют индивидуальных собственников жилья и компании покупать когенерационное оборудование.

Следует отметить, что некоторые европейские страны отменили практику предоставления производственных налоговых кредитов в силу того, что она требует постоянного мониторинга производственной деятельности компаний и ведет к высоким административным издержкам. Налоговые вычеты на приобретение и инсталляцию когенерационного и энергосберегающего оборудования достигают той же цели, что и производственный налоговый кредит, но административные расходы на их реали-

зацию (а также риски «провала государства») существенно меньше.

Налоговые льготы для потребителей энергоэффективных и когенерационных технологий, используемые в странах Европы, приведены в табл. 4.5 (составлена по данным [108]).

**Таблица 4.5**

**Меры налогового стимулирования развития технологий альтернативной энергетики, ориентированные на потребителя**

Страна	Сектор	Вид налогового стимула	Ставка	Технологии, на которые распространяется действие стимула
Австрия	Жилой	Сокращение налога	До 25%	Солнечная энергия, энергия биомассы
Греция	Жилой, коммерческий	Кредит	До 75%	Солнечная энергия
Испания	Жилой, коммерческий	Кредит	10%	Солнечная энергия, энергия биомассы
Португалия	Жилой	Кредит	До 30%	Все
Франция	Жилой	Кредит	15%	Все
Чехия	Жилой, коммерческий	Сокращение налога	До 100%	Все

Сокращения акцизных сборов позволяют потребителям не платить до 100% процентов налога с продаж при покупке энергии из возобновляемых источников, соответствующего оборудования или топлива. Таким образом, сокращение акцизных сборов стимулирует спрос на «зеленую» энергию. Некоторые европейские страны устанавливают налог на продажи обычной электроэнергии, но не облагают налогом продажи энергии, произведенной из альтернативных источников. Другие снижают

акцизные сборы на продажи оборудования для производства альтернативной энергии.

Более редким случаем является возврат части акцизного сбора. Потребитель может оставить заявку на возврат всего или части уплачиваемого налога в момент покупки оборудования. Так же, как инвестиционный налоговый кредит, сокращения акцизных сборов наиболее эффективно стимулируют спрос в сочетании с введением соответствующих стандартов энергопотребления. В настоящее время данный вид налогового стимулирования применяется в Италии и Чехии, см. табл. 4.6 (составлена по данным [108]).

**Таблица 4.6**

**Сокращение акцизных сборов**

<b>Страна</b>	<b>Размер сокращений</b>	<b>Технологии</b>
Италия	28%	Биотопливо
Чехия	100%	Биотопливо

Обычный срок амортизации энергетических объектов составляет от 20 до 30 лет. Режимы ускоренной амортизации энергетических объектов, генерирующих энергию от альтернативных источников, введенные в некоторых странах, позволяют снизить этот срок до 15 лет и менее, и тем самым существенно уменьшить сумму налогов на имущество, уплачиваемую в течение жизненного цикла. Эффективность ускоренной амортизации для целей стимулирования развития альтернативной энергетики является гораздо более высокой, чем эффективность других налоговых мер. Это объясняется тем, что чистая приведенная стоимость (*NPV*) долгосрочных инвестиционных проектов обладает высокой чувствительностью к временным факторам. Доходы первых лет суммируются с большим весом, чем доходы последующих. Так как ускоренная амортизация позволяет увеличить доход в первые годы реализации проекта, она, следовательно, позволяет значительно увеличить *NPV* проекта. Особенно важна данная мера налогового стимулирования в случае капиталоемких проектов, какими и являются проекты по строительству и запуску альтернативных электрогенераторов. Усло-

вия применения ускоренной амортизации для альтернативных энергетических технологий в странах Европы приведены в табл. 4.7 (составлена по данным [108]). Помимо европейских стран, данную меру налогового стимулирования активно используют США, Канада и Индия.

**Таблица 4.7**

**Ускоренная амортизация энергетических объектов**

<b>Страна</b>	<b>Объем</b>	<b>Срок</b>	<b>Технология</b>
Бельгия	10% в год	Половина жизненного цикла	Все альтернативные технологии
Люксембург	До 60% в год	Различные	Все альтернативные технологии
Португалия	25% в год	4 года	Солнечная энергетика

Дополнением к мерам налогового стимулирования альтернативной энергетики являются меры налогового дестимулирования использования ископаемых видов топлива. Страны Европейского Союза являются лидерами в принятии законов, повышающих налоги на использование ископаемых видов топлива. На первых порах эти меры вызывали много споров из-за опасений, что увеличение налогового бремени негативно скажется на конкурентоспособности стран-членов ЕС на мировых рынках. В Великобритании даже была предпринята попытка нейтрализации налогового бремени экологических налогов для предприятий одновременным сокращением их страховых взносов.

Начиная с 1997 года (времени вступления в силу Киотского протокола), такие страны как Великобритания, Венгрия, Германия, Испания, Норвегия, Финляндия, Чехия и Швеция увеличили налоги на нефть и нефтепродукты, см. табл. 4.8 (составлена по данным [108]). Дания ввела налог на выбросы двуокиси углерода еще до 1997 года. Однако, как ни парадоксально, в некоторых европейских странах в то время, как в соответствии



с требованиями Киотского протокола налоги на нефть и нефтепродукты значительно выросли, налоги на уголь (значительно более «грязный» источник энергии) не возросли вовсе.

**Таблица 4.8**

**Страны, увеличившие налоги на нефть и нефтепродукты в период с 1997 г.**

Страна	Сумма налога	Топливо или выбросы, облагаемые налогом
Австрия	€0,21 до 1,42/кг	Светлая нефть
Великобритания	0,34£ за кВт/ч (электр.), 0,15£ за кВт/ч (газ), 1,17£ за кг (уголь)	Промышленное использование электричества, газа, угля, нефтепродуктов
Венгрия	€16 за 1 тонну, 25% VAT	Жидкое топливо, электричество
Германия	€ 0.06125/литр нефти, газ € 0.55/kWh	Жидкое топливо, электричество
Голландия	€ 0.0639/kWh	Электричество (кроме, энергии от альтернативных источников)
Дания	€ 6.8/ГДж	Диоксид углерода
Испания	€ 0.029/kWh	Электричество (кроме, энергии от альтернативных источников)
Италия	Уголь: 5.084/т, Нефть: 1.286/т	Диоксид углерода
Люксембург	€ 18.59/кл <sup>1</sup>	Светлая нефть
Норвегия	NOK 104/т	Диоксид углерода
Финляндия	€ 16.54 до 56.80/т	Углерод
Франция	€ 42.52 до 80.54/кл	Тяжелая и легкая нефть
Чехия	CZK 472/т	Светлая нефть
Швеция	36.5 öre/кг	Диоксид углерода
Швейцария	CHF 210/т максимум	Диоксид углерода

<sup>1</sup> Кл - килолитр

В результате комплексного использования мер налогового стимулирования альтернативной энергетики, налогового стимулирования энергоемких и грязных производств, а также ряда других мер государственной поддержки - таких, как гарантированные тарифы на поставку энергии в сеть, европейские страны достигли весьма впечатляющих результатов в развитии ветроэнергетики, солнечной энергетики, технологий генерации энергии из биомассы и энергоэффективных технологий [63].

Тем не менее, налоговые и иные меры стимулирования альтернативной энергетики не исключают требований достижения технологической и коммерческой эффективности самих «зеленых» технологий. Например, в сфере внедрения биотоплив нового поколения государственной поддержкой пользуются профильные исследования и разработки, нежели сам бизнес компаний по выработке биоэтанола, так как технологическая безопасность и коммерческая эффективность самой технологии еще не доказаны. И наоборот, производство гибридных автомобилей, ветровая и солнечная энергетика, благодаря производственным налоговым кредитам, решают многие технологические проблемы, повышая свою коммерческую эффективность, наращивая производственные мощности и постепенно завоевывая энергетический рынок.

#### **4.2.2. Налоговое стимулирование исследований и разработок в сфере альтернативной энергетики**

Если говорить об объемах вложений в профильные исследования и разработки (ИиР), то, к сожалению, однозначно оценить насколько меры налогового регулирования влияют на корпоративные ИиР, не представляется возможным в силу отсутствия необходимых статистических данных. Однако можно однозначно утверждать, что стимулирование потребительского или корпоративного спроса на высокотехнологичные продукты и услуги закономерно приводит к росту актуальности инвестиций в ИиР для поставщиков соответствующих товаров и услуг. При этом, необходимо отметить, что наибольшее влияние на результаты ИиР федеральные меры оказывают в том случае, когда их

направленность совпадает с основными направлениями корпоративных инноваций [51].

Кроме того, следует принимать во внимание специфику действия различных инструментов налогового стимулирования для разных секторов. Так, налоговое поощрение приобретения гибридомобилей и иных энергоэффективных автомобилей напрямую влияет на рост корпоративных ИиР в данной сфере (рис. 4.3). То же самое справедливо для производства энергоэффективной бытовой техники, строительных материалов и других секторов.



**Рис. 4.3. Схема действия налогового стимулирования производства энергоэффективных товаров**

В энергетике подобные меры лишь косвенно влияют на рост объемов инвестиций в ИиР. Дело в том, что компании-поставщики электричества и сервисные компании сами не являются создателями профильных технологий, производителями оборудования, и не производят инвестиции в ИиР, а являются лишь площадкой для внедрения инноваций. То же самое можно сказать и о компаниях-производителях новых видов топлива. Основные технологические инновации в энергетике осуществляются производителями энергетического и энергомашиностроительного оборудования. Поэтому меры налогового стимулирования энергоэффективности сначала должны стимулировать спрос электрогенерирующих компаний на энергоэффектив-

ное оборудование, и лишь затем – спрос на новые технологии в энергомашиностроении (рис. 4.4).



**Рис.4.4. Схема действия налогового стимулирования в энергетике**

Таким образом, в данном случае промышленные инвестиции в науку стимулируются, помимо мер на рынках готовой продукции, динамичными рынками оборудования, здоровой конкурентной средой, стремлением компаний-производителей оборудования не потерять завоеванные рыночные позиции, и лишь затем – возможно, получить налоговые льготы.

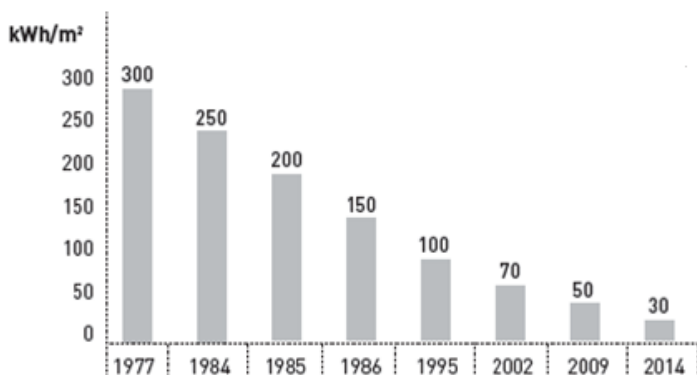
К сожалению, развитию альтернативной энергетики и энергоэффективного машиностроения в России уделяется пока недостаточное внимание, что создает риски консервации технологической отсталости и еще большей утраты позиций страны на мировых рынках наукоемкой продукции и услуг. Механизмы налогового стимулирования в данной сфере практически отсутствуют, если не учитывать налоговые льготы для предприятий-резидентов кластера энергоэффективности «Сколково». По нашему мнению, разработку механизма налогового стимулирования внедрения инновационных технологий в области энергетики, учитывая текущее состояние отрасли, целесообразно начать с введения комплекса мер, направленных на стимулирование спроса на энергоэффективные технологии в секторе массового потребления (технологии обогрева и охлаждения жилья, гибридные автомобили, биогазовые станции, пеллетные отопитель-

ные системы), присутствующие в спектре инновационной продукции отечественных производителей.

### 4.2.3. Опыт Германии по созданию рамочных условий для развития альтернативной энергетики

Несмотря на то, что налоговые меры стимулирования альтернативной энергетики дали весьма существенные результаты в ряде стран, другие страны предпочитают использовать иные меры стимулирования. Так, в Германии важнейшим инструментом государственной поддержки альтернативной энергетики являются гарантированные тарифы на поставку электроэнергии от альтернативных источников в сеть (разумеется, обеспечивающие рентабельность новых технологий), а главным инструментом стимулирования внедрения энергоэффективных технологий – жесткие национальные стандарты энергоэффективности.

С 2012 года вводится в действие новый стандарт энергопотребления (*EnEV*) на уровне 35 кВт/ч на 1 кв.м. в год. Все новые здания и здания, прошедшие реконструкцию подлежат обязательной сертификации по стандартам *EnEV* (рис. 4.5), см. [116].



**Рис. 4.5. Ужесточение стандартов энергопотребления для зданий в Германии**

С 1 июля 2007 года была введена практика использования энергетических паспортов зданий. Энергетический паспорт

представляет собой четырехстраничный сертификат, в котором содержится информация по энергопотреблению. В него же заносятся все рекомендации по снижению энергопотребления. Паспорт предъявляется при всех сделках купли-продажи и заключения аренды. Более низкий уровень энергопотребления здания увеличивает его стоимость на рынке недвижимости. Кроме того, на территории Германии действует так называемый Закон о когенерации, поощряющий использование миниэлектростанций (электрогенераторов) и обязывающий энергосетевые компании подключать миниэлектростанции к сетям и покупать у них избыточную электроэнергию. Ряд налоговых льгот (освобождение от экологического налога) действует даже для миниэлектростанций, работающих на газе, а также для производителей миниэлектростанций. До 20% инвестиций в установку тепловых сетей нового поколения (работающих преимущественно на тепле, производимом за счет когенерации) субсидируется правительством.

Гарантированные тарифы на электроэнергию, полученную альтернативными методами, гарантирует немецкая государственная программа *Renewable Energy Sources Act*. В зависимости от местоположения и некоторых технических условий, *Renewable Energy Sources Act* гарантирует 20-летний спонсорский тариф от 9,20 до 5,02 евроцентов за кВт/ч для генераторов, установленных ранее 1 января 2010. Также программа предоставляет бонусы в 0,5 евроцентов за кВт/ч за улучшение сетевой интеграции ветровых систем. В будущем бонусы будут уменьшаться на 1% в год. Однако оффшорные ветровые установки получают более высокие тарифы для компенсации риска и высоких издержек на установку. Для них, изначальный тариф равен 15 евроцентам за кВт/ч на первые 12 лет, а затем 3,5 евроцентам. Чем глубже и дальше от берега расположена турбина, тем больше изначальная компенсация. Снижение тарифа на 5% в год предусмотрено, начиная с 2015 года. Закрепленные на законодательном уровне гарантии по предоставлению бонусного тарифа на 20 лет и обязательному подключению к энергосети, позволяют инвесторам оффшорных проектов снизить риски и планировать свою деятельность на многие годы вперед.

Помимо государственных программ поддержки развития альтернативной энергетики, в Германии существует достаточно много общественных фондов и организаций, представляющих кредитование на льготных условиях компаниям, работающим с альтернативными источниками энергии.

Спектр механизмов поддержки ИиР чрезвычайно широк – от грантов и льготного кредитования до специальных партнерских программ. Все инвесторы, вне зависимости от того, являются ли они гражданами Германии или нет, имеют равный доступ к источникам поддержки ИиР. Совершенствование институциональной среды в сфере науки и инноваций стимулирует все большее количество иностранных компаний размещать свои исследовательские центры в Германии. Среди них такие компании как *GE*, *Vestas* и *Suzlon*. Немецкая система высшего технического образования, имеющая глубокие корни и сильные традиции, поставляет на растущий внутренний рынок труда высококвалифицированных и мобильных специалистов [117].

На ранних стадиях развития технологические стартапы могут получить доступ к венчурному финансированию через Немецкую Ассоциацию Прямых Инвестиций и Венчурного Капитала. Специальные мероприятия, такие как Немецкий Инвестиционный Форум, также предоставляют возможности молодым предприятиям установить прямой контакт с потенциальными венчурными инвесторами. Государственные учреждения, такие как банки развития (находящиеся в государственной собственности и существующие на национальном уровне и уровне федеральных земель) и публичные венчурные компании также предлагают партнерские программы на ранних этапах развития технологий.

Кредитование в Германии является основным механизмом финансирования и классическим дополнением к прямым инвестициям. Оно доступно для сформировавшихся компаний с непрерывным *cash-flow*. Кредиты могут использоваться для различных целей: обеспечения оборотных средств (кредиты «работающего капитала»), для покрытия «финансовых ям» (кредиты типа «мост») или для развития (инвестиционные кредиты). По-

мимо кредитования в частных коммерческих банках, предприниматели, в особенности, малые и средние компании, также могут рассчитывать на государственные кредитные программы, которые предлагают некоторые льготы по процентным ставкам или условиям погашения (отсрочки платежа). Льготное кредитование предоставляет государственный банк развития KfW, а также банки развития федеральных земель [117, 118].

На стадии создании производства, предприниматель может рассчитывать на целый ряд различных государственных программ софинансирования, самой важной из которых является программа безвозмездных субсидий на оплату строительства или реконструкции производственных помещений, приобретения оборудования и техники. В Восточной Германии, инвестиционные гранты дополняются инвестиционными пособиями, которые обычно выделяются в виде налогового кредита или также могут быть предоставлены не облагаемой налогами личностью.

Кроме того, на стадии запуска производства новые компании могут воспользоваться специальными субсидиями на подбор и подготовку персонала, а также на проведение исследований и разработок. Квалифицированный персонал может значительно снизить издержки производства, поэтому для новых бизнесов созданы специальные программы по рекрутингу и тренингу персонала, а также по субсидированию части заработной платы особо ценных специалистов. Что касается грантовых программ, стимулирующих исследования и разработки, то они являются полностью независимыми от остальных инструментов инвестирования, действуют на общеевропейском, национальном и региональном уровнях и направлены на снижение операционных издержек высокотехнологичных предприятий. На национальном уровне большинство грантовых программ сосредоточены в рамках так называемой Высокотехнологичной Стратегии, направленной на стимулирование исследований и разработок в сфере приоритетных направлений научно-технологического развития. Значительный годовой бюджет Стратегии позволяет реализовывать различные исследовательские проекты.



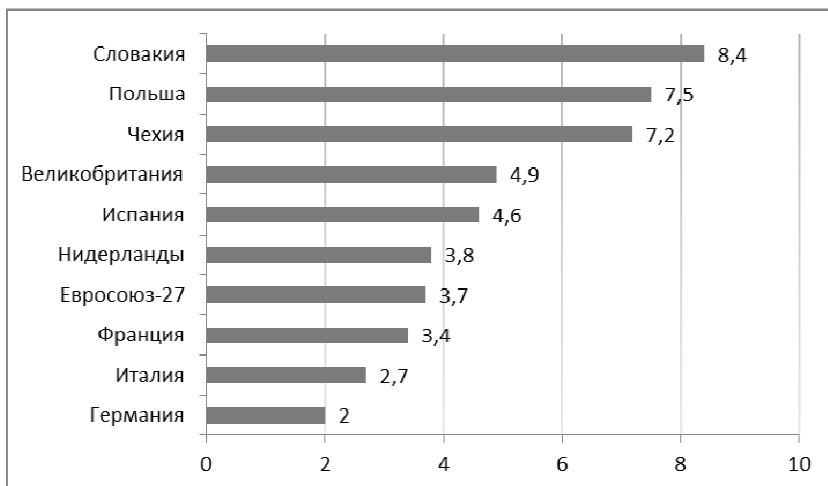
Учитывая вышеизложенное, обобщенную схему институтов государственной поддержки инноваций в сфере альтернативной энергетики можно представить в виде, представленном на рис. 4.6.



**Рис. 4.6. Меры прямой государственной поддержки инновационной деятельности в сфере альтернативной энергетики**

Данная схема является достаточно полной, так как покрывает все стадии жизненного цикла инновационного проекта, включая т.н. «долину смерти» (см. [16]) и отражает прямые меры стимулирования инновационной активности в заданной сфере. Однако, если ограничиться мерами, изображенными на рис. 4.6 и попытаться перенести их в экономику, например, России, они не произведут желаемого эффекта (что уже неоднократно подтверждалось хозяйственной практикой 2000-х гг.). Дело в том, что данная схема является достаточно поверхностной, отражая лишь меры «прямого» или непосредственного управленческого воздействия, за которыми лежит целый «слой» институциональных и рыночных условий, обеспечивающих их действенность. Рассмотрим эти условия более подробно.

1. Как показала реализация предыдущих проектов по строительству ветропарков, Германия предоставляет компаниям **лучший доступ на рынок труда** и обеспечивает государственную поддержку кадровым агентствам, специализирующимся в данном секторе. Немаловажным фактором является и то, что уровень заработной платы в Германии остается достаточно стабильным на фоне непропорционального уровню производительности труда роста зарплат в других странах Европы (рис. 4.7). Рост производительности труда в Германии в среднем на 10% выше, чем в других странах Европейского Союза и почти на 25% выше, чем в среднем по ОЭСР. В то же время ежегодный рост заработной платы составляет всего 2%, в отличие от почти 5% роста в Великобритании и более чем 8% роста в Словакии [117, 118].



**Рис. 4.7. Рост заработной платы в Европе в период 2000-2008 гг. (в процентах, средний ежегодный показатель)**

Гибкость трудового кодекса, позволяющая использовать долгосрочные контракты с фиксированным уровнем заработной платы, вахтовые методы работы и др., наряду с качественными институтами и высоким уровнем человеческого и социального капитала повышает международную конкурентоспособность и инвестиционную привлекательность Германии.

2. Компании всего мира все больше склоняются к тому, что Германия предоставляет наилучшие условия для создания новых предприятий в секторе альтернативной энергетики. Одним из преимуществ является **согласованность понимания в обществе и правительстве путей развития энергетики страны**. Как известно, немецкая программа по развитию возобновляемых источников энергии, реализуемая при помощи закона о возобновляемой энергии (*Renewable Energy Law, REL*) ставит целью достижение 30%-й доли возобновляемых источников энергии в общем производстве энергии к 2020 году (эта доля пропорционально увеличивается от года к году). Эти цифры звучат амбициозно, но пока что Германии удается даже превзойти поставленные цели.

3. Главным драйвером столь динамичного развития немецкого рынка альтернативной энергии была и остается **коммерческая эффективность**, которая поддерживается такими правительственными программами как программа по развитию возобновляемых источников энергии (*Renewable Energy Sources Act*).

4. Естественные «узкие места» **технологической цепи производства** офшорных ветровых ферм предлагают отличные возможности немецким и иностранным инвесторам для выхода на рынок альтернативной энергетики. В отличие от машиностроения, которое существенно снизило объемы производства и продаж в посткризисном 2009 году, ветроэнергетическая индустрия Германии показала стабильный рост. Это одна из причин, по которой компании, работающие в смежных отраслях, но имеющие необходимые технические компетенции, перестраивают свои бизнес-процессы на производство оборудования для ветровой энергетики для диверсификации и расширения хозяйственной деятельности.

Так, например, в офшорной логистике были приняты меры по созданию специальных морских судов, предназначенных для транспортировки и инсталляции ветровых энергетических установок. Новые разработки в сфере повышения устойчивости оснований для ветровых установок, способных выдержать сильные удары морских волн, сопротивляться коррозии и воздейст-

вию морских микроорганизмов, привели к созданию новых видов материалов и покрытий, а также появлению инновационных подходов к проектированию и строительству. Благодаря этому новому направлению в Ростоке, Бременхафене, Куксхафене и Эмдене уже появились несколько энергетических кластеров, обеспечивающих необходимыми комплектующими, оборудованием и научными разработками производителей оффшорных ветровых установок [117].

**Технологические цепочки** в секторе оффшорной ветровой энергетики в настоящий момент являются очень **гибкими**, так как растущий рынок позволяет компаниям экспериментировать с различными производственными стратегиями и выстраивать оптимальные по производственным и операционным издержкам модели взаимодействия - от вертикальной интеграции до горизонтального сетевого сотрудничества.

5. Крупномасштабный характер инвестиций в альтернативную и, в особенности, в оффшорную ветровую энергетику определяет состав участников данного рынка, среди которого преобладают *фирмы-виоленты* и *эксплеренты*. Однако государственная программа развития альтернативной энергетики (*Renewable Energy Sources Act*) **поддерживает выход на данный рынок независимых производителей энергии** (*Independent Power Producers, IPP*). Гарантированное подключение к сети и фиксированные тарифы снижают долгосрочные конъюнктурные и сбытовые риски, позволяя компаниям сосредоточиться на оптимизации цепей поставок и снижении операционных расходов. С другой стороны, низкий барьер входа в рынок стимулирует компании, которые не принадлежат к сектору ветровой энергетики, перестраиваться и реорганизовывать свое производство для того, чтобы выйти на данный быстрорастущий рынок. Растущий рынок и благоприятные институциональные условия предоставляют возможности получения прибыли не только местным, но и иностранным компаниям [117, 118].

Проведенный анализ более глубоких слоев институционального ландшафта позволяет выявить несколько «направ-

ляющих» (рис. 4.8), без которых меры прямой государственной поддержки оказываются недостаточно эффективными.



**Рис.4.8. Совокупность направляющих институционального ландшафта Германии**

Наличие данных «направляющих» в институциональном ландшафте позволяет протекать процессам самоорганизации в социально-экономической системе, значительно снижая необходимость «ручного» управления и прямых мер государственной поддержки.

#### **4.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ МЕХАНИЗМОВ НАЛОГОВОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ**

При разработке механизмов налогового стимулирования развития экономики важно детерминировать набор критериев и показателей, по которым можно будет судить об эффективности данного механизма. Общая идея состоит в сопоставлении расходов и инициированных ими результатов – дополнительных доходов и пользы для фирм, государства и общества в целом. Поскольку налоговые льготы представляют собой недополученный налоговый доход государства или ресурсы, которые могли

бы быть использованы в других формах государственной поддержки (грантах, субсидиях и т.д.), то для оценки эффективности применения налоговых стимулов, очевидно, необходимо сопоставлять объемы расходов на налоговое стимулирование и результаты, полученные от них на уровне фирмы, региона и общества в целом.

Проблема состоит в том, что налоговое стимулирование обычно производит несколько эффектов различного уровня - начиная с уровня непосредственных получателей такой поддержки до макроэкономического уровня. Проявления этих эффектов взаимно переплетены, а действие их друг на друга нелинейно, поэтому их общую результативность оценить достаточно сложно. Кроме того, как показывает мировая практика, получателями налоговых льгот могут быть не только компании-производители оборудования и технологий для новой энергетики, но и физические лица, которые являясь потребителями инновационной продукции энергетики, тем самым стимулируют спрос на новые технологии.

Поэтому применяемые на практике методы оценок включают прежде всего учет прямого прироста основного показателя и его отношение с недополученной суммой налогов. Так, например, в случае введения налоговых льгот для стимулирования инновационной деятельности и инвестиций компаний в ИиР, сравнивают прирост объемов финансирования ИиР со стоимостью введения налогового стимулирования для правительства [51]. В качестве дополнительных иногда выступают оценки приростной инновационности в деятельности фирм. И совсем редко предпринимаются попытки учесть внешние эффекты, которые обычно проявляются только на макроуровне. Например, в ходе проведенного в 2008 году специального Европейского исследования эффективности налоговых стимулов [97], из 12 проанализированных методов оценки эффективности налоговых механизмов, 10 учитывали только прирост объемов финансирования ИиР, 6 – прирост инновационности и только 4 – внешние эффекты инновационной деятельности [51].

Широкое распространение столь ограниченного подхода к оценке эффективности налоговых механизмов, стимулирующих развитие инновационной деятельности, можно объяснить недостатком эмпирических данных для использования эконометрического аппарата и получения более точных оценок. Однако для оценки эффективности мер налогового стимулирования явлений и процессов, имеющих значительные внешние эффекты, использование таких подходов дает слишком большие ошибки. Поэтому проблема разработки корректных методов оценки эффективности налогового стимулирования развития инновационных отраслей экономики, учитывающих внешние эффекты (эффекты мезо- и макроуровня), представляется в настоящее время чрезвычайно актуальной.

В случае необходимости получения корректной оценки эффективности налогового стимулирования развития альтернативной энергетики и энергоэффективности, проблема представляется еще более сложной, так как данный процесс направлен на достижение нескольких равнозначных целей, причем степень достижения каждой из них может быть в полном объеме оценена лишь на макроуровне: 1) снижение выбросов парниковых газов в атмосферу; 2) снижение зависимости от исчерпаемых видов топлива; 3) увеличение коэффициента полезного действия при производстве энергии; 4) стимулирование развития высокотехнологичного машиностроения. Каждая из этих целей может быть декомпозирована на несколько подцелей, принадлежащих, в свою очередь, как к целям макро, так и мезо- и микро-уровней (рис. 4.9).



*Рис. 4.9. Декомпозиция целей развития альтернативной энергетики*



Последовательная декомпозиция целей различных уровней через несколько шагов должна привести к формированию дерева целей, у которого «висячие вершины» - цели нижнего уровня могут быть оценены количественно по одному или нескольким показателям.

Таким образом, разработку комплекса мер налогового стимулирования развития альтернативной энергетики в России начнем с этапа целеполагания и детерминирования желаемых эффектов первого, второго и третьего уровня, которые необходимо достичь с помощью разрабатываемых мер (см. табл. 4.9).

**Таблица 4.9**

**Декомпозированные цели развития альтернативной энергетики и соответствующие им показатели количественной оценки**

<b>Эффект</b>	<b>Порядок эффекта/уровень</b>	<b>Критерий/показатель достижения</b>
Активизация инновационной деятельности в сфере энергетики	Второй/мезоуровень	Удельный вес инновационной продукции в общем объеме выпуска
Увеличение затрат на ИиР энергетических компаний	Третий/микроуровень	Объем внутренних затрат на ИиР
Снижение выбросов парниковых газов	Первый/макроуровень	Миллионов тонн CO <sub>2</sub> -эквивалента в год
Увеличение энергоэффективности в жилищном, некоммерческом, коммерческом и государственном секторе, промышленном секторе	Третий/микроуровень, второй/мезоуровень	Сравнение с региональным стандартом энергопотребления; Отношение затраченных энергоресурсов к общему объему выпуска продукции в млн. руб.
Увеличение доли энергии из альтернативных источников в энергобалансе	Первый/макроуровень или второй/мезоуровень в зависимости от объекта оценки	Доля потребляемой энергии из альтернативных источников в энергобалансе страны/региона

Снижение зависимости от ископаемых видов топлива	Первый/макроуровень или второй/мезоуровень в зависимости от объема оценки	Доля потребляемой энергии из альтернативных источников в энергобалансе страны/региона
Снижение энергодефицита	Третий/микроуровень, второй/мезоуровень	Млрд. кВт час
Модернизация энергоснабжения страны	Первый/макроуровень	Млрд. кВт/час потерь в электросетях
Увеличение количества рабочих мест	Третий/микроуровень	Количество занятых в сфере альтернативной энергетики
Увеличение доли высокооплачиваемых специалистов	Первый/макроуровень, однако также может быть оценен в региональном срезе	Средняя заработная плата занятых в сфере альтернативной энергетики
Увеличение количества инновационных компаний, разрабатывающих и внедряющих энергоэффективные технологии	Второй/мезоуровень	Количество организаций, осуществляющих ИиР, количество организаций, выпускающих инновационную продукцию, количество организаций, использующих передовые технологии

Детерминирование показателей для количественной оценки степени достижения каждой из выделенных подцелей в ряде случаев осуществить достаточно просто. Так, например, для определения степени активизации инновационной деятельности существует ряд показателей, широко используемых в статистическом учете - удельный вес инновационной продукции в общем объеме выпуска, объем внутренних затрат на ИиР, количество организаций, осуществляющих исследования и разработки, количество организаций, выпускающих инновационную продукцию, количество организаций, использующих передовые технологии и др.

В то же время выбор критериев и показателей энергоэффективности является отдельной достаточно сложной методической задачей. Действующий ФЗ №261 даёт следующее определение: «Энергетическая эффективность – характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведённым в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю». Совершенно очевидно, что ФЗ №261 трактует энергоэффективность, как величину удельных затрат, что справедливо, например, при выработке электроэнергии или производстве какой-либо продукции. Данный подход можно применять для оценки энергоэффективности в промышленном секторе, например, как величину энергетических ресурсов, затраченных на выпуск продукции в денежном эквиваленте.

Однако метод удельных характеристик становится бессмысленным, когда необходимо проанализировать энергоэффективность по двум или более параметрам, что имеет место при оценке потребления энергии жилым сектором. Поэтому к настоящему времени разработаны следующие методические подходы к оценке энергоэффективности жилого сектора:

– Энергия или выбросы парниковых газов на душу населения. Общее на дом (квартал, микрорайон) количество выбросов или затрачиваемой энергии делится на количество обитателей.

– Интенсивность использования энергии. Потребление энергии делится на число квадратных футов здания - часто этот параметр выражается британской тепловой единицей (Btus) на квадратный фут или через киловатт-часы энергопотребности на квадратный фут за год (кВт-ч/кв.ф./год).

– Интенсивность силы света. Световая сила установленных источников света, приходящаяся на единицу площади.

– Измерение потребления энергии. Обычно измерение потребления энергии связано с такими характеристи-

ками здания как киловатт-часы электромощности, в терминах природного газа и галлонах жидкого топлива.

– Производительность относительно эталона. Сравнение производительности систем зданий со стандартными значениями, определенными, например, в *ENERGY STAR Portfolio Manager*.

– Производительность относительно принятых нормативов. Сравнение производительности систем зданий с базовыми значениями, которые определяют минимальные требования нормативов энергетических систем, таких как *ASHRAE Standard 90* или калифорнийский *Title 24*.

Учитывая большую разницу в природно-климатических условиях по территории страны, по нашему мнению, более целесообразно оценивать энергоэффективность зданий в жилом, коммерческом и некоммерческом секторе в сравнении со стандартными значениями, устанавливаемыми для каждого региона отдельно.

Энергодефицит обычно измеряют в пределах одного региона или города/района как разность между производимой и потребляемой электроэнергией. По нашему мнению, данный подход не отражает все аспекты проблемы энергодефицита, так как не учитывает недостаток ресурсов распределительных энергосетей и трансформаторных подстанций, которые могут существенно ограничивать потребление электроэнергии. Кроме того, привязка к административно-территориальному делению в данном случае не всегда оправдана, так как производитель и потребитель энергии могут формально принадлежать разным регионам в то время, как физически они локализованы практически в одном месте. Тем не менее, данный показатель является практически единственной возможностью количественной оценки энергодефицита на основе открытых статистических данных.

Так, например, основываясь на данных «Системного оператора Единой энергетической системы», эксперты Центра экономических исследований «РИА-Аналитика» подготовили рейтинг регионов России по уровню энергодостаточности по итогам I полугодия 2011 года, который отражает то, насколько избыточ-

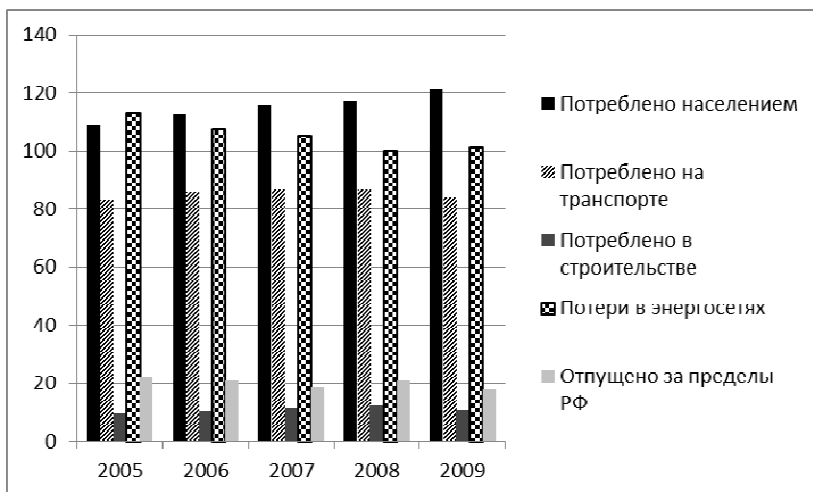
но или недостаточно были обеспечены собственным производством электроэнергии различные регионы страны за этот период. В качестве основного показателя для построения рейтинга использовалась разница между производством электроэнергии в регионе и внутренним потреблением региона.

Самыми энергодефицитным регионом страны по абсолютным показателям, по итогам I полугодия 2011 года является Краснодарский край (дефицит электроэнергии в 7.4 млрд. кВт ч), занявший последнее место в рейтинге. Позиция края в немалой степени обусловлена масштабными строительными работами, проводимыми здесь в рамках проекта «Сочи-2014». По итогам полугодия Краснодарский край стал лидером среди всех регионов страны по темпам роста электропотребления.

Также в число самых энергодефицитных вошли Белгородская (дефицит в 6.8 млрд. кВт ч) и Нижегородская области (дефицит в 6.2 млрд. кВт ч). Кроме того, в аутсайдерах рейтинга также Челябинская область, Москва и Московская область. В целом из 71 региона (включая 3 группы регионов) рейтинга 48 являются энергодефицитными и только 23 региона в производстве электроэнергии работают не только «на себя», но и на остальную страну. По итогам года, однако, в силу наличия фактора сезонности, ситуация может измениться.

Модернизация системы энергоснабжения страны является на настоящий момент актуальной практической задачей. Изношенность основных фондов объектов электроэнергетики составляет по стране 65-70%, в ряде регионов не хватает резервных линий. Оценить степень модернизации можно по различным критериям, в частности, по проценту изношенности, проценту обеспеченности оборудованием «*smart grids*» и т.д. Однако, учитывая то факт, что в настоящее время потери в энергосетях сопоставимы по объему с потреблением электроэнергии населением или с объемами энергопотребления такой энергоемкой отрасли экономики как транспорт (рис. 4.10), а главное, то, что целью модернизации энергосистемы является повышение энергоэффективности, то, по нашему мнению, в этих целях целесо-

образно использовать абсолютный или относительный показатель потерь энергии в энергосетях.



**Рис. 4.10. Потери в энергосетях в сравнении с потреблением электроэнергии (Источник: Росстат)**

Далее, используя результаты проведенного в предыдущем разделе анализа практик налогового стимулирования альтернативной энергетики и энергоэффективности, применяемых в различных странах, приведем перечень возможных мер налогового стимулирования и сопоставим каждой мере те эффекты, на достижение которых она направлена (табл. 4.10), объединяя эффекты, близкие по содержанию или по используемым показателям количественной оценки (как, например, увеличение доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в энергобалансе страны и снижение зависимости от ископаемых видов топлива). При этом, если мера непосредственно производит желаемый эффект, обозначим это в таблице знаком «++» на пересечении соответствующих строки и столбца, а, если лишь косвенно воздействует на достижение желаемого эффекта – обозначим знаком «+».

Таблица 4.10

**Меры налогового стимулирования и производимые ими эффекты**

Меры налогового стимулирования	Эффекты налогового стимулирования								
	Активизация ИД в сфере энергетики	Увеличение затрат на ИиР энергетических компаний	Снижение выбросов парниковых газов	Увеличение энергоэффективности в промышленном, жилищном и неком-	Увеличение доли ВИЭ в энергобалансе	Снижение энергодефицита	Модернизация энергоснабжения	Увеличение количества рабочих мест	Увеличение доли высокооплачиваемых специалистов
Инвестиционный налоговый кредит для производителей энергии из ВИЭ	++	++			++	++	+	++	+
Производственный налоговый кредит для производителей энергии из ВИЭ					++	++	+	++	
Налоговые льготы на собственность (для производителей энергии из ВИЭ)					++	++	+	++	
Льготы по НДС					++	++	+	++	
Налоговые льготы для покупателей энергии из ВИЭ (сокращение акцизных сборов)	+		++	++	+	+	++	+	
Ускоренная амортизация	++	+			++	++	+	++	+
Налоги на ископаемые источники энергии	+	+	++	+	+		++		
Налоговые льготы для потребителей энергоэффективного оборудования	+	+	++	++	+	+	++	+	+

Как показывает европейский и американский опыт, ускоренная амортизация и инвестиционный налоговый кредит стимулируют инвестиции в строительство и ввод новых мощностей, работающих от ВИЭ, что, в свою очередь, активизирует инновационные процессы в энергетической сфере, которые могут заключаться как в генерации инноваций, так и в их диффузии [51]. В любом случае, активизация инновационного процесса положительным образом сказывается на финансировании исследований и разработок и на создании новых высокооплачиваемых рабочих мест для высококвалифицированных специалистов.

Производственный налоговый кредит, льготы по налогу на имущество для производителей энергии из ВИЭ и льготы по НДС, так же делают альтернативную энергетику более коммерчески привлекательной отраслью, однако в меньшей степени влияют на инвестиционные предпочтения частных и институциональных инвесторов, чем выше перечисленные меры. Поэтому данные налоговые механизмы стимулирования в большей степени эффективны для уже существующих производителей и в меньшей степени активизируют поиск новых технологий.

Меры налогового стимулирования производителей энергии из ВИЭ оказывают непосредственное влияние на снижение энергодефицита и способствуют модернизации энергоснабжения. Вышеперечисленные меры налогового стимулирования являются достаточно распространенными на практике. Однако сложность их реализации заключается в том, что они требуют постоянного мониторинга инвестиционного и производственных процессов а, следовательно, увеличивают административную нагрузку, коррупционные риски и усложняют систему налогообложения, лишая ее одного из важнейших необходимых качеств – прозрачности.

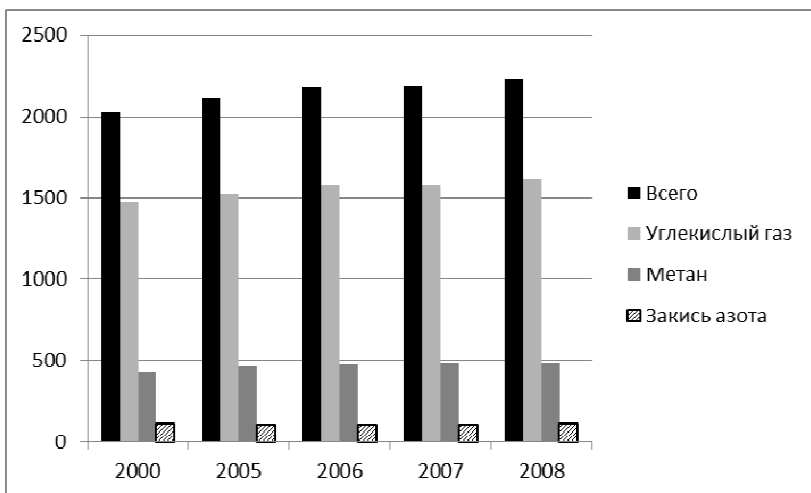
Налоговые льготы для покупателей энергии из ВИЭ не только стимулируют спрос на альтернативные технологии, но и, при прочих равных условиях, способствуют переходу потребителей от традиционных технологий к альтернативным и, тем самым, снижают спрос на ископаемые виды топлива, а также



способствуют изменению ментальности потребителей и более бережному расходу энергии. Данные меры стимулируют развитие сервисных и клиентоориентированных компаний, обеспечивающих установку энергосберегающего оборудования и когенерационных систем и, таким образом, способствуют активизации инновационных процессов (в основном, за счет диффузии) и созданию новых рабочих мест.

Как показано в [97], повышение налогового бремени на производство энергии из ископаемых видов топлива способствует улучшению экологической ситуации, снижению выбросов парниковых газов в атмосферу за счет разработки и внедрения новых энергоэффективных технологий добычи, транспортировки и переработки углеводородов, модернизации системы энергоснабжения и развития энергоэффективного машиностроения (производство электромобилей, гибридов, электроприводов, технологии рекуперации тепла и т.д.). Поэтому при всей своей простоте, данная мера, являясь, по сути, мерой налогового дестимулирования, напрямую способствует достижению ряда важных желаемых эффектов.

Учитывая неблагоприятные тенденции ухудшения экологической обстановки в России и устойчивый рост объемов выбросов парниковых газов (рис. 4.11), данная мера налогового стимулирования альтернативной энергетики и энергоэффективности, по нашему мнению, обязательно должна быть реализована в нашей стране в том объеме и виде, который наиболее полно учитывает особенности реализации экологического налогообложения на практике. Эта рекомендация полностью согласуется с результатами теоретического анализа эффективности различных форм экологического налогообложения, проведенного в п. 4.1. Непосредственное дестимулирование расходования традиционного углеводородного топлива относится к дискреционным мерам, которые, как показал проведенный анализ, предпочтительнее на данном этапе технологического развития, чем встроженные регуляторы.



**Рис. 4.11. Выбросы парниковых газов в млн. тон  $CO_2$ - эквивалента в год (по данным Росстата)**

Что касается мер налогового стимулирования спроса на энергоэффективные технологии и энергию из возобновляемых источников, то, как показывает практика ряда европейских государств и США, прямо или косвенно, они оказывают действие на максимально широкий спектр желаемых эффектов [51]. Так, например, налоговые льготы на покупку и установку когенерационного оборудования одновременно стимулируют спрос на инновационные технологии и решения, снижают потребление «традиционной» энергии и, как следствие, снижают выбросы парниковых газов, повышают энергоэффективность, способствуют модернизации энергоснабжения и дают толчок развитию энергетического машиностроения [63]. Возрастание спроса на инновации повышает инновационную активность компаний, работающих в сфере энергетики и машиностроения, стимулирует инвестиции в ИиР, инициирует потребность в высококвалифицированных специалистах.

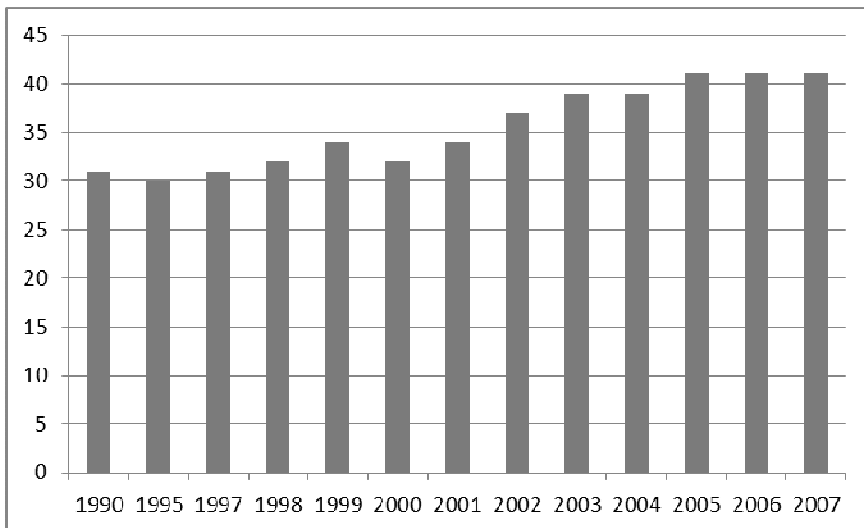
Однако данные меры налогового стимулирования нуждаются в тщательной проработке, так как в силу открытости современных экономических систем, они могут способствовать возрастанию конкурентоспособности иностранных производителей на внутреннем рынке России, а не развитию собственных

высокотехнологичных производств. Так, введение в России мер налогового стимулирования спроса на энергоэффективную бытовую технику, с учетом текущей ситуации на соответствующем рынке, характеризующейся обилием товаров иностранного производства, могло бы лишь увеличить объемы поставок на российский рынок определенных более качественных товаров, но не способствовало бы развитию собственных высокотехнологичных производств в силу текущей полной неконкурентоспособности данной отрасли и утраты ею кадрового и технологического потенциала.

Меры налогового стимулирования спроса на энергоэффективные технологии у населения в части энергоснабжения жилищ могут различаться по эффективности в зависимости от того, насколько централизована, или наоборот, децентрализована система энергоснабжения в той или иной стране. Учитывая тот факт, что в России доля децентрализованных систем теплоснабжения по объективным технико-экономическим причинам<sup>1</sup> традиционно достаточно велика и имеет тенденцию к увеличению (см. рис. 4.12, сост. по данным [73]), данный вид налогового стимулирования, по всей видимости, может оказывать значительное влияние на достижение желаемых эффектов. Однако следует учесть и тот факт, что по опыту других государств, данные меры налогового стимулирования действуют наиболее эффективно в сочетании с другими мерами неналогового характера – введением определенных норм и стандартов энергоэффективности, правил подключения к централизованной сети, гарантий на возможность продажи излишков энергии по рентабельным тарифам и т.д.

---

<sup>1</sup> В их числе – низкая плотность населения в ряде регионов, большие расстояния, т.е. высокие потери при передаче от централизованных источников.



**Рис. 4.12. Доля децентрализованных теплоснабжающих установок в общем потреблении тепла населением России**

Итак, использование метода декомпозиции целей развития альтернативной энергетики позволило выделить ряд эффектов различного уровня, которые могут быть оценены количественно, а проведенный анализ эмпирического материала по зарубежным практикам налогового стимулирования, позволил обозначить круг налоговых механизмов, про изводящих желаемые эффекты, и на качественном уровне провести оценку степени влияния каждого механизма на достижение той или иной цели. В качестве мер налогового стимулирования, наиболее эффективных для России, выделены налоговые льготы для потребителей энергоэффективного оборудования и технологий, налоговое дестимулирование производства энергии из ископаемых видов топлива. Однако, несмотря на теоретическую возможность получения количественной оценки величины эффектов различного уровня и затрат, необходимых для их достижения, эффективность мер налогового стимулирования в чистом виде оценить не представляется возможным, так как исследуемые эффекты не имеют эквивалентного денежного выражения, их действие лежит не только в экономической, но и в экологической, а также социальной плоскостях, непосредственным образом сказывается

на качестве жизни населения. Поэтому более целесообразным представляется говорить о сравнительной эффективности предлагаемых мер в отношении других механизмов налогового стимулирования или форм прямой государственной поддержки.

#### *ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4*

1. При замедлении темпов совершенствования технологий, встроенные регуляторы (например, налогообложение вредных выбросов) становятся менее эффективными, чем дискреционные меры (например, прямое налогообложение эксплуатации старых изделий). Если уровни выбросов при эксплуатации новых изделий лишь незначительно ниже, чем старых, для стимулирования ускоренной замены изделий ставки налогов на выбросы должны быть настолько высокими, что даже владельцы новой и более экологически чистой техники испытают многократное повышение эксплуатационных расходов. Поэтому дискреционные меры становятся более предпочтительными для владельцев оборудования, чем встроенные регуляторы, даже с учетом коррупционных рисков.

2. Меры прямой (субсидии) и косвенной (налоговые льготы) государственной поддержки альтернативной энергетики и энергоэффективности оказываются недостаточно эффективными в случае отсутствия необходимого институционального ландшафта для развития новых технологий. Основными элементами благоприятного институционального ландшафта являются эффективный конкурентный рынок труда, низкие барьеры входа на создаваемые рынки новых видов энергии и энергооборудования, гибкость технологических цепочек в промышленности (причем, не только в энергетическом машиностроении) и согласованная общественная поддержка новых технологий. При этом необходимо обеспечить коммерческую эффективность внедрения новых технологий.

## **Заключение**

Сформулируем общее заключение по всей работе, по возможности, не дублируя подробных выводов по каждой главе, а отвечая на вопросы, поставленные во введении.

- Основное предназначение «зеленых» технологий состоит в том, чтобы, несмотря на глобальные ресурсные ограничения, сделать доступным высокое качество жизни для всего человечества, причем, без ущерба для будущих поколений. Именно на этом пути может быть разрешен нынешний системный кризис мировой экономики и, шире – кризис развития современной цивилизации.

- Далеко не все «зеленые» инновации оказываются такими, если рассматривать комплексный эффект их внедрения. И даже если ресурсосберегающие технологии эффективны «в малом» - т.е. действительно снижают удельный расход ресурсов, они могут оказаться неэффективными на уровне социально-экономической системы вследствие эффекта рикошета. Следовательно, корректный анализ эффективности инноваций (в т.ч. и «зеленых») возможен только в рамках конкретной социально-экономической системы.

- Ресурсосберегающие инновации в сфере производства благ первой необходимости («бережливые» инновации) наиболее эффективны с социально-экономической точки зрения и наименее рискованны в плане проявления эффекта рикошета. Что касается развития нематериального сектора экономики, в нынешнем виде оно не решает, а усугубляет ресурсные и экологические проблемы человечества.

- Воспроизводство ресурсов при прочих равных условиях полезнее, чем ресурсосбережение, с социально-экономической точки зрения и безопаснее – с экологической точки зрения. Однако именно снижение ресурсоемкости собственных технологий более привлекательно для бизнеса на конкурентном рынке, чем повышение доступности общих ресурсов. Более того, наиболее

успешным конкурентам может быть выгодно ухудшение условий, т.е. повышение дефицитности ресурсов.

- Наличие эффективного рынка ограниченных ресурсов, обеспечение платного доступа к ним не исключают их исчерпания в интересах немногих – даже если существуют технологические возможности обеспечения благосостояния большинства населения.

- Рыночные механизмы не только не снижают описанные выше риски – напротив, эти риски являются следствием рыночной конкуренции, гедонистического поведения людей и т.п. Следовательно, даже при наличии технологических возможностей ресурсные и экологические проблемы человечества неразрешимы исключительно на рыночной основе, без государственного вмешательства и изменения императивов экономического развития. Необходимо изменение менталитета людей, их экономического образа мышления: от статусного соперничества, антагонизма и эгоизма – к осознанию общих интересов.

- Даже в тех случаях, когда новые, более экологичные технологии экономичнее старых, естественных стимулов для их скорейшего внедрения может быть недостаточно, и потребуются стимулирование со стороны государства. При этом, в зависимости от стадии инновационного развития технологий, встроенные регуляторы, устанавливающие единые для всех правила, могут быть в принципе неэффективными, либо уступать в эффективности дискреционным, избирательным мерам. И хотя последние сопряжены с большими коррупционными рисками, они могут быть предпочтительнее для бизнеса, чем более «либеральные» встроенные регуляторы.

- Помимо прямой государственной поддержки «желательных» направлений «зеленого» инновационного развития, не менее важно создание соответствующей институциональной среды. Наряду с активизацией государственного участия в решении ресурсно-экологических проблем, необходимо формирование негосударственных неформальных институтов «зеленого» развития на основе сознательной самоорганизации граждан и фирм.

## ***Благодарности***

Эта книга написана на основе цикла работ, выполненных авторами как самостоятельно, так и в соавторстве с коллегами. Пользуясь случаем, авторы выражают глубокую благодарность:

- своим ближайшим коллегам и соавторам ряда работ, обобщенных в этой книге – прежде всего, Елене Александровне Болбот, Сергею Александровичу Гривскому, Анастасии Ивановне Игнатъевой;

- рецензентам, Роберту Михайловичу Нижегородцеву и Леониду Евгеньевичу Варшавскому – за внимательное прочтение рукописи и отдельных вошедших в нее работ, за конструктивную критику и ценные предложения.



## Литература

1. 2011 Annual Statistical Report on the contribution of Biomass to the Energy System in the EU-27 / Brussels: AEBIOM, June 2011. 101 p.

2. *Аджиев А.Ю., Бреценко Е.М.* Технология получения нового авиационного топлива – АСКТ // *Авиаглобус*. 2009. № 7 (спецвыпуск).

3. *Альтфатер Э.* Продовольственный кризис // конференция «Два капитализма в России», Москва, 17 мая 2008. [http://www.scepsis.ru/library/id\\_2042.html](http://www.scepsis.ru/library/id_2042.html)

4. *Арнольд В.И.* “Жесткие” и “мягкие” математические модели / М.: МЦНМО, 2000 – 32с.

5. *Балацкий Е.В.* Институциональные и технологические ловушки: анализ идей // *Журнал экономической теории*, № 2, 2012, с. 48-63.

6. *Бейкер Л.* Эффект рикошета // *В мире науки*, № 9, 2007.

7. *Божedomский А.* Спор на сухом месте // *Взгляд*, 08.08.2012. Электронный ресурс: <http://www.vz.ru/politics/2012/8/8/592414.print.html>

8. *Болбот Е.А., Клочков В.В.* Риски и ограничения роста нематериального сектора экономики // *Материалы всероссийской конференции — Девярых Друкеровских чтений «Информационная экономика: институциональные проблемы»*. М.: ИПУ РАН, 2009. С. 292-298.

9. *Болбот Е.А., Клочков В.В.* Приоритеты инновационного развития: конкурентное преимущество и общие интересы // *Труды МФТИ*. 2010. Т. 2, № 3. С. 22-31.

10. *Болбот Е.А., Клочков В.В.* Экономико-математический анализ предпосылок и последствий эффекта рикошета // *Экономический анализ: теория и практика*. 2012. № 3. С. 52-63.

11. *Болбот Е.А., Клочков В.В.* Системный анализ рисков внедрения «зеленых» технологий // *Экономика природопользования*. 2012. № 1. С. 78-100.

12. *Буриченко Л.А., Еенков В.Г., Науменко И.М., Протое-рейский А.С.* Охрана окружающей среды в гражданской авиации / М.: Машиностроение, 1992.

13. В США ужесточат стандарты топливной экономичности автомобильных двигателей // Взгляд, 29.07.2011. Электронный ресурс: <http://www.vz.ru/news/2011/7/29/511108.html>

14. *Воловник А.А.* Знакомьтесь, информационные технологии / СПб.: БХВ-Петербург, 2002 – 352 с.

15. *Гладкова Е.* Проект российской АЭС в Турции дорожает: мнение экспертов // Однако, 09.07.2012.

16. *Голиченко О.Г.* Национальная инновационная система России: состояние и пути развития. М.: Наука, 2006, - 396.

17. *Голиченко О.Г.* Технологическая революция и фрагментация цепей создания добавленной стоимости // Материалы международной научно-практической конференции «Управление инновациями – 2009», М.: ИПУ РАН, 2009, с. 36-41.

18. *Гордон Дж.* Конструкции, или Почему не ломаются вещи / М: Мир, 1980 – 390 с.

19. *Гусманов Т.М., Клочков В.В.* Экономические проблемы развития авиационной промышленности в условиях нестабильного спроса на авиаперевозки // Экономическая наука современной России, № 3, 2008, с. 98-109.

20. *Дейл Б., Хьюбер Дж.* Самое зеленое топливо // В мире науки, № 9, 2011, с. 26-33.

21. *Деминг Э.* Новая экономика / М.: Эксмо, 2006 – 208 с.

22. *Дмитриев В.Г., Мунин А.Г.* Экологические проблемы гражданской авиации // Аэрокосмический курьер, № 2, 2003, с. 15-17.

23. *Дубров А.М., Лагоша Б.А., Хрусталеv Е.Ю., Барановская Т.П.* Моделирование рисковvх ситуаций в экономике и бизнесе. Учебное пособие / М.: Финансы и статистика, 2001, 224 с.

24. *Журавлева Н.* Коровы против Газпрома // Взгляд, 13.08.2012. Электронный ресурс: <http://vz.ru/economy/2012/8/13/593207.html>

25. *Иванов Ю.Н.* Теоретическая экономика. Очерк экономических доктрин. Теория потребления / М.: Наука, Физматлит, 1997 – 128 с.

26. *Измалков С.Б., Ильинский Д.Г., Саватеев А.В.* Игры на выбывание // материалы семинара «Математическая экономика», 06.04.2010, Москва, ЦЭМИ РАН.

27. *Каныгин П.С.* Экономика освоения альтернативных источников энергии (на примере ЕС) / М.: Русь-Олимп, 2009 – 254 с.

28. *Капица П.Л.* Энергия и физика. Доклад на научной сессии, посвященной 250-летию Академии наук СССР. Москва, 08 октября 1975 г. // Вестник АН СССР. 1976. № 1. С. 34-43.

29. *Капица С.П.* Очерк теории роста человечества: Демографическая революция и информационное общество / М.: УРСС, 2008 – 128 с.

30. *Кастельс М.* Информационная эпоха: экономика, общество и культура. Пер. с англ. под ред. О.И. Шкаратана / М.: ВШЭ, 2000 – 608 с.

31. *Клинский Б., Назаренко Ю.* К вопросу об антропогенном изменении климата, и о проблемах с Монреальским и Киотским протоколами // Двигатель, № 6, 2005.

32. *Клочков В.В.* CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты / М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008, 124 с.

33. *Клочков В.В.* Управление инновационным развитием гражданского авиастроения / М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009 – 280 с.

34. *Клочков В.В.* Управленческие аспекты развития экономической науки / М.: ИПУ РАН, 2011 – 278 с.

35. *Клочков В.В.* Экономика: учебное пособие для вузов / М.: ИНФРА-М, 2012 – 684 с.

36. *Клочков В.В.* Риски и ограничения развития нематериального сектора экономики // Сфера услуг: инновации и качество. 2011. № 1. С. 19-23.

37. *Клочков В.В., Болбот Е.А.* Социально-экономические аспекты инновационного развития экономики // Вестник Уральского государственного технического университета. Серия «Экономика и управление». 2009. № 5. С. 86-97.

38. *Клочков В.В., Болбот Е.А.* Глобальные ограничения экономического роста и приоритеты инновационного развития России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2012. № 23 (164). С. 2-12.

39. Клочков В.В., Болбот Е.А. «Ловушка эгоизма» в инновационном развитии: анализ предпосылок и последствий // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 40 (295). С. 27-39.

40. Клочков В.В., Гривский С.А., Игнатьева А.И. Анализ эффективности экономических механизмов стимулирования обновления технологий // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 33 (288). С. 16-26.

41. Клочков В.В., Гусманов Т.М. Экологические стандарты как инструмент стимулирования спроса на продукцию авиационной промышленности // Маркетинг в России и за рубежом, № 3, 2007, с. 39-45.

42. Клочков В.В., Игнатьева А.И. Эколого-экономические проблемы обновления мирового парка авиатехники // Экономика природопользования, № 2, 2009, с. 23-40.

43. Клочков В.В., Шкадова А.А., Ждановский А.В. Экономические аспекты морального устаревания техники // Технология машиностроения, № 11, 2008, с. 65-70.

44. Клочков В.В., Шустов А.В., Гусманов Т.М. Экологические нормы как фактор конкурентной борьбы на рынках авиаперевозок и авиатехники // Авиакосмическая техника и технология, № 3, 2007, с. 61-70.

45. Коротаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Законы истории. Математическое моделирование развития Мир-Системы. Демография, экономика, культура. Изд.2 / М.: URSS, 2007. 224 с.

46. Костромина Е.В. Экономика авиакомпании в условиях рынка / М.: НОУ ВКШ "Авиабизнес", 2002. – 304 с.

47. Кравецкий А. Ежедневное некрасиво // Однако, 05.08.2011. Электронный ресурс: [http://www.odnako.org/blogs/show\\_12253/](http://www.odnako.org/blogs/show_12253/)

48. Кудряков Н. Дрова, солома и навоз для трети человечества // Скепсис, 17.07.2006. Электронный ресурс: [http://www.scepsis.ru/library/id\\_735.html](http://www.scepsis.ru/library/id_735.html)

49. Леденева М.В. Анализ теоретических подходов к проблеме неэквивалентного обмена // Terra Economicus, 2009, т. 7, № 1, ч. 2, с. 48-52.

50. «Мрия» ставит новый рекорд // по сообщению ГП «Антонов», 11.06.2010.

51. Налоговое стимулирование инновационных процессов. / Отв. ред. - Н.И. Иванова. – М.: ИМЭМО РАН, 2009, 160 с.

52. *Неверов А.Н.* Эволюция окружающей среды и современная экономическая теория // Экономический анализ: теория и практика. № 5 (260), 2012. С. 9-15.

53. Немецкий ученый Г. Меньш // ИННО-Сколково, 24.08.2010. Электронный ресурс: <http://scolcovonet.ru/inno/nemeckii-uchenyi-mensh/>

54. *Нижегородцев Р.М.* Основы теории инноваций / М.: Доброе слово, 2011 – 88 с.

55. *Нижегородцев Р.М.* Управление беспорядком: глобальные уроки экономического кризиса // Проблемы управления, № 3, 2009, с. 33-43.

56. *Никольский А.* Дефицит пресной воды в странах мира: справка // РИА «Новости», 22.03.2010. Электронный ресурс: <http://eco.ria.ru/documents/20100322/215718166.html>

57. *Пател Р.* Может ли Земля прокормить 10 млрд. человек? // Скепсис, 12.12.2011. Электронная публикация: [http://sceptis.ru/library/id\\_3097.html](http://sceptis.ru/library/id_3097.html)

58. Перспективы энергетических технологий 2010. Сценарии и стратегии до 2050 года. Russian Translation. / Paris, France, International Energy Agency, 2010.

59. *Плакаткин Ю.А.* Мировая энергетика – закономерности глобального развития // Экономические стратегии, 2012, №1, стр.24-33.

60. *Позамантур Э.И.* Модели спроса на перевозки / в кн.: Экономико-математический энциклопедический словарь. М.: Большая Российская Энциклопедия, 2003, с. 506-508.

61. *Порфирьев Б.Н.* Природа и экономика: риски взаимодействия. (эколого-экономические очерки) / Под ред. В.В. Ивантера. – М.: «Анкил», 2011, 352 с.

62. *Пиендин А.И.* Рациональное питание спортсменов / СПб, Гиорд, 2002 – 98 с.

63. *Ратнер С.В.* Возможности адаптации опыта Германии по созданию рамочных условий для промышленного использования инновационных технологий в области энергетики // На-

циональные интересы: приоритеты и безопасность, №43 (136), 2011, с. 71-78.

64. *Ратнер С.В.* Социально-экономические эффекты развития альтернативной энергетики в США // Национальные интересы: приоритеты и безопасность, №28, 2012, с. 47-55.

65. *Ратнер С.В., Дира Д.В.* Налоговое стимулирование альтернативной энергетики в Европе // Финансы и кредит, №8 (488), 2012, с. 21-27.

66. *Ратнер С.В., Наружная О.Ю.* Институциональные аспекты развития промышленных систем (на примере оффшорной ветроэнергетики Германии) // Экономический анализ: теория и практика, 2011, №46, с. 4-8.

67. *Родоман Б.Б.* Автомобильный тупик России и мира // Электронный научно-просветительский журнал «Скепсис». [http://scepsis.ru/library/id\\_2101.html](http://scepsis.ru/library/id_2101.html)

68. *Родоман Б.Б.* Гуманизм, экология и рыночные отношения // Электронный научно-просветительский журнал «Скепсис». [http://scepsis.ru/library/id\\_2083.html](http://scepsis.ru/library/id_2083.html)

69. *Рюмина Е.В.* Экономический анализ ущерба от экологических нарушений / М.: Наука, 2009 – 331 с.

70. *Рюмина Е.В.* Отношение экономики к проблеме сохранения биоразнообразия // Экономика природопользования. № 1. 2009. С. 5-10.

71. *Рюмина Е.В.* Почему предприятия не хотят и не могут охранять окружающую среду: количественный анализ // Экономическая наука современной России. № 3. 2009. С. 69-74.

72. *Саймон Д.* Неисчерпаемый ресурс / Челябинск: Социум, 2005 – 797с.

73. *Семикашев В.В.* Потребление тепловой энергии населением России // Проблемы прогнозирования, 2010, №4, с. 73-86.

74. *Скибин В., Волков С.* Выбросы вредных веществ от авиационных двигателей // Аэрокосмический курьер, № 2, 2003, с. 18-19.

75. *Скидельски Р.* О мире после капитализма // «Взгляд», 08.07.2011.

76. *Стасинопулос П., Смит М., Харгроувс К.Ч., Деша Ч.* Проектирование систем как единого целого: интегральный под-

ход к инжинирингу для устойчивого развития / М.: Эксмо, 2012 – 288 с.

77. *Тимченко М.В., Клочков В.В.* Анализ стоимостной емкости рынков гражданской авиатехники и перспектив догоняющего развития российского авиастроения // *Экономический анализ: теория и практика.* № 41 (248). 2011. С. 2-12.

78. *Ушаков Е.П.* Экологически чистые технологии в преодолении экономического кризиса: модельный анализ // *Экономическая наука современной России,* № 4, 2009, с. 54-64.

79. *Федоров Б.Г.* Экономико-экологические аспекты выбросов углекислого газа в атмосферу // *Проблемы прогнозирования,* № 5, 2004, с. 86-101.

80. *Федоров Б.Г.* Посткиотская экономика России // *Проблемы прогнозирования,* № 4, 2007, с. 74-83.

81. *Фитуни Л.* Ресурсные войны // *Взгляд,* № 18 (82), 05.06.2011.

82. *Фридман А.А.* Экономика истощаемых природных ресурсов / М.: ИД ГУ ВШЭ, 2010.

83. *Ховавко И.Ю.* Интернализация внешних эффектов от загрязнения окружающей среды в РФ: вопросы теории и практики / М.: ТЕИС, 2012.

84. *Хрусталева Е.Ю., Ларин С.Н.* Новые тенденции в организации партнерских отношений государства и бизнеса в инновационной сфере // *Финансовая аналитика: проблемы и решения,* 2011, № 34.

85. *Хрусталева Е.Ю., Славянов А.С.* Проблемы формирования инвестиционной стратегии инновационно-ориентированного экономического роста // *Проблемы прогнозирования,* 2011, № 3.

86. *Цыганов В.В.* Адаптивные механизмы и высокие гуманитарные технологии. Теория гуманитарных систем / М.: Академический проект, 2012. – 346 с.

87. *Шевяков А.Ю., Жаромский В.С., Соцков В.В.* Социально-экономическое неравенство и бедность: состояние и пути снижения масштабов // *Экономическая наука современной России,* № 3, 2007, с. 62-74.

88. Шкрадюк И.Э. Тенденции развития возобновляемых источников энергии в России и мире / М.: WWF России, 2010 – 88 с.

89. Энциклопедия систем жизнеобеспечения. Т. 1. Знания об устойчивом развитии / М.: Магистр-пресс, 2005 – 1302 с.

90. A National Offshore Wind Strategy: Creating an Offshore Wind Energy Industry in United States / EERE Information Center, 2011, February. DOE/GO- 102011-9288.

91. Airbus A-340-600 выполнил первый пассажирский рейс на синтетическом топливе // сайт [www.aviaport.ru](http://www.aviaport.ru), 13.10.2009.

92. Aircraft Engine and Engine Parts Manufacturing: 2002 / in: 2002 Economic Census. Manufacturing. Industry series. U.S. Census Bureau, 2004 – 47 p.

93. *Antoci, A. and Bartolini, S.* Negative externalities as the engine of growth in an evolutionary context // MPRA Paper 13908, University Library of Munich, Germany, 1999.

94. Biomass Program: Biennial Review Report. An Independent Evaluation of Platform Activities for FY 2010 and FY 2011 / DOE. Washington D.C., February 2012. 33 p.

95. *Brännlund, R.* Environmental policy without costs? A review of the Porter hypothesis // S-WoPEc, Swedish Working Papers in Economics, Umeå Economic Studies, № 766, 2009 – 49 p.

96. *Chiu, Y.-W., Walseth, B. and Suh, S.* Water Embodied in Bioethanol in the United States // Environmental Science and Technology. 2009. Volume 43. No. 8. pp. 2688-2692.

97. Comparing Practices in R&D Tax Incentives Evaluation. By Expert Group on R&D Tax Incentives Evaluation. Final Report. / Brussels: European Commission. 2008.

98. *Fargione, J., Hill, J., Tilman, D. et al.* Land clearing and the biofuel carbon debt // Science. 2008. Vol. 319. pp. 1235–1238.

99. *Frondel, M., Horbach, J. & Rennings, K.* End-of-Pipe or Cleaner Production? An Empirical Comparison of Environmental Innovation Decisions Across OECD Countries // ZEW Discussion Papers 04-82. 2004.

100. Global Market Outlook for Photovoltaics until 2016 / Brussels: EPIA, 2012. 76 p.

101. *Goodward J., Gonzale M.* Renewable Energy Tax Credits // The Bottom Line on..., Issue 18,



[http://pdf.wri.org/bottom\\_line\\_renewable\\_energy\\_tax\\_credits\\_10-2010.pdf](http://pdf.wri.org/bottom_line_renewable_energy_tax_credits_10-2010.pdf)

102. *Groom, M.J., Gray, E.M. and Townsend, P.A.* Biofuels and biodiversity: Principles for creating better policies for biofuel production // *Conservation Biology*. 2008 Volume 22, Issue 3, pp. 602–609, June 2008.

103. *Hardin, G.* The tragedy of the commons // *Science*, 162 (1968), pp. 1243-1248.

104. *Heller, M.* The tragedy of the anticommons: property in the transition from Marx to markets // William Davidson Institute of the University of Michigan business school, Working papers, series 40, 1997.

105. *Herring, H.* 2008. «Rebound effect» // in: *Encyclopedia of Earth*. Eds. Cutler J. Cleveland (Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment). Web-публикация: <[http://www.eoearth.org/article/Rebound\\_effect](http://www.eoearth.org/article/Rebound_effect)>

106. *Howarth, R.* Energy Efficiency and Economic Growth. *Contemporary Economic Policy* // 1997. Vol. XV, pp. 1-9.

107. *Hueting, R.* “New scarcity and economic growth: More welfare through less production?” / Ph.D. thesis. University of Groningen. 1974.

108. *International Tax Incentives for Renewable Energy: Lessons for Public Policy* / San Francisco, California, Center for Resource Solutions, 2005, 27 p.

109. *Murphy, David J. and Hall, Charles A.S.* Year in review—EROI or energy return on (energy) invested // *Annals of the New York Academy of Sciences*. Vol.1185, *Ecological Economics Reviews* pp. 102–118, January 2010.

110. *National Plan for Aeronautics Research and Development and Related Infrastructure* / сайт [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov), December 2007 – 56 p.

111. *Porter M.E.* America’s Green Strategy // *Scientific American*. 1991. Vol. 264, № 4, 96.

112. *Porter M.E., Van den Linden C.* Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship // *Journal of Economic Perspectives*, 9, № 4, 1995.

113. Remarks by The President at the National Academy of Sciences Annual Meeting. National Academy of Sciences, Washington, D.C. 27 April 2009 // Web-публикация: <[http://www.whitehouse.gov/the\\_press\\_office/Remarks-by-the-President-at-the-National-Academy-of-Sciences-Annual-Meeting/](http://www.whitehouse.gov/the_press_office/Remarks-by-the-President-at-the-National-Academy-of-Sciences-Annual-Meeting/)>
114. *Saunders, H.* The Khazzoom-Brookes Postulate and Neoclassical Growth // *Energy Journal*. 1992. No. 13, pp. 131-148.
115. *Steinfeld, H. and Gerber, P.* Livestock production and the global environment: Consume less or produce better? // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2010;107:18237–18238
116. The German Heating and Cooling Industry. Industry Overview // Berlin, Germany Trade&Invest, 2009, pp. 12.
117. The Wind Energy Industry in Germany. Issue 2010/2011 // Berlin, Germany Trade&Invest, 2010, 16 pp.
118. The Wind Industry in Germany – Economic report / Berlin, VDMA Power Systems German Wind Energy Association, 2010, 43 pp.
119. *Vikström, P.* Energy efficiency and Energy Demand: A Historical CGE Investigation on the Rebound Effect in the Swedish Economy 1957 / Umeå University. Umea, Sweden, 2004.
120. *Wagner, M.* The Porter Hypothesis Revisited. A Literature Review of Theoretical Model and Empirical Test / Lüneburg: Centre for Sustainability Management, 2003, 46 p.
121. Wind Technologies Market Report, 2010 / EERE Information Center, 2011, June. DOE/GO-102011-332.
122. *Wirl, F.* The Economics of Conservation Programs / Kluwer Academic, 1997.
123. *Xepapadeas, A. & de Zeeuw, A.* Environmental Policy and Competitiveness: The Porter Hypothesis and the Composition of Capital // *Journal of Environmental Economics and Management*, 1999, vol. 37(2), pp. 165-182.
124. *Yanarella, E.J., Levine, R.S. and Lancaster, R.W.* Research and Solutions: "Green" vs. Sustainability: From Semantics to Enlightenment // *Sustainability: The Journal of Record*. October 2009, 2(5), pp. 296-302.
125. <http://www.altenergymag.com>
126. <http://www.bsh.de>

127. [www.clubofrome.org](http://www.clubofrome.org)
128. <http://www.epp.eurostat.ec.europa.eu>
129. <http://www.ecs.umass.edu/biofuels>
130. <http://www.esha.be>
131. <http://www.geothermal-energy.org>
132. [www.gks.ru](http://www.gks.ru)
133. <http://thesolarfoundation.org>
134. <http://www.wind-industry-germany.com/en/facts/growth-sector-wind-industry>
135. <http://www.wind-energie.de>

*Научное электронное издание*

**Клочков Владислав Валерьевич**

**Ратнер Светлана Валерьевна**

**«Управление развитием «зеленых» технологий:  
экономические аспекты»**

Электронное издание комбинированного распространения:

Сайт ИПУ РАН <http://www.ipu.ru>

Электронно-оптический диск (CD-R), 3,2 Мб

Дата подписания к использованию 17.12.2012

№ гос. регистрации 0321301152 в НТЦ «Информрегистр»

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова

Российской академии наук

117997,

ул. Профсоюзная, д. 65

Россия, Москва