

*И. Башмаков<sup>1</sup>*

## **«Экономика постоянных» и длинные циклы динамики цен на энергию\***

В работе показано, что существует цикличность динамики цен на энергоносители и доли затрат на энергию с периодичностью 25–30 лет. Центром «экономической гравитации» выступает сходная для крупных экономик константа – стабильное в долгосрочном плане отношение затрат на энергию к доходу. Циклические колебания и константы проявляются в каждом секторе энергопотребления. Их наличие определяет феномен «минус единица», согласно которому за полный цикл энергоемкость меняется на величину, обратную изменению реальных цен на энергию. Пороги платежеспособности и асимметричность ценовой эластичности – важные факторы разворотов траектории доли затрат на энергию в сторону центра «экономической гравитации». Цикличность природы динамики цен на энергию проявляется на протяжении пяти веков и пережила смену многих технологических укладов, внедрение множества революционных технологий и изменение доминирования энергоресурсов.

*Ключевые слова:* экономические циклы, цены на энергию, цены на нефть, доля затрат на энергию, энергоемкость, ценовая эластичность, пороги платежеспособности.

*JEL:* E25, E3, N7, O1, O4, O5, P52, Q3, Q4.

### **Дискуссия о перспективах и цикличности динамики цен на нефть**

Прогнозы динамики цен на нефть представляют огромный интерес для многих экономических агентов. Для России, где с ценами на нефть прямо связаны экономический рост и бюджетные расходы, а также готовность проводить структурные реформы, снижать роль госсектора в экономике, менять комбинацию декларативной и реальной демократии и другие аспекты экономической и общественной жизни, это особенно актуально.

---

<sup>1</sup> *Башмаков Игорь Алексеевич* ([bashmako@co.ru](mailto:bashmako@co.ru)), д. э. н., исполнительный директор Центра по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ) (Москва).

\* В данной статье развиты положения, сформулированные в: Bashmakov, Grubb, 2016. Автор выражает благодарность А. Мышак за большую помощь в обработке данных и проведении ряда расчетов.

В экономическом сообществе, в том числе на страницах журнала «Вопросы экономики», развернулась полемика относительно циклической природы динамики мировых цен на нефть. Не претендуя на полное отражение всех граней этой полемики, ограничимся кратким анализом двух точек зрения. В статье: Гурвич и др., 2015, обосновывается существование нефтяного суперцикла. Авторы анализируют известный график ВР с динамикой цен на нефть с 1861 г. и приходят к выводу о наличии в ней низкочастотной компоненты после 1972 г. с периодом 30–31 год. Построенная ими модель позволила описать период одного цикла с четвертью. Прогноз на ее базе показывает сохранение низкого уровня цен на нефть до 2020 г., и, согласно логике прогноза, следующий пик цен может быть достигнут приблизительно в 2040–2042 гг. (2011 г. плюс 30–31 год)<sup>2</sup>. Авторы также указывают на большую амплитуду колебаний цены на нефть и замечают, что «после длительного периода аномально высоких цен на нефть они вернулись к своему нормальному уровню», соответствующему долгосрочному тренду и равному 50–55 долл./барр. (Гурвич и др., 2015. С. ). Отметим три момента: авторы не объясняют механизм суперцикла; рассматривают ситуацию на рынке нефти в отрыве от ситуации на других энергетических рынках и от экономической доступности энергии; изучают довольно ограниченный временной горизонт, на котором удалось выявить только один суперцикл.

В упомянутой работе отмечена вероятность длительного периода сохранения низких цен на нефть. С этим тезисом согласен и В. Мау (2016), который, однако, выражает сомнение в возможности сохранения волнообразной природы нефтяной конъюнктуры. Он указывает, что давление технологических сдвигов, которые ведут к снижению материало- и энергоемкости, на сырьевые цены настолько значительно, что «очередного циклического подъема цен на традиционные сырьевые товары может не произойти», и нефть станет обычным биржевым товаром (Мау, 2016. С.). Следовательно, российская экономическая

---

<sup>2</sup> Правда, авторы не настаивают, что продолжительность суперцикла равна именно 30–31 году.

политика не может основываться на ожидании восстановления высокого уровня цен на нефть. Таким образом, авторы едины в том, что низкие цены на нефть сохранятся надолго, но не согласны относительно возможности возвращения высоких цен.

В отношении тезисов Мау следует сделать четыре замечания. Во-первых, кардинальных технологических сдвигов, которые существенным образом влияли на уровни материалоемкости и энергоемкости, было достаточно как в очень, так и не в очень далеком прошлом. Однако, как будет показано ниже, это не привело к формированию низкого уровня цен на энергоносители. Во-вторых, для многих биржевых товаров на протяжении столетий была характерна крайняя неустойчивость динамики цен, сопровождаемая колебаниями с довольно большой амплитудой. В-третьих, формирующийся технологический уклад, основанный на интеграции информационных и «зеленых» технологий, включая переход к использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ), преобразование зданий в источники и хранилища электроэнергии и тепла, развитие «умных сетей» и перевод автомобилей на электроэнергию и топливные элементы, наряду с развитием мало- и безотходных технологий, называют шестой «зеленой» волной Кондратьева (AGI, 2010); тем самым признается сохранение на перспективу циклической природы динамики мирового хозяйства. В-четвертых, на примере угля можно утверждать, что даже когда энергетический ресурс постепенно и медленно теряет свою значимость, циклическая природа изменения цен на него не исчезает.

### **Феномен «минус единица». Пример США**

В наших работах (см.: Башмаков, 2006; Bashmakov, 2007) была сформулирована и исследована гипотеза о трех общих законах энергетической трансформации. Первый закон гласит, что в долгосрочном плане отношение затрат на энергию к доходу относительно стабильно с очень ограниченным

диапазоном колебаний вокруг этого устойчивого значения. М. Грабб (Grubb et al., 2014), протестировавший «константу Башмакова», показал, что в долгосрочной перспективе страны с более высокими средними ценами на энергоносители производят богатство при меньшем удельном потреблении энергии с эластичностью энергоемкости по цене, равной  $-1$ , поэтому рост реальных цен на энергоносители полностью компенсируется сокращением энергоемкости<sup>3</sup>. Эти гипотезы о стабильности доли затрат на энергию и феномене «минус единица» сегодня можно проверить на основе большего объема фактических данных, хотя исследований эволюции этих пропорций по-прежнему мало, в основном из-за нехватки агрегированных на уровне страны или региона данных о суммарной стоимости энергии для ее потребителей.

Четыре фактора определяют эволюцию отношения затрат энергии к ВВП<sup>4</sup> ( $Se$ ):

$$Se = \frac{E * PE}{YR * PY} = \frac{E}{YR} * \frac{PE}{PY} = EI * PER, \quad (1)$$

где:  $E$  – потребление энергии;  $PE$  – цены на энергоносители;  $YR$  – ВВП в постоянных ценах;  $PY$  – дефлятор ВВП;  $EI$  – энергоемкость ВВП;  $PER$  – реальная цена энергии.

---

<sup>3</sup> Здесь и ниже важно различать четыре понятия: эластичность спроса на энергию по цене; эластичность энергоемкости выпуска (ВВП, промышленной продукции и т. п.) по реальной цене на энергию; эластичность энергоемкости выпуска по доле расходов на энергию; эластичность спроса на энергию по доле расходов на энергию. Это разные концепции, которые характеризуются разными параметрами эластичности.

<sup>4</sup> В прямом смысле отношение затрат на энергию к ВВП нельзя считать долей, поскольку значительная их часть входит в состав не добавленной стоимости, или конечного продукта, а промежуточного продукта. По отношению к валовому продукту эти затраты действительно могут определяться как доля. Поэтому ниже, если используется выражение «доля затрат на энергию в ВВП», то оно взято в кавычки.

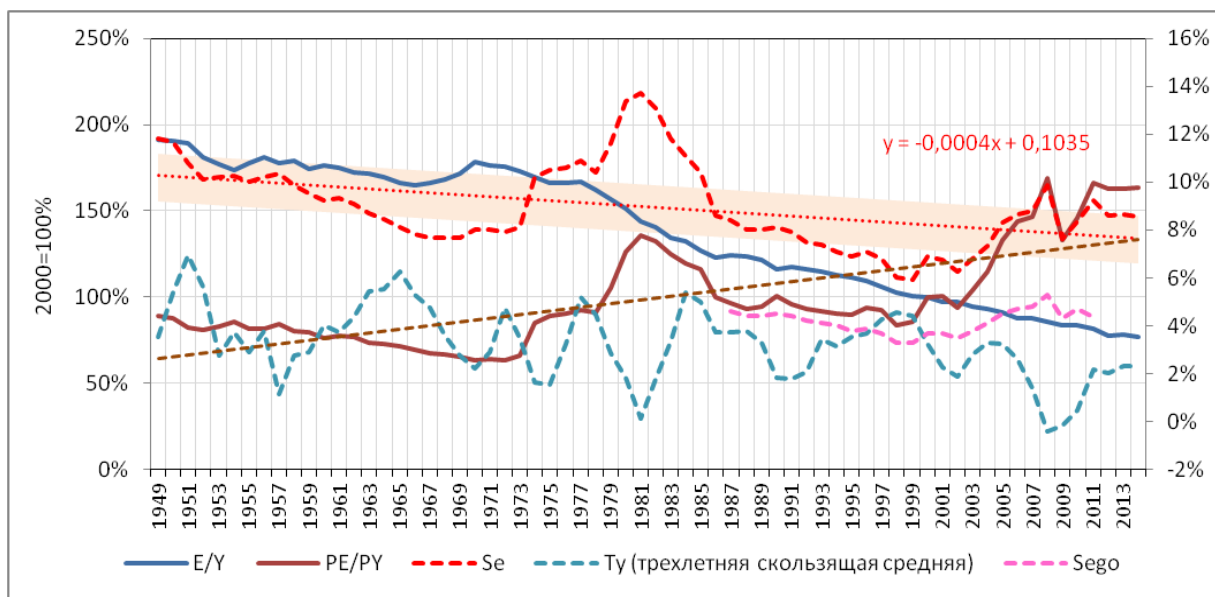
Тождество (1) показывает, что эти четыре фактора могут быть сведены к двум: энергоемкости ВВП и реальной цене энергии. На рисунке 1 представлена эволюция последних двух факторов, а также темпов роста ВВП и «доли затрат на энергию в ВВП» США за 1949–2014 гг. Этот рисунок позволяет сделать ряд важных наблюдений.

Во-первых, отношение затрат на энергию к ВВП имеет циклическую динамику с немного понижающейся зоной центра колебаний, ограниченной в последнее десятилетие 7–9%. Когда верхний предел достигнут или превышен (1949–1952, 1974–1985 и 2008–2014 гг.), отношение падает, а после достижения нижнего предела (1965–1973 и 1993–2003 гг.) оно, наоборот, растет. Ранее считалось, что эта устойчивая зона стабильна (Башмаков, 2006; Bashmakov, 2007). Однако временной горизонт в несколько десятилетий позволяет обнаружить медленно снижающийся тренд (примерно на 0,4% за каждые 10 лет)<sup>5</sup>. Таким образом, можно говорить не об одном цикле, выявленном в: Гурвич др., 2015, а по меньшей мере о двух, правда, в отношении не столько цены на нефть, сколько агрегированной цены на все энергоресурсы. Во-вторых, существуют циклы эволюции реальных цен на энергоносители вокруг восходящего тренда. В-третьих, циклы эволюции «доли затрат на энергию в ВВП» заметно влияют на темпы снижения энергоемкости (табл. 1). В-четвертых, в целом эволюция темпов роста ВВП противоположна динамике отношения «затраты на энергию/ВВП», в то время как дефлятор ВВП, наоборот, положительно коррелирует с ней. В-пятых, если рассматривать циклы изменения «доли затрат на энергию в ВВП» продолжительностью от четверти до трети века (см. табл. 1), то энергоемкость снижается практически настолько, насколько растут реальные цены на энергию, то есть с эластичностью, равной приблизительно  $-1$ . Для двух рассмотренных циклов этот показатель эластичности оказался равен  $-0,99$ . Это и есть феномен «минус единица».

---

<sup>5</sup> Как будет показано ниже, этот тренд наблюдается в течение длительного, но ограниченного периода.

**Эволюция основных факторов, определяющих отношение «затраты на энергию/ВВП» для США в 1949–2014 гг.**



*Примечания.* Отношение «затраты на энергию/ВВП» ( $Se$  – правая шкала); доля затрат на электроэнергию в валовой продукции ( $SeGo$  – правая шкала); энергоёмкость ВВП ( $E/Y$ , 2000 = 100, левая шкала); индекс реальной цены на энергию ( $PE/PY$ , 2000 = 100, левая шкала); темпы роста ВВП ( $Ty$ , трехлетняя скользящая средняя, правая шкала).

*Источники:* расчеты автора на основе данных: EIA, 1987; 2011; 2014; 2015; White House, 2015.

*Рис. 1*

Таблица 1

**Взаимосвязь реальных цен на энергоносители и энергоёмкости для США в 1949–2014 гг.**

Период	Эластичность энергоёмкости по реальной цене на энергию	Среднегодовые темпы прироста, %		
		энергоёмкость ВВП (E/YR)	реальная цена энергии (PE/PY)	ВВП (Ty)
1949–1972	0,25	–0,37	–1,45	4,16
1972–1985	–0,52	–2,47	4,77	3,06
1985–2003	2,63	–1,61	–0,61	3,15
2003–2014	–0,45	–1,85	4,16	1,76
Полный цикл				
1963–1986	–1,08	–1,44	1,33	3,54
1986–2014	–0,93	–1,65	1,77	2,59
Два цикла				

1963–2014	–0,99	–1,56	1,57	3,05
-----------	-------	-------	------	------

Источники: см. рис. 1.

Продолжительность цикла определяется скоростью реакции экономической системы на ценовые шоки, то есть инерцией больших социально-экономических систем<sup>6</sup>. Если доля расходов на энергию достигает пика, то на ее падение начинают работать факторы снижения энергоемкости и ускорения инфляции. Первые в течение нескольких лет могут быть значительными, но на более протяженных периодах они ограничены (Башмаков, 1988а). В дополнение к ускорению технологической модернизации весомый эффект дают структурные сдвиги. Когда цены на энергию достигли пика, последующее ускорение инфляции приводит к снижению их реального значения. Таким образом, если «доля затрат на энергию в ВВП» после ценового шока возрастает до 12–14%, то на возвращение ее к уровню 7–9% требуется примерно 10–12 лет. Напротив, когда доля затрат на энергию достигла дна, годовые темпы снижения энергоемкости ограничиваются уровнем 0,4–1,6%, а рост цен на энергию опережает инфляцию на 4–5% в год, и за 15–20 лет доля затрат на энергию выходит на новый пик. Таким образом, формируется цикл протяженностью 25–30 лет.

Многие исследования фокусируются преимущественно на кратко- и долгосрочных ценовых эластичностях спроса на энергию. Целесообразно ввести понятие «очень долгосрочная эластичность энергоемкости по ценам», которая равна –1. В дополнение к поведенческим и технологическим приспособлениям к росту цен на энергоносители начинают действовать другие факторы: замедление экономического роста, структурные сдвиги в пользу менее энергоемких видов экономической активности, замещение факторов производства, а также инфляция, чтобы довести очень долгосрочную ценовую эластичность до уровня «минус единица». Поэтому такую эластичность можно назвать *интегрированной* (по

---

<sup>6</sup> Параметры инерции социально-экономических систем заслуживают большего внимания в научной литературе, чем сегодня.

влиянию всех факторов), проявляющейся *на протяжении цикла* (со всеми временными запаздываниями на интервале продолжительностью в один цикл), или *накопленной* эластичностью энергоемкости по цене.

В исследованиях воздействия цен на энергоносители на экономику, как правило, не затрагивается вопрос о наличии порогов доступности энергии и поведенческих констант. Когда «доля затрат на энергию в ВВП» находится между верхним и нижним порогами, нет корреляции между бременем расходов на энергию, энергоэффективностью и уровнем экономической активности. Последняя замедляется, когда превышен верхний порог, и ускоряется, когда отношение меньше нижнего порога (см. рис. 1). Связь между ростом ВВП и «долей затрат на энергию в ВВП» можно описать с помощью функции «крыла» (рис. 2).

**Зависимость между отклонениями отношения «затраты на энергию/ВВП» и трехлетней скользящей средней темпов роста ВВП (функция «крыла») для США (1949–2014 гг.)**



\* Тренд, от которого определены отклонения, показан на рисунке 1.

Источники: см. рис. 1.

Рис. 2

Пока «доля затрат на энергию в ВВП» не достигает порога, наличие и доступность энергии не ставят никаких «пределов роста», и темпы экономического роста обусловлены другими факторами. В результате диапазон функций «крыла» довольно широкий, а соотношение в этой зоне весьма неопределенное. В этот период (см.: Grubb et al., 2014) доминирует тип поведения «игнорируй и сохраняй статус-кво» (ignore/satisfice). Основные решения



относительно использования энергии принимаются на основе сформировавшихся стереотипов, а расходы на энергию (и возможности их оптимизации) не учитываются, поскольку малы и позволяют приобретать другие ресурсы и удовлетворять другие потребности. При приближении к верхнему порогу схема принятия решений меняется на «компенсируй и оптимизируй» (compensate/optimize). Следование стереотипам в этом случае ведет к нехватке средств на решение других задач, поэтому требуется замещать ресурсы путем оптимизации их использования. Только в этой зоне решения определяются подходами неоклассической теории. Когда «доля затрат на энергию в ВВП» выходит за верхний порог, снижение экономической доступности энергии нейтрализует влияние прочих факторов, которые потенциально могли бы способствовать расширению экономической активности, и тем самым замедляет ее, так что потенциал экономического роста не реализуется в полном объеме. При заметном выходе за верхний порог потребности в замещении энергии превышают краткосрочные возможности, что подрывает экономический рост и выводит на первый план вопросы экономической и энергетической безопасности. Это требует уже новой модели принятия решений – «обеспечивай безопасность и трансформируй систему» (secure/transform), причем проблемы среднесрочной оптимизации отходят на второй план, уступая приоритет решению стратегических задач.

Высокие темпы экономического роста нельзя обеспечить при высокой доле затрат на энергию. При выходе за порог начинается спад. Обратное также верно: нет ни одного года в течение периода 1949–2014 гг., когда темпы роста в США были бы ниже 2% при низкой «доле затрат на энергию в ВВП». Диапазон функции «крыла» непрерывно сужается по мере удаления от порога. В результате темпы экономического роста и спроса на энергию снижаются, в итоге полностью блокируется воздействие всех других факторов, которые могли бы способствовать экономическому росту. Так, рост цен на энергоносители ведет к замедлению инвестиционной активности индийских фирм, и этот эффект сильнее проявляется

для энергоемких предприятий с высокой долей энергетических издержек (Sadath, Acharya, 2015). Скачки цен на нефть предшествовали 10 из 11 послевоенных экономических рецессий в США, в том числе мировому финансовому кризису 2007–2009 гг. (Breitenfellner et al., 2015).

### **Феномены энергетических констант и «минус единица» в межстрановом анализе**

Глобальные расходы на энергию в последние 20 лет более чем удвоились и достигли 10% мирового ВВП (Desbrosses, 2011). Для крупных регионов мира в 2011 г. этот показатель колебался от 6 до 13,5%. Самая низкая оценка – 6% – получена для Африки, но она не включает расходы на приобретение некоммерческих видов топлива, доля которых в энергетическом балансе континента равна почти 50% (IEA, 2015a). Для многих регионов и стран, которые значительно отличаются по уровню экономического развития, отношение «затраты на энергию/ВВП» менялось в узком диапазоне и преимущественно в направлении его изменения в США под влиянием повышения реальных цен на энергоносители после 1990 г. Япония, где цены на энергию вдвое выше, чем в США, использует в два раза меньше энергии на единицу ВВП (Grubb et al., 2014). Таким образом, в межстрановом анализе также проявляется феномен «минус 1».

Оценки динамики исследуемого отношения дает МЭА (IEA, 2011) для Китая, ЕС, России и США. Эта динамика воспроизводит близкие значения констант и эволюцию цикла. МЭА использовало некорректный способ оценки для России. При его коррекции динамика доли расходов в нашей стране получается сходной с Канадой и находится в противофазе динамике других стран. Здесь проявляется интересный феномен для нефтедобывающих стран: когда цены на углеводороды высокие, то прочие страны активизируют технологическую модернизацию и структурную перестройку, поскольку у них растут издержки, в том числе энергетические. У крупных экспортеров нефти доля энергетических издержек снижается, что ослабляет стимулы к модернизации производства; они вновь возникают только после заметного снижения цен на

нефть. Таким образом, технологическая модернизация в этих странах запаздывает по меньшей мере на период, равный половине 25–30-летнего цикла. Данные по отдельным штатам США показывают, что отношение «затраты на энергию/ВВП» в основном находится в диапазоне 6–12% и зависит от вклада сектора услуг в ВВП (EIA SEDS, 2014). Этот тезис противоречит выводу А. Кандер (Kander, 2002) о том, что переход к экономике услуг не приводит к снижению энергоемкости, потому что вклад этого сектора нейтрализуется растущим потреблением энергии на транспорте.

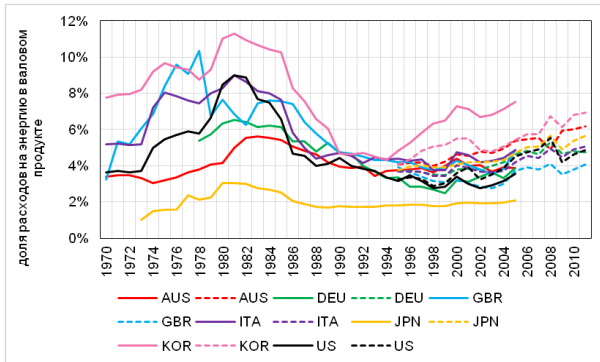
Результаты оценки порогов доступности энергии более надежны, если подкрепляются дополнительным анализом данных по отдельным секторам и подтверждаются более глубоким историческим анализом. Для проведения межстранового анализа по секторам были использованы две базы данных: EU KLEMS Database (Timmer et al., 2011) и World Input–Output Database (WIOD, Timmer et al., 2015). Временные ряды первой базы данных заканчиваются в 2005 г. База данных WIOD включает ежегодные стандартизированные таблицы «затраты–выпуск» для 35 секторов и 40 стран за 1995–2011 гг. При определении одноименных показателей за одинаковые годы на основе этих двух баз данных получаются разные значения. Тем не менее результаты отражают сходную динамику для большинства стран<sup>7</sup>. На этой основе можно показать (рис. 3), что циклы колебаний доли затрат на энергию в валовой продукции происходят вокруг устойчивых во времени и сходных для разных стран диапазонов: 4–5% для наиболее развитых стран и 6–7% для стран с более низким уровнем развития. Эта сравнительно невысокая доля затрат на энергию обуславливает недостаточное

---

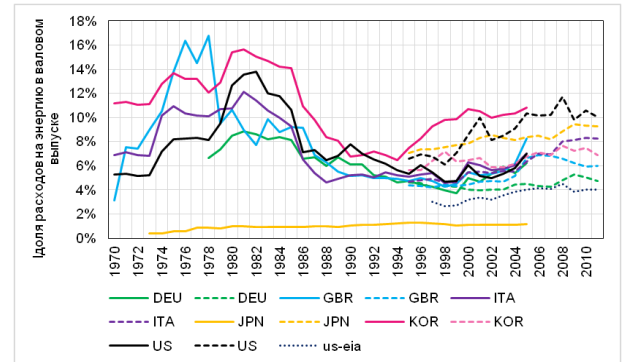
<sup>7</sup> Результаты оценки «доли затрат на энергию в ВВП» зависят от того, насколько адекватно можно выделить именно расходы на энергоносители для разных групп потребителей из показателей, содержащихся в базах данных; как оцениваются цены на энергоносители (для каких потребителей энергии); какие учитываются энергетические ресурсы (только коммерческие или некоммерческие); какие используются цены (включая или исключая налоги и субсидии), средневзвешенные для всех потребителей энергии или некоторые типичные цены, и т. п.

внимание к фактору энергообеспечения экономического роста во многих экономических исследованиях (Stern, Kander, 2012).

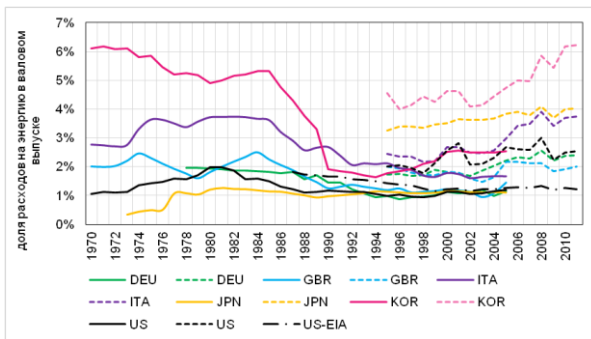
### Динамика доли расходов на энергию в валовом выпуске или в доходах населения



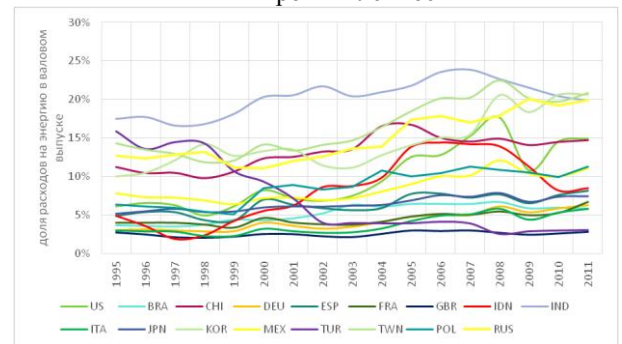
(а) доля расходов на энергию в валовом продукте



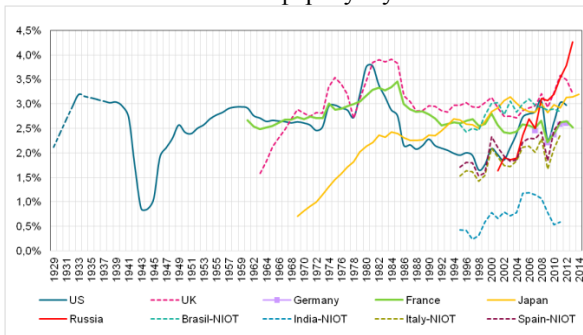
(б) доля расходов на энергию в валовом продукте промышленности



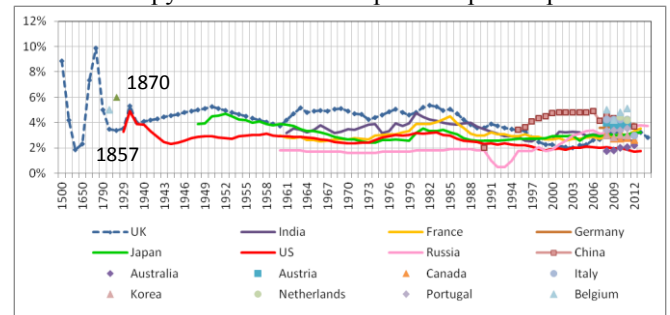
(с) доля расходов на энергию в валовом продукте сферы услуг



(д) доля расходов на энергию в валовом продукте грузового и пассажирского транспорта



(е) доля расходов на топливо для личных автомобилей в доходах или расходах населения



(ф) доля расходов на энергоснабжение жилищ в доходах или расходах населения

*Примечания.* (a–d) сплошные линии – оценки на основе данных EU KLEMS; пунктирные – на основе базы данных WIOD; (e–f) сплошные линии – оценки доли расходов на энергоснабжение жилищ в доходе до налогообложения; пунктирные – доли расходов на энергию в потребительских расходах (это приводит к завышению оценки примерно на 0,5–1% по сравнению с долей в доходах). Точки – доля энергетических затрат в располагаемом доходе (это завышает долю в суммарном доходе на 0,5–1%). Данные по Китаю указаны только для

городских домохозяйств и включают счета за водопровод и канализацию (это смещает кривую вверх на 0,4–1%).

*Источники:* Fouquet, 2008; 2013; Timmer et al., 2011; 2015; Government of India, 2014; ONS UK, 2015 (**нет в списке**); INSEE, 2015; ERP (1982–2016).

*Рис. 3*

Статистические данные показывают, что устойчивый диапазон доли расходов на энергию в валовой продукции промышленности равен 3–5% (или 8–15% добавленной стоимости в промышленности) и зависит от структуры промышленного сектора. Динамика доли энергетических затрат в валовом продукте сферы услуг также циклическая и остается в основном в диапазоне 1–3%. Различия между странами менее подвержены влиянию конкуренции, так как многие услуги торгуются только на внутреннем рынке. В этом секторе не наблюдается очевидной тенденции к снижению указанной доли, а амплитуда ее колебаний меньше. Поскольку доля расходов на энергию ниже, чем в промышленности<sup>8</sup>, переход к экономике услуг определяет медленное снижение суммарной доли расходов на энергию в ВВП. Рост доли сектора услуг выступает фактором межстрановой конвергенции долей расходов на энергию в валовом выпуске. Доля затрат на энергоснабжение личного транспорта в доходах также колеблется вокруг относительно стабильного в течение более 80 лет уровня в странах, где личный автомобильный транспорт давно занял большую рыночную нишу. Доля расходов на энергоснабжение грузового и общественного пассажирского транспорта в их валовом продукте колеблется в основном в пределах 5–10%, а отклонения для отдельных стран весьма существенны в зависимости от роли автотранспорта в обеспечении перевозок.

В 1500–2000 гг. затраты энергии на энергоснабжение жилищ (отопление, приготовление пищи и освещение) по отношению к ВВП в Великобритании колебались вокруг 2–3% с

---

<sup>8</sup> Согласно данным IEA (2015b), на создание единицы добавленной стоимости в обрабатывающей промышленности требуется в 4–22 раза больше энергии, чем в секторе услуг.

некоторым понижающим трендом (Fouquet, 2008). Это эквивалентно 3–5% личных доходов до налогообложения. В 1790-е годы потребители в Великобритании тратили около 5% своего бюджета на топливо: городские жители – 5,4, а сельские – 4,4%. Городские бедные тратили почти 8% своего бюджета на топливо, а те, кто зарабатывал больше, – 4% (Fouquet, 2013). В этой же работе приводятся результаты исследования Э. Энгеля (1857 г.) для бельгийских рабочих в 1850-е годы, согласно которым доля расходов на отопление и освещение жилищ оставалась неизменной для домохозяйств с разными уровнями дохода и была равна 5% их бюджета (в исследование не были включены высшие доходные группы). В 1875 г. К. Райт обнаружил, что в 1870 г. семьи штата Массачусетс тратили практически одинаковую долю своих доходов на топливо и освещение (6%), и предложил третий закон Энгеля: «Доля расходов... на топливо и освещение неизменна и не зависит от уровня дохода» (см.: Stigler, 1954).

Более современные оценки доли расходов на энергоснабжение жилищ в личных доходах (до вычета налогов) показывают, что эта доля циклически меняется вокруг относительно стабильных в последние десятилетия уровней и эти доли очень схожи для разных стран, находящихся на разных этапах экономического развития (см. рис. 3). Доля затрат на энергию в доходах домохозяйств Японии варьировала вокруг 3,2% в течение 65 лет; в США – вокруг 2,5% в течение более 85 лет; в Индии – вокруг 3,4% в течение 52 лет; в Китае – вокруг 4,4% в 1995–2012 гг. (только для городских семей, что выше, чем для сельских, и с учетом расходов на водоснабжение и канализацию, которые увеличивают эту долю примерно на 0,5–1%); в Великобритании – вокруг 3,9% в течение 51 года (доля в личных расходах, которая была бы на 0,6% ниже применительно к доходам до уплаты налогов); в России – вокруг 3% в 1997–2014 гг.; во Франции – вокруг 3,1% в течение 63 лет.

Относительная стабильность этой доли на протяжении многих десятилетий и даже веков и ее универсальность подтверждают существование порогового значения. Для всех стран, независимо от стадии, структуры или модели экономического развития (которые существенно изменились более чем за полвека и сильно различаются по представленным странам), устойчивый диапазон

колебаний доли расходов на энергоснабжение жилья в доходах весьма узок. После коррекции и приведения к сопоставимым показателям (доля затрат только на энергию в доходах до налогообложения) в вышеуказанных странах средняя доля сохраняется в диапазоне 2,5–3,5%. Эта вариация в значительной степени зависит от отношения обеспеченности жилой площадью к доходу в отдельных странах и ее экономической доступности. Выход за пределы верхнего и нижнего порогов возможен только в течение ограниченного времени. Затем движение экономического маятника разворачивается. Существование этих порогов и рыночная инерция каждый раз генерируют избыточные потребительские реакции в обоих направлениях, что определяет циклическую природу динамики доли расходов на энергоснабжение жилья в доходах. При превышении верхнего порога наступает кризис на рынке жилой недвижимости (Башмаков, 2006). Агрегированная константа доли макроэкономических расходов на энергоснабжение – это взвешенная сумма констант для отдельных секторов, а феномен «минус единица» выступает агрегированной проекцией его проявления в отдельных секторах (табл. 2).

Таблица 2

**Композиция агрегированного отношения расходов на энергию к доходу (в %)**

Сектор потребления энергии	Доля сектора в валовом продукте	Доля расходов на энергию в валовом выпуске сектора	Доля расходов на энергию в агрегированном валовом продукте	Отношение расходов на энергию к ВВП
Промышленность	20–60	3–5	0,6–3	1,1–5,4
Услуги (последовательность цифр верная? В начале они больше, затем – меньше?)	70–20	1–3	2–0,7	4–1,5
Сельское хозяйство и строительство	1–15	0,5–3	0,01–0,03	0,02–0,04
Грузовой и общественный транспорт	3–5	3–10	0,1–0,5	0,2–1
Личное потребление энергии	Доля личных доходов в	Доля расходов на энергию в		

	ВВП	личных доходах		
В жилищном секторе	55–80	2–4	0,5–1,5	1,1–3,2
Личным транспортом	55–80	2–3	0,5–1,2	1,1–2,4
<i>Всего (исключая экстремальные отклонения)</i>			4–6	8–12

*Источники:* Для отношения «расходы энергии/доходы» см. источники к рисункам 1–4. Информацию о доле расходов на энергию в валовом выпуске и доле личных доходов в ВВП см. в базах данных KLEM и WIOD.

Межстрановой анализ показал, что, как и для США, «доля затрат на энергию в ВВП» колеблется вокруг довольно схожих уровней для отдельных стран с периодом колебаний 25–30 лет на протяжении по меньшей мере двух циклов. Центр колебаний находится в диапазоне 8–12% и определяется структурой экономики страны, но мало зависит от уровня цен на энергию, поскольку в результате действия правила «минус единица» более высокие цены компенсируются низкой энергоемкостью. Так как циклические колебания вокруг устойчивых зон имеют место во всех основных секторах, феномен «минус единица» проявляется в каждом из них.

### **Феномены энергетических констант и «минус единица» в историческом анализе**

Ретроспективных оценок отношения «доли расходов на энергию в ВВП» в литературе очень мало<sup>9</sup>. В работе: Csereklyei et al., 2014, представлены данные о

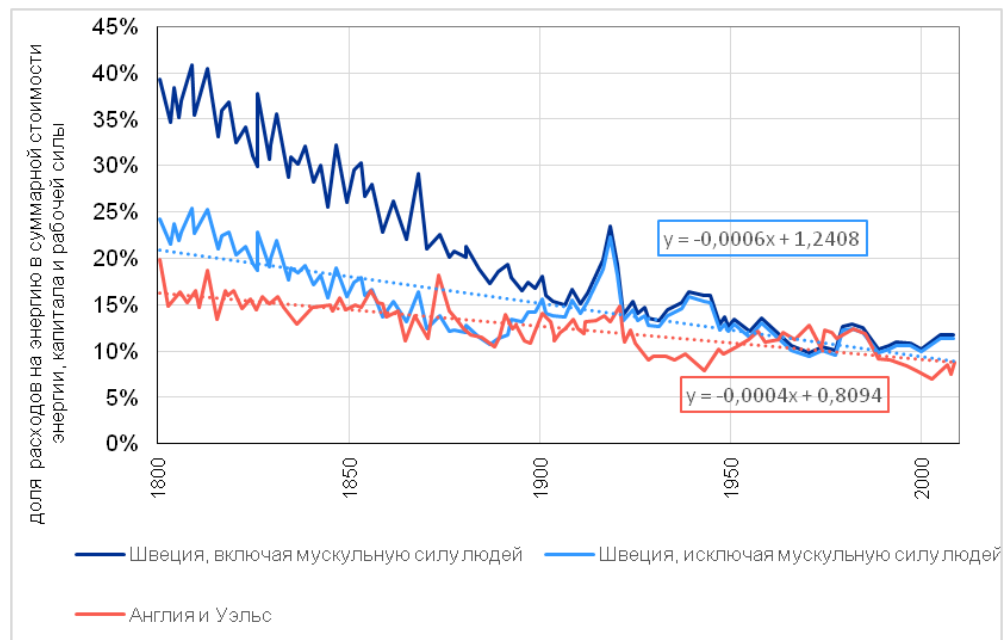
---

<sup>9</sup> Исторический анализ масштабов потребления энергии и расходов на ее приобретение в значительной степени опирается на экспертные оценки. Кандер (Kander, 2002) показала, что доля экспертных оценок агрегированных энергетических показателей достигает почти 100% для периода 1800–1850 гг., снижается примерно до 60% для 1900 г. и до нескольких процентов в более поздние годы, поскольку появляется возможность опираться на данные статистики. Таким образом, к любому результату, полученному на основе исторического анализа, необходимо относиться осторожно.



доле расходов на энергию для Англии, Уэльса и Швеции за период 1800–2009 гг. (рис. 4). Все затраты разделены на стоимость энергии, капитала и рабочей силы. Затраты на материалы не принимались в расчет. Если бы они учитывались, то доля затрат на энергию в валовой продукции снизилась бы до 10–15% сразу после 1800 г. и до 5–6% ближе к 2000 г. Кандер (Kander, 2002) показала снижение «доли затрат на энергию в ВВП» Швеции примерно со 100% в 1800 г. до 10% в 2000 г. Это эквивалентно доле в сумме затрат на энергию, капитал и рабочую силу соответственно 50 и 9%. Такой результат нуждается в логической проверке.

**Доля\* расходов на энергию в Англии, Уэльсе и Швеции, 1800–2009 гг.**



\* Доля затрат на энергию в суммарной стоимости энергии, капитала и рабочей силы.

*Источники:* Csereklyei et al., 2014 и коррекция автора для исключения компонента мускульной силы человека для Швеции на основе данных: Kander, 2002.

*Рис. 4*

*Первый тест.* Для сельскохозяйственных обществ отношение промежуточного продукта к валовому составляет 20–30%, или 25–45% ВВП, что значительно ниже 100%, которые только для энергии получила Кандер. Данные по Швеции включают мускульную силу человека. Это другой фактор производства – рабочая сила. Слово «сила» здесь не случайно. Доля стоимости рабочей силы в сельскохозяйственной продукции в Англии в 1600–1850 гг. и во французском

сельском хозяйстве в XVII–XVIII вв., а также в других регионах мира была близка к 40% (Vollrath, 2011). Доля вознаграждения капитала составляла около 30%, а стоимость земли (аренда) – еще около 10% (Liebenberg, Pardey, 2012). Следовательно, доля добавленной стоимости в валовой продукции складывалась из 40% расходов на оплату труда и 30–40% доходов от капитала и аренды. Если добавить долю затрат на материалы и энергоносители (20–30%), то сумма достигает 100% валового продукта. С учетом некоторой доли затрат на материалы (скажем, 10–20%) доля расходов на энергию в валовой продукции исторически не могла заметно превышать 10%; в суммарной стоимости энергии, капитала и рабочей силы – 13–15%, а в ВВП – 14% (10%/70%). Эти оценки соответствуют данным по Англии и Уэльсу (см. рис. 4), то есть «доля затрат энергии в ВВП» в 1800 г. могла составлять 13–15%. Данные по Швеции на рисунке 4 были скорректированы так, что мускульная сила человека была исключена при оценке затрат на энергию на основе данных о масштабах ее использования и ценах, представленных в: Kander, 2002.

*Второй тест.* Доля домохозяйств в общем потреблении энергии составляла около 70% в 1800 г. и более 50% – в 1870 г. (Kander, 2002; Putnam, 1953). В 1790–1870 гг. домохозяйства тратили 4–6% своих доходов на энергообеспечение жилищ, что эквивалентно 3–5% ВВП. Если отношение «стоимость энергии/ВВП» равно 100%, то цена для оставшихся 30–50% продаваемой энергии должна быть в 20–90 раз выше, чем для населения. Но цены для населения всегда выше средних из-за высоких затрат на распределение топлива. Доля личных расходов на отопление, освещение и транспорт в 1850–2010 гг. была оценена на уровне 10% общего объема потребительских расходов (Fouquet, 2013), что эквивалентно примерно 8% личного дохода и 5–7% ВВП. Допуская, что цены на энергоносители во всех секторах равны ценам для населения и что на цели отопления, освещения и личного транспорта расходуется 50–70% общего потребления энергии, получаем, что «доля расходов на энергию в ВВП» должна находиться в диапазоне 8–14%. Эти логические тесты поддерживают справедливость утверждения об относительной стабильности «доли расходов на энергию в ВВП» на протяжении более двух столетий и ее близости к настоящему значению – около 10%.

Данные по Англии, Уэльсу и Швеции показывают, что отношение расходов на энергию к доходам не постоянное, а колеблется вокруг очень слабого тренда к снижению (в среднем на 0,04% в год, или на 1% за 25-летний цикл и на 4% за столетие). Такой же результат был получен для США (см. рис. 1). Однако подобное снижение невозможно в течение более длительных периодов. Это

означало бы, что накануне второго тысячелетия отношение «расходы на энергию/ВВП» было близко к 50% (около 10% сегодня плюс 40% в течение тысячи лет), не оставляя места для компенсации прочих факторов производства, что противоречит результатам проведенных выше логических тестов. Конфликт данных может быть следствием существенно меньшего наклона линии тренда или полного его отсутствия в периоды до 1800 г. Таким образом, или медленный тренд снижения доли расходов на энергию, который в значительной степени определяется ростом доли услуг в ВВП, начавшимся только с 1900 г., мог ранее проявляться гораздо слабее, или его интенсивность могла меняться в разные периоды, или он не проявлялся вплоть до промышленной революции.

Эти предположения сложно статистически проверить, так как для очень отдаленных исторических периодов (до 1800 г.) слишком мало данных. Но на основе обобщения обширного фактического материала Р. Фуке приводит оценки «доли расходов на энергию в ВВП» для Англии, а затем для Великобритании, начиная с 1500 г., как по секторам экономики, так и по процессам (Fouquet, 2008; рис. 5).

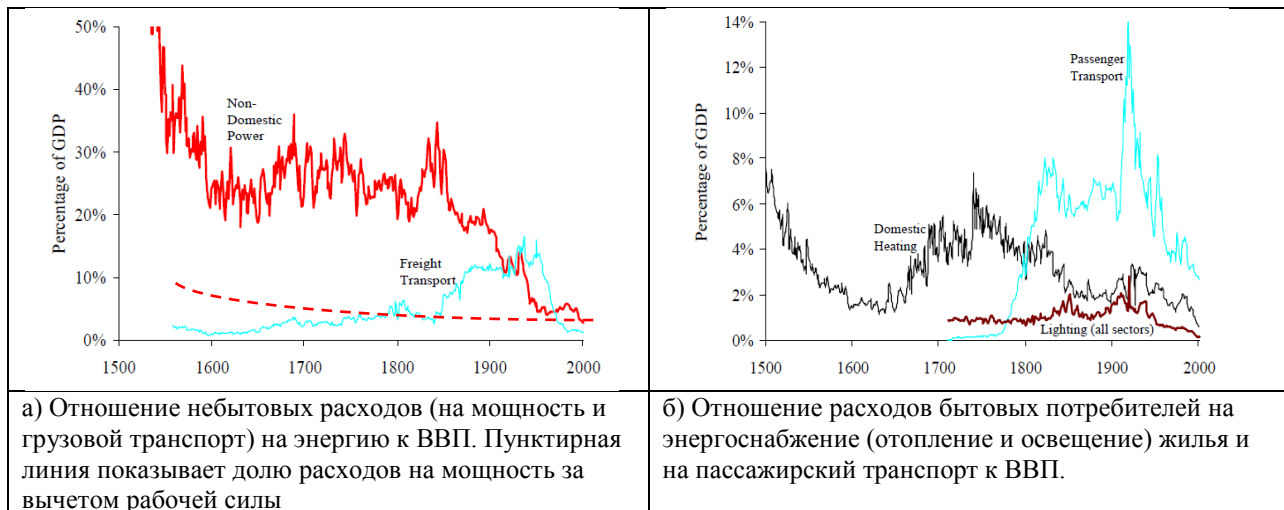
Небытовое использование энергии в расчетах Фуке включает человеческую мускульную силу, силу рабочего скота, энергию ветра, воды, пара и электричества, используемые в сельском хозяйстве, промышленности и строительстве и на грузовом транспорте. Он приводит данные по ценам для всех этих видов энергии, а также оценки масштабов их использования. Это позволяет исключить мускульную силу человека из его энергетического баланса. В 1800 г. она стоила в 20 раз дороже силы рабочего скота и в 10 раз дороже пара, составляя 17% в суммарном небытовом использовании энергии<sup>10</sup>. Кстати, именно дороговизна рабочей силы и ее высокая доля в

---

<sup>10</sup> По оценкам Кандер (Kander, 2002), отношение цены мускульной силы человека к стоимости дров или угля в Швеции в 1890–1915 гг. также составляло от 15 до 20%, а доля мускульной силы человека во всем энергобалансе в 1800–1900 гг. варьировала в диапазоне 16–22%. В Испании, Италии и Голландии в 1800–1860 гг. доля мускульной силы составляла 25–50% (Gales et al., 2007). В 2000 г., по их оценке, на долю этого энергоресурса приходилось 2–4% энергобаланса.

стоимости продукции обусловили огромное внимание, которое уделялось росту производительности труда. Расходы на обеспечение мускульной силы человека составляли 80% общей суммы расходов на энергию. При их исключении отношение затрат, связанных с небытовым использованием энергии, к ВВП снижается с 25–40% до 5–10% (см. рис. 5). Последний диапазон довольно близок к нынешней доле суммарных затрат на энергоснабжение промышленности и сферы услуг в ВВП (см. табл. 2).

### Отношение расходов на энергию к ВВП в Великобритании в 1500–2000 гг.



*Источник:* Fouquet, 2008 и коррекция автора для исключения компонента мускульной силы человека на основе данных указанной работы.

Рис. 5

После коррекции на стоимость рабочей силы для 1850, 1900 и 1950 гг., по данным Fouquet, 2008, отношение расходов на энергию к ВВП можно оценить соответственно на уровне 23%, 29 и 21%. Согласно расчетам Фуке, такой рост по сравнению с 1550–1800 гг. в основном обусловлен резким повышением доли расходов на энергию для транспорта в ВВП (см. рис. 5). Его оценки для транспорта кажутся сильно завышенными. Получается, что в 1900–1950 гг. в Великобритании на оплату энергопотребления грузового транспорта приходилось 12% ВВП, а на энергоснабжение пассажирского транспорта – еще 6–14% ВВП. Если допустить, что доля личного пассажирского транспорта в расходах на весь пассажирский транспорт была меньше 50%, то получим, что затраты на

энергоснабжение грузового и общественного пассажирского транспорта составляли 11–20% ВВП.

Проверим эти цифры. По данным WIOT, в 1995–2011 гг. на долю транспорта (общественного пассажирского и грузового) приходилось около 5% как ВВП, так и валового продукта. В 1855–2011 гг. добавленная стоимость транспорта и связи росла в 3,3 раза быстрее, чем ВВП (Bank of England, 2015). Тогда доля транспорта в 1855 г. не могла превышать 1,5% (5%/3,3) ВВП. Отношение цен на энергию для транспорта к потребительским ценам в 1850–1920 гг. было примерно в 2–2,5 раза выше, чем в 2000 г. (Fouquet, 2008). Следовательно, доля транспорта в ВВП в текущих ценах могла составлять около 3–4%, что близко к ее нынешнему уровню. Доля транспорта в ВВП в 1920–1948 гг. варьировала в диапазоне 6,2–8,5% (при расчете в ценах 1938 г.), а в 1949–1990 гг. – в диапазоне 4,2–5,6% (в ценах 1985 г.) (Bank of England, 2015). Таким образом, доля транспорта в ВВП в 1920–2011 гг. и ранее составляла 4–8% ВВП. По данным WIOT, в 1995–2011 гг. доля затрат на энергоснабжение транспорта равнялась 2,7–3% валового продукта и 5–6% добавленной стоимости этого сектора, или около 0,3% ВВП. Согласно оценкам: Fouquet, 2008, доля расходов на энергию в стоимости продукции железнодорожного транспорта в 1840 г. не превышала 4%. Даже если допустить, что отношение расходов на энергоснабжение транспорта к добавленной стоимости в XIX и первой половине XX вв. было выше нынешнего (не 5–6%, а, скажем, 10–20%), то получается, что отношение затрат на энергоснабжение транспорта к ВВП не могло превышать 1,6% (8%\*20%), что на 5–10% ниже оценки Фуке (7–12%) только для грузового транспорта.

Для Великобритании расходы на энергоснабжение пассажирского транспорта в 1850–1950 гг. составляли 6–15% ВВП (Fouquet, 2008), что эквивалентно 7–18% личных доходов и 9–22% личных расходов. В США в 1929 г. доля расходов на покупку топлива для личного транспорта в доходах до налогообложения была равна 2%, что не превышает 1,8% ВВП. В Великобритании в эти же годы цены на топливо были выше, но уровень автомобилизации ниже, чем в США. Подробные данные о доле расходов на энергоснабжение личного транспорта в потребительских расходах имеются с 1963 г. Согласно этим данным, на долю таких расходов в 1963–1970 гг. пришлось 1,6–2,8% потребительских расходов, что не превышает 1–2% ВВП. Даже если учесть, что, по оценкам Фуке, отношение цен на энергию для транспорта к индексу потребительских цен в 1850–1920 гг. было примерно в 2–2,5 раза выше уровня 1960-х годов, то эта доля в первой половине XX в. не могла превышать 2–5%. Суммарно для всего транспорта отношение расходов на его энергоснабжение к ВВП не могло превышать 5–8% (оценка Фуке –

18–20%). Таким образом, суммарные оценки отношения расходов на энергию для всех потребителей к ВВП (21–29% в 1850–1950 гг.) завышены примерно на 12–13%, а их истинное значение в эти годы варьировало в диапазоне 10–16%. В работе: Csereklyei et al., 2014, представлены более адекватные значения для 1850 и 1900 гг.: менее 15%. По данным Фуке, к 2000 г. отношение затрат на энергию к ВВП снизилось до 9%.

Несмотря на широкую амплитуду колебаний отношения затрат на энергию к доходу в отдельных секторах в 1550–2000 гг., эти колебания происходили вокруг уровня, довольно близкого к нынешнему значению (см. табл. 2 и 3). В 1550–1800 гг. отношение скорректированных нами суммарных расходов на энергию к ВВП варьировало в диапазоне 7–15% (ср. с рис. 1 для США).

Таблица 3

**Оценка агрегированного отношения расходов на энергию к доходу в 1550–2000 гг. по секторам потребления энергии (исключая экстремальные отклонения, в %)**

Сектор потребления энергии	Источник и метод оценки	1550–1800	1800–1900	1900–2010
Промышленность, сельское хозяйство, строительство и услуги	Fouquet (2008)	25–40	17–24	4–17
	Исключение стоимости рабочей силы	5–9	5–8	3–5
Бытовое использование энергии	Fouquet (2008)	4–6	3–4	0,8–3
Грузовой транспорт	Fouquet (2008)	2–4	4–12	1–12
	Коррекция оценок по данным макроэкономической статистики	2–3	2–3	<1
Пассажирский транспорт	Fouquet (2008)	0,1–3	3–7	2–7
	Коррекция оценок по данным макроэкономической статистики	0,1–3	3–4	3–4
Всего	Fouquet (2008)	21–48	30–41	9–39
	Fouquet (2008) с коррекциями автора*	7–15	13–15	7–15
	Kander (2002)		17–40	10–17
	Kander (2002) с исключением стоимости рабочей силы		10–25	9–16
	Csereklyei et al. (2014)		7–15	7–12

\* С исключением стоимости рабочей силы и коррекцией оценок для транспорта по данным британской макроэкономической статистики.

*Источники:* Csereklyei et al., 2014; Fouquet, 2008; Kander, 2002.

Анализ ретроспективных оценок позволяет утверждать следующее.

– В 1550–2014 гг. суммарные расходы на энергию в разных (крупных) странах и в мире в целом варьировали преимущественно в диапазоне 7–15% ВВП.

– В последние 65–70 лет для многих стран средняя этого диапазона была близка к 10% при незначительной тенденции к ее снижению, что в основном определяется ростом доли сектора услуг в ВВП.

– За 500 лет динамика этого отношения может быть разложена на несколько составляющих:

а) цикл изменения наклона линии долгосрочного тренда (если он проявляется) с периодом около 200–250 лет. Этот цикл преимущественно связан с существенными изменениями в структуре экономики: тренда практически не было в доиндустриальную эпоху; в эпоху промышленной революции сформировался повышательный тренд; он сменился понижательным в постиндустриальную эпоху за счет роста доли сферы услуг; понижательная тенденция может исчезнуть или смениться на повышательную при достижении в перспективе сектором услуг максимальной доли в ВВП и при переходе к новой структуре экономического роста;

б) циклические колебания вокруг базового тренда с периодом 25–30 лет;

в) возмущения и отклонения от динамики, задаваемой двумя перечисленными выше составляющими, вызванные разными причинами (экономическими, технологическими прорывами, ресурсными ограничениями, доминированием на рынке, политическими и другими факторами), которые можно охарактеризовать как структурные шоки со стороны спроса на энергию и со стороны ее предложения (Kilian, 2008; Van de Ven, Fouquet, 2014).

И исторический, и логический анализ подтверждают, что «доля затрат на энергию в ВВП» в течение примерно пяти столетий колебалась вокруг стабильных значений или очень слабо проявляющихся долгосрочных трендов, которые могут

менять свое направление. Поэтому *накопленная* эластичность энергоемкости по реальной цене энергии в течение полных циклов практически равна  $-1$ . Это означает, что эволюция реальных цен на энергоносители приблизительно каждую четверть или треть века полностью компенсируется изменением энергоемкости с очень небольшим остаточным эффектом, отражаемым рассмотренным выше трендом.

Этот вывод полностью противоречит заключениям работ: Csereklyei et al., 2014, а также Stern, Kander, 2012 и Kander et al., 2014, о том, что отношение «затраты на энергию/ВВП» имеет тенденцию к снижению почти на 1% в год и является «характерной особенностью экономического развития». Он не имеет под собой ни исторических, ни логических оснований. Именно поэтому его авторы столкнулись со сложностями при объяснении причин очень высокого отношения энергетических затрат к ВВП в Швеции в 1800 г.

Для США можно использовать статистические данные по ценам (Holdren, 1992; Pindyck, 1998 и BP, 2016) для идентификации периодов достижения верхних или нижних порогов доли энергетических затрат до 1949 г. Можно предположить, что верхний порог в США был превышен в 1875, 1890–1900 и 1917–1923 гг. Реальные цены на энергию в Швеции устойчиво росли в 1800–1875 гг. и достигли пика в 1870–1880 гг., а затем циклически эволюционировали с пиками около 1920, 1945 и 2000 гг. (Stern, Kander, 2012). В Англии и Уэльсе верхние пороги были превышены в 1809–1813, 1848–1853, 1875, около 1900, в 1917–1921, 1937–1945 и 1979–1985 гг. (см. рис. 5). Таким образом, как отношение затрат на энергию к ВВП, так и цены на энергию изменялись с циклом, равным приблизительно 25–30 годам. На основе данных об использовании угля для Франции, представленных Н. Д. Кондратьевым (1993) и П. Путнамом (Putnam, 1953), также можно предположить, что пики этого отношения наблюдались около 1810, 1835 и 1870–1875 гг. Следовательно, после 1800 г. можно выделить восемь циклов динамики цен на энергию и «доли затрат на энергию в ВВП» с пиками в 1809–1813, 1835–1850, 1870–1875, 1890–1900, 1917–1921, 1949–1952, 1974–1985 и 2008–2014 гг.



Такая периодизация хорошо согласуется с протеканием длинных циклов Кондратьева.

## Циклы и пороговые значения отношения затрат на энергию к ВВП.

### Факторы и механизмы

Теоретическое объяснение констант «доли расходов на энергию в ВВП» и феномена «минус единица» должно показать связь между эмпирическими оценками эластичности спроса на энергию по доходу и ценам с эластичностью энергоемкости по доле затрат на энергию и по ценам. Эти три концепции ценовой эластичности различаются. Если спрос на энергию выступает логлинейной функцией доходов и цен, то, выразив ее в среднегодовых темпах прироста ( $T_e$ ), получим  $T_e = a * T_y + b * T_p$ , где  $T_y$  – темп роста доходов, а  $T_p$  – темп роста реальных цен на энергию. Эластичность энергоемкости по реальной стоимости энергии ( $c$ ) равна:

$$c = \frac{T_{e/y}}{T_p} = \frac{T_e - T_y}{T_p} = \frac{aT_y + bT_p - T_y}{T_p} = (a - 1) * \frac{T_y}{T_p} + b. \quad (2)$$

Для феномена «минус единица»  $c = -1$ ,  $b = (1 - a) * \frac{T_y}{T_p} - 1$ . Если в качестве временного интервала выбран полный цикл, то для США отношение  $T_y/T_p$  было равно 2,7 в 1963–1986, 1,5 в 1986–2014 и 1,9 в 1963–2014 гг. (см. табл. 1). Для европейских стран ОЭСР это отношение в 1981–2013 гг. также было близко к 2 (IEA, 2015b). Таким образом, в долгосрочном плане  $b \approx 1 - 2a$ , хотя коэффициент при  $a$  может отличаться для разных циклов. Если  $a = 0,6 \div 0,8$ , то  $b = -0,2 \div -0,6$ . Этот результат хорошо согласуется с результатами работ, обобщающих эмпирические оценки параметров эластичности функций спроса на энергию для экономики в целом (Karimu, Brännlund, 2013), для промышленности (Adeyemi, Hunt, 2014; Bardazzi et al., 2015; Haller, Nyland, 2014), для транспорта (Brons et al., 2008) и для жилищного сектора (Башмаков, 2007). Следовательно, эмпирически выявленное сочетание параметров уравнения (2), определенное как на временных

выборках, так и на основе панельных данных, подтверждает наличие феноменов констант «доли затрат на энергию в ВВП» и «минус единица».

Эмпирический анализ показывает, что поворотная точка в эволюции доли затрат на энергию совпадает с локальным максимумом реальных (скорректированных на инфляцию) доходов от продаж энергии. Когда они достигают максимума, дальнейшее повышение цен не генерирует дополнительного дохода, а доля затрат на энергию сначала замедляет рост, а затем начинает снижаться. С 1949 г. в США это случалось трижды: в 1950–1951, 1982–1983 и 2009 гг. То же верно и для нижнего порога. После длительного снижения доля затрат на энергию сначала стабилизируется, а затем начинает расти, поскольку дальнейшее снижение реальных цен на энергоносители не дает дополнительного дохода за счет повышения спроса, который упирается в пределы возможностей наращивания поставок при низких ценах. С 1949 г. в США это случалось дважды: в 1973 и 1998 гг.

Темп роста продаж энергии ( $T_{sales}$ ) можно представить в следующем виде:

$$T_{sales} = T_e + T_p + T_{le} = aT_{yp} + amT_p + bT_p + T_p + l_e T_p, \quad (3)$$

где:  $m (<0)$  – параметр из уравнения:  $T_y = T_{yp} + mT_p$ , показывающего, что после превышения верхнего порога экономической доступности энергии доход и цена в уравнении спроса на энергию перестают быть независимыми переменными, поэтому темп роста ниже потенциально возможного ( $T_{yp}$ ), несмотря на наличие достаточного объема прочих факторов производства для достижения значения  $T_{yp}$  (см. «функцию крыла» на рис. 2);  $T_{le}$  – коррекция темпа роста спроса на энергию за счет замещения ее другими производственными факторами или – для функции спроса на отдельный энергоноситель – коррекция спроса на изменение вклада этого энергоресурса в суммарное использование энергии, где  $l_e$  – коэффициент эластичности поставки альтернативных энергоресурсов по цене.

$$\text{Если } T_{sales} = 0, \text{ то } a * \frac{T_{yp}}{T_p} + (am + b + l_e + 1) = 0, \text{ и } b = -a * \frac{T_{yp}}{T_p} - (am + l_e + 1). \quad (4)$$

Когда  $T_p > 0$  при  $T_{yp} > 0$  и  $a > 0$ , первое слагаемое в (4) отрицательно. Параметры  $m$  и  $l_e$  также отрицательны и по абсолютной величине существенно меньше единицы. Значит, второе слагаемое также отрицательно ( $0 < am + l_e + 1 \leq 1$ ). Доход от продаж энергии перестает расти, когда эластичность потребления энергии по цене (реакция, переданная по всем каналам, включая замедление экономического роста, структурные сдвиги и замещение энергии) достигает  $-1$ , поскольку дополнительный рост цен на 1% сопровождается падением спроса на энергию также на 1%. Если цены на энергоносители снижаются ( $T_p < 0$ ), то первая составляющая выражения (4) становится положительной, а коэффициент эластичности снижается. Снижение может замедляться, поскольку параметр  $m$  может быть близок к нулю, когда энергия недорогая и предлагается в изобилии, дополнительные положительные эффекты стимулирования роста доходов ниже, чем отрицательные при росте цен. В этом случае нехватка энергии, а недостаток других факторов производства может сдерживать рост. Параметр  $l_e$  может также быть равен нулю или быть положительным, поскольку дешевая энергия не нуждается в замене для поддержания экономического роста или в силу того, что независимые производители нефти с высокими издержками добычи не выдерживают конкуренции с картелем и вынуждены сокращать производство при снижении цен на нефть.

Так как параметры (4) при изменении цен меняются, эластичность спроса на энергию по ценам ( $b$ ) асимметричная. Она выше по абсолютной величине, когда доля затрат на энергию достигает максимума, и ниже – в точках минимума. При достижении этой долей верхнего порога повышение ценовой эластичности блокирует дальнейший рост доходов от продаж энергии. При падении доли затрат до нижнего порога снижение эластичности, напротив, стимулирует рост спроса, который со временем не может быть обеспечен за счет роста предложения энергии при низких ценах. Когда рост дополнительных поставок энергии становится равным скорости снижения цен, дополнительный доход не формируется. Для возвращения к траектории растущих продаж требуется, чтобы падение цен

остановилось, а их динамика развернулась. Таким образом, снижение цен на энергоносители достигает дна и начинается новый цикл их роста.

### **Асимметрия ценовой эластичности**

Специалисты по моделированию отметили наличие дрейфа коэффициентов эластичности функций спроса на энергию с начала 1980-х годов (Kouris, 1981) и, пока доля затрат на энергию росла, объясняли его с помощью простых трендовых моделей (Girod, 1983). Когда коэффициенты эластичности по ценам снизились (вслед за снижением доли затрат на энергию в конце 1980-х годов), стало ясно, что не время выступает движущей силой такой эволюции. В работе: Башмаков, 1988б, была разработана модель спроса на энергию с динамическими коэффициентами ценовой эластичности как функции трехлетней скользящей средней от реальных цен на энергоносители. Таким образом, при росте цен коэффициент эластичности цены повышался, и наоборот.

Если достигнут или превышен верхний порог экономической доступности энергии, то эффект от роста цен на энергию усиливается ростом самой ценовой эластичности<sup>11</sup>. В литературе сложно найти четкое объяснение причин этого явления. Одно из возможных объяснений представлено выше. Публикации по асимметричной ценовой эластичности объясняют этот эффект неравномерностью технологических и поведенческих изменений при различных режимах динамики цен на энергоносители (Huntington, 2003; Gately, Huntington, 2002; Griffin, Shulman, 2005; Jimenez-Rodriguez, Sanchez, 2005; Soria, 2006; Adeyemi, Hunt, 2014); неприятием человеческой природой риска (van de Ven, Fouquet, 2014), а также наличием порогов платежной способности, которые порождают неравномерность технологических, структурных и поведенческих реакций и

---

<sup>11</sup> Зависимость сбора налогов от ставки налога или функция собираемости платежей за ЖКУ от доли расходов на них (Башмаков, 2004) – функции того же класса.

вливают на экономическую активность (Башмаков, 2006; Bashmakov, 2007). Все эти факторы могут быть значимыми. Однако ниже приводится еще одно объяснение.

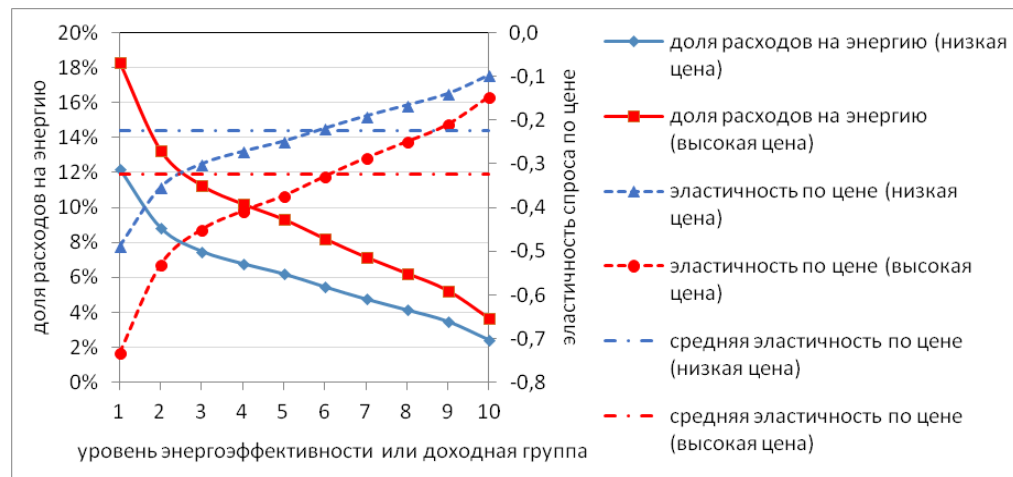
Если агрегированная функция спроса на энергию представлена как  $E = AY^a P^b$  и для каждого квантиля (дециля) потребителей – как  $E_i = A_i Y_i^{a_i} P_i^{b_i}$ , то агрегированная ценовая эластичность является взвешенной суммой эластичностей, характерных для каждой группы, с весами, равными доле этой группы в общем потреблении энергии с поправкой на длительно сохраняющиеся различия средней цены на энергию и цены для данной группы ( $\rho_i$ ):  $b = \sum_i b_i * d_i^e * \rho_i$ .

Потребители энергии сгруппированы в децили, исходя из доли затрат на энергию либо в доходе, либо в валовом продукте. Альтернативой может быть их группировка по уровню удельного расхода энергии, что при равенстве цен на продукцию и цен на энергию выступает главным фактором, определяющим долю расходов на энергию. Предполагается, что эластичность спроса на энергию по цене различна для каждой группы и по абсолютной величине положительно зависит от доли затрат на энергию (или энергоемкости):  $b_i = f(S_{ei})$  и отрицательно – от дохода. Чем больше доля затрат на энергию, тем выше эластичность спроса на энергию по цене. Если это справедливо, то при опережающем росте цен на энергоносители относительно роста доходов доля затрат на энергию растет для всех децилей. Таким образом, каждая группа дрейфует вдоль кривой распределения коэффициентов ценовой эластичности, что ведет к росту  $b_i$  и тем самым к росту агрегированного  $b$ , и наоборот (рис. 6).

Когда цена энергии возрастает на 50%, доля затрат на энергию растет в большей степени для децилей с высокими долями затрат на энергию, чем для децилей с низкими долями. В результате повышается эластичность по ценам для каждой группы. Размер ее абсолютного прироста пропорционален увеличению доли затрат на энергию и, следовательно, неравномерен. Средняя ценовая эластичность также повышается, но вес каждой группы изменяется. При значительном росте доли расходов на энергию наименее энергоэффективная

группа потребителей может стать нерентабельной (или неплатежеспособной), что приведет к снижению загрузки или полной остановке наиболее энергоемкого оборудования. Тогда спрос на энергию снижается еще сильнее, увеличивая эластичность по цене. Обратное также верно: если цены на энергоносители снижаются в 1,5 раза, то для каждой доходной группы эластичность уменьшается, а прибыль растет. Ранее остановленные или недогруженные объекты возвращаются к работе (эффект «рикошета»), а средняя эластичность по цене снижается. Этот механизм объясняет асимметрию и дрейфующие коэффициенты эластичности по ценам на энергоносители.

#### Изменение долей расходов на энергию и коэффициентов эластичности по ценам для разных децилей



Источник: расчеты автора.

Рис. 6

Распределения с большей долей энергоемких объектов более уязвимы для повышения цен на энергоносители. Давление цен на наименее энергоэффективные объекты значительно выше. Фирмы сталкиваются со снижением прибыли или ростом цен на их продукцию, что ведет к снижению спроса на нее, сокращению загрузки мощностей и использования энергии. В долгосрочном плане они вынуждены отказаться от использования энергоемких установок (Breitenfellner et al., 2015). Когда кривая отражает распределение домохозяйств по уровню доходов,

становится ясно, что бедные более уязвимы к шокам цен на энергоносители и демонстрируют три возможные реакции: ухудшение платежной дисциплины (при отсутствии технической возможности отключения должников), снижение спроса ниже уровня, необходимого для обеспечения минимальных санитарных условий комфорта, или комбинацию этих реакций. Предположение о том, что эластичность цен на энергию выше для потребителей с высокой долей затрат на энергию, не только кажется логичным, но и подтверждается эмпирическими исследованиями (Башмаков, 2004; Kulichenko, 2005; Lampietti, Meyer, 2003; Vjorner et al., 2001; Bardazzi et al., 2015; Haller, Nyland, 2014).

### **Воспоминания о будущем**

Мы установили, что существует цикличность динамики цен на энергоносители и доли затрат на энергию. Продолжительность суперцикла равна 25–30 годам. Она зависит от ограничений на скорость повышения энергоэффективности в ответ на ценовые шоки за счет структурных и технологических сдвигов. С 1800 г. можно проследить восемь таких циклов, а после 1900 г. – четыре. Центром «экономической гравитации», вокруг которого происходит маятниковое движение доли затрат на энергию, выступает довольно устойчивая во времени и сходная для крупных экономик константа – стабильное в долгосрочном плане отношение затрат на энергию к доходу. Циклические колебания и специфические константы проявляются в каждом секторе энергопотребления. Итоговая макроэкономическая константа является их линейной комбинацией. Наличие констант определяется феноменом «минус единица», который показывает, что на протяжении полного цикла энергоемкость как для экономики в целом, так и в каждом секторе меняется на величину изменения реальных цен на энергию. Доля затрат на энергию и соответственно уровень цен достигают максимума, когда их рост упирается в потолок платежной способности, что не позволяет поставщикам энергии при дальнейшем повышении цен получать дополнительный доход. Это определяет

предел роста монопольной цены (Башмаков, 1988б). Она достигает минимума после того, как повышение спроса, стимулируемое снижением цен, не может быть покрыто увеличением поставок энергии при низких ценах. Асимметричность ценовой эластичности выступает важным фактором наличия верхних и нижних порогов доли затрат на энергию и разворота ее траектории в сторону центра «экономической гравитации». Кроме того, функция «крыла» показывает, что по мере удаления от порога экономической доступности энергии темпы роста ВВП и спроса на энергию снижаются вплоть до нуля.

Эти эффекты «энергетических констант» проявляются уже на протяжении пяти столетий. Следовательно, цикличность природы динамики цен на энергию и доли затрат на энергию устойчива, хотя амплитуда колебаний может быть разной. Она пережила смену многих технологических укладов, внедрение множества революционных технологий и изменение доминирования разных энергетических ресурсов в структуре энергобаланса – биомассы, угля, нефти и газа (в отдельных странах). Нет оснований полагать, что в перспективе при выходе на первые позиции сначала природного газа (на уровне 2030–2050 г.), а затем – первичной электроэнергии (во второй половине текущего столетия за счет большего использования ВИЭ) и доминирования информационных технологий колебания вдруг исчезнут, а цены на энергию перестанут расти относительно их нынешнего низкого уровня.

Доля нефти в мировом энергобалансе, по всем прогнозам, будет сокращаться, но довольно медленно, и до 2040 г., когда можно ожидать нового пика цен на нефть, она, возможно, все еще будет в нем доминировать (Bruckner et al., 2014; IEA, 2015a; BP, 2016). На этом фоне МЭА (IEA, 2015a) ожидает, что новый цикл роста цен на нефть все же будет, и цены вырастут до 55–83 долл./барр. в 2020 г., 70–130 долл./барр. в 2030 г. и 85–150 долл./барр. в 2040 г. (в ценах 2014 г.). Отметим, что снижение доли энергоресурса еще не служит причиной стабилизации его цены. Как показали Кандер (Kander, 2002) и Фуке (Fouquet, 2008), цены на уголь в Швеции и Великобритании в XXI в. (в



сопоставимых ценах) существенно превышали их значения в 1700–2000 гг. при заметном снижении его значимости в энергобалансе. Таким образом, можно ожидать, что циклическая природа эволюции цен на энергию, 3/4 которой в 2040 г. все еще будет составлять органическое топливо, сохранится по меньшей мере еще на один цикл.

Развитие информационных технологий приведет к росту доли электроэнергии в конечном потреблении энергии (в мире в целом с 18% в 2014 г. до 24% в 2040 г.; IEA, 2015a)<sup>12</sup>. Рост качества энергии будет способствовать повышению ее стоимости. Однако параллельно будет идти процесс «технического обучения» с темпами снижения затрат для инновационных технологий («темпа обучения») на 1–2,5% в год, что по мере роста их доли в энергобалансе будет способствовать снижению цен. Для добычи нефти и газа «темпа обучения» может оказаться в диапазоне от –1% до +1,5% (IEA, 2015c). В последнем случае при их доле в мировом энергобалансе в 2040 г., близком к 50%, прогресс в сфере снижения стоимости низкоуглеродных технологий может быть нейтрализован удорожанием добычи углеводородов. Замыкающие затраты добычи нефти к 2040 г. могут вырасти до 75 долл./барр. Вмененная цена технического регулирования также будет продолжать расти. Кроме того, к 2040 г. «цена углерода» может достигнуть 30–140 долл./т CO<sub>2</sub>-экв., что эквивалентно увеличению цены на нефть примерно на 2–9 долл./барр. В ближайшие годы низкая доля расходов на энергию, согласно логике функции «крыла», приведет к более полной реализации потенциала экономического роста и изменению поведения потребителей в пользу большего использования энергопотребляющих (так?) установок. Все эти факторы обусловят рост «доли затрат на энергию в ВВП», интенсивность которого будет определяться способностью нефтяного

---

<sup>12</sup> Это приведет к росту средней цены. В 2013 г. средняя цена на электроэнергию для промышленных потребителей в странах ОЭСР была равна 1447 долл./т н. э., природного газа – 394, легких нефтепродуктов – 1053 (с большой долей налогов), угля – 153 долл./т н. э. (IEA, 2015c).

картеля регулировать рынок. Однако по мере диверсификации мирового энергетического баланса и роста вклада децентрализованных систем энергоснабжения возможность углеводородных картелей контролировать динамику «доли затрат на энергию в ВВП» будет снижаться, а сама эта доля будет все больше зависеть от других факторов: эволюции технологий, государственного регулирования, действия рыночных механизмов, как до формирования нефтяных монополий.

Диапазон прогнозов цен на нефть всегда был довольно широк, но их авторы редко учитывали цикличность динамики этих цен. Первый опыт применения концепции пределов платежной способности и «энергетических констант» как факторов, позволяющих определить верхние пределы и направления динамики цен на нефть, оказался в целом удачным. Прогнозирование цен на нефть нельзя рассматривать только как модную, но бесполезную для практиков игру. Независимо от того, осознают они это или нет, в нее вовлечены все фирмы, вкладывающие огромные инвестиции в нефтегазовый сектор, министерства финансов многих стран, а также сотни миллионов потребителей жидкого топлива и все россияне, которые держат сбережения в валюте.

Анализ динамики спроса и ресурсной обеспеченности нефтедобычи позволил еще в 1988 г. прийти к заключению, что сохранение цен на низком уровне было возможно только до 2000 г., а затем для достижения баланса спроса и ресурсной базы добычи цена на нефть должна была повыситься (Башмаков, 1988а). В опубликованной в 1992 г. книге «Энергетика мира: уроки будущего» (Башмаков, 1992) мы сформулировали следующие выводы: тенденция к относительному удорожанию нефти не является неизбежной, вместо нее мы получили новый центр долгосрочных и краткосрочных колебаний цены; амплитуда этих колебаний может быть весьма значительной и зависит от политики «ядра» нефтяного картеля – нефтедобывающих стран Ближнего Востока. Эти выводы также оказались верными. В 2006 г. мы отметили, что уровень цен на нефть 100 долл./барр. неустойчивый и не может продержаться

долго (Башмаков, 2006). Так и произошло; правда, мы полагали, что снижение цен произойдет раньше, чем на самом деле.

Следуя логике 25–30-летнего цикла, заметного повышения цен на энергоносители ожидать можно, но в 2035–2040 гг. До этого роль нефтегазового сектора в экономике России будет сокращаться (см.: Башмаков, 2011), а правительству, чтобы обеспечить хотя бы медленный рост и избежать маргинализации российской экономики в мировом хозяйстве, придется вести диалог с независимым бизнесом, оппозицией и решать базовые проблемы страны — снижение роли госсектора и госрегулирования в экономике, защита прав собственности, замена декларативной демократии на реальную, снижение уровня коррупции и др. Это необходимо для поддержания темпов экономического роста на основе технологической модернизации, повышения суммарной производительности факторов производства («темной материи» экономического роста – остатка Солоу), включая повышение энергоэффективности, и соответствующего снижения издержек производства. На следующей волне повышения цен на энергоносители важно учесть ошибки прошлого: правильно определять цену отсечения и формулировать бюджетные правила, отказаться от проциклической бюджетной политики и не форсировать рост бюджетных расходов (особенно их силовой компоненты) при высоких ценах на нефть, формировать стабилизационные фонды, понимая, что цены на энергию меняются циклически, и за любым их взлетом следует падение.

*Список литературы / References (на выделенные работы нет ссылок в тексте, надо указать стр. в выделенных местах)*

- Башмаков И. А. (1988а). О причинах падения и перспективах динамики цен на нефть // Мировая экономика и международные отношения. № 1. С. 123–133. [Bashmakov I. A. (1988a). On the factors behind the oil price drop and the evolution perspectives. *Mirovaya Ekonomika i Mezhdunarodnye Otnosheniya*, No. 1, pp. 123–133. (In Russian).]
- Башмаков И. А. (1988б). Энергопотребление и экономический рост: факторы и пределы изменения пропорций // Энергетика. Актуальные проблемы. Вып. 1. С. [Bashmakov I. A.

- (1988b). Energy consumption and economic growth: Proportion evolution drivers and constraints. *Energetika. Aktualnye problemy*, Issue 1, **pp.** (In Russian).]
- Башмаков И. (ред) (1992). Энергетика мира: уроки будущего. М.: МТЭК; ИНЭИ. [Bashmakov I. (ed.) (1992). *Global energy: Lessons of the future*. Moscow: Energy Research Institute. (In Russian).]
- Башмаков И. (2004). Способность и готовность населения оплачивать жилищно-коммунальные услуги // Вопросы экономики. № 4. С. 136–150. [Bashmakov I. (2004). Readiness and willingness of population to pay for housing and communal services. *Voprosy Ekonomiki*, No. 4, pp. 136–150. (In Russian).]
- Башмаков И. (2006). Цены на нефть: пределы роста и глубины падения // Вопросы экономики. № 3. С. 28–41. [Bashmakov I. (2006). Oil prices: limits to growth and the depth of falling. *Voprosy Ekonomiki*, No. 3, pp. 28–41. (In Russian).].
- Башмаков И. А. (2007). Опыт оценки параметров ценовой эластичности спроса на энергию // Тарифное регулирование и экспертиза. № 4. С. [Bashmakov I. A. (2007). Energy demand price elasticity case study. *Tarifnoe regulirovanie i Expertiza*, No. 4, **pp.** (In Russian).]
- Башмаков И. (2011). Будет ли экономический рост в России в середине XXI века // Вопросы экономики. 2011. № 3. С. 20–39. [Bashmakov I. (2011). Will Russia have economic growth in mid-XXI century?. *Voprosy Ekonomiki*, No. 3, pp.20–39. (In Russian).]
- Гурвич Е., Беляков И., Прилепский И. (2015). Нефтяной суперцикл и бюджетная политика // Вопросы экономики. № 9. С. 5–30. [Gurvich E., Belyakov I., Prilepsky I. (2015). Oil supercycle and fiscal policy. *Voprosy Ekonomiki*, No. 9, pp. 5–30. (In Russian).]
- Кондратьев Н. Д. (1993). Избранные сочинения. М.: Экономика. [Kondratiev N. D. (1993). *Selected works*. Moscow: Ekonomika. (In Russian).]
- Мау В. (2016). Антикризисные меры или структурные реформы: экономическая политика России в 2015 году // Вопросы экономики. № 2. С. 5–33. [Mau V. (2016). Anti-crisis measures or structural reforms: Russia's economic policy in 2015. *Voprosy Ekonomiki*, No. 2, pp. 5–33. (In Russian).]
- Adeyemi O. I., Hunt L. C. (2014). Accounting for asymmetric price responses and underlying energy demand trends in OECD industrial energy demand. *Energy Economics*, Vol. 45, pp. 435–444.
- AGI (2010). *The 'green' Kondratieff – or why crises can be a good thing. A new cycle of prosperity generated by 'symbiotic' growth*. Allianz Global Investors Europe GmbH.
- Bank of England (2015). *The UK recession in context – What do three centuries of data tell us?* Data Annex – Version 2.2 July. <http://www.bankofengland.co.uk/research/Pages/onebank/threecenturies.aspx>.

- Bardazzi R., Oropallo F., Paziienza M. G. (2015). Do manufacturing firms react to energy prices? Evidence from Italy. *Energy Economics*, Vol. 49, pp. 168–181.
- Bashmakov I.**, 1992. What are the current characteristics of the global energy systems? In: Pearman, G.I. (Ed.). *Limiting Greenhouse Effect: Options for Controlling Atmospheric CO<sub>2</sub> Accumulation*. Wiley, New York, pp. 59–82.
- Bashmakov I. (2007). Three laws of energy transitions. *Energy Policy*, Vol. 35, No. 7, pp. 3583–3594.
- Bashmakov I., Grubb M. (2016). *'Minus one' and energy costs constants*. Paper at XVII April International Academic Conference on Economic and Social Development. Moscow, April 19–22. National Research University Higher School of Economics. Moscow: HSE Publ.
- Belfield C.**, J. Cribb, A. Hood, R. Joyce, 2014. *Living Standards, Poverty and Inequality in the UK: 2014*. Institute for Fiscal Studies.
- Bjorner T. B., Togeby M., Jensen H. H. (2001). Industrial companies' demand for electricity: Evidence from a micropanel. *Energy Economics*, Vol. 23, pp. 595–617.
- BP**, 2015. *BP Statistical Review of World Energy*. June 2015.
- BP (2016). *BP Energy Outlook*. 2016 Edition.
- Breitenfellner A., Cuaresma J. C., Mayer P. (2015). Energy inflation and house price corrections. *Energy Economics*, Vol. 48, pp. 109–116.
- Brons M., Nijkamp P., Pels E., Rietveld P. (2008). A meta-analysis of the price elasticity of gasoline demand. A SUR approach. *Energy Economics*, Vol. 30, Issue 5, pp. 2105–2122.
- Bruckner T., Bashmakov I. A., Mulugetta Y. et al. (2014). Energy systems. In: O. Edenhofer et al. (eds.). *Climate change 2014: Mitigation of climate change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK and New York, N.Y., USA: Cambridge University Press.
- China Statistical Yearbook**, 2013. National Bureau of Statistics of China. China Statistics Press.
- Csereklyei Z., del Mar Rubio Varas M., Stern D. (2014). Energy and economic growth: The stylized facts. 12 April. <https://www.usaee.org/usaee2014/submissions/OnlineProceedings/SF%20IAEE%20Online%20Proceedings.pdf>.
- Desbrosses N. (2011). *World energy expenditures*. Leonardo Energy. <http://www.leonardo-energy.org/blog/world-energy-expenditures>.
- EIA (1987). *Annual energy review*. Washington, DC.
- EIA**, 2005. *Annual Energy Review 2005*.
- EIA**, 2006. *Annual Energy Outlook 2006*, DOE/EIA-0383(2006). Washington, D.C., February 2006, pp. 35–36. [www.eia.gov](http://www.eia.gov).

- EIA (2011). *Annual energy review*. Washington, DC.
- EIA (2014). *US regional energy data - Energy consumption, prices, expenditures, and production estimates*. July. Washington, DC.
- EIA SEDS (2014). *State energy data system (SEDS): 1960–2012 (Complete)*. Washington, DC.
- EIA (2015). *Monthly energy review*. March. Washington, DC.
- Fouquet R. (2008). *Heat, power and light: Revolutions in energy services*. Edward Elgar Publications. Cheltenham, UK, and Northampton, MA, USA.
- Fouquet**, R., 2011. Divergences in long-run trends in the prices of energy and energy services. *Review of Environmental Economics and Policy*. Vol. 5, Issue 2, summer 2011, pp. 196-218.
- Fouquet R. (2013). *Long run demand for energy services: The role of economic and technological development*. (BC3 Working Paper Series, No. 2013-03). Basque Centre for Climate Change (BC3). Bilbao, Spain.
- Gales B., Kander A., Malanima P., Rubio M. (2007). North versus South: Energy transition and energy intensity in Europe over 200 years. *European Review of Economic History*, Vol. 11, No. 2, pp. 219–253.
- Gately D., Huntington H.G. (2002). The asymmetric effects of changes in price and income on energy and oil demand. *Energy Journal*, Vol. 23, No. 1, pp. 19–55.
- Ghalwash**, T., 2007. Energy taxes as a signaling device: an empirical analysis of consumer preferences. *Energy Policy*, Vol. 35, pp. 29–38.
- Girod J. (1983). L'elasticite – prix dans les modeles econometriques. *Economies et Societies*, Vol. 17, No. 12, pp. .
- Government of India, 2001–2014. Ministry of Statistics and Programme Implementation. [http://mospi.nic.in/Mospi\\_New/upload/SYB2014/index1.html](http://mospi.nic.in/Mospi_New/upload/SYB2014/index1.html).
- Griffin J. M., Shulman C. T. (2005). Price asymmetry in energy demand models: a proxy for energy-saving technical change? *Energy Journal*, Vol. 26, No. 2, pp. 1–22.
- Grubb M., Hourcade J.-C., Neuhoff K. (2014). *Planetary economics. Energy, climate change and the three domains of sustainable development*. Routledge, London and New York.
- Haller S. A., Hyland M. (2014). Capital-energy substitution: Evidence from a panel of Irish manufacturing firms. *Energy Economics*, Vol. 45, pp. 501–510.
- Hammoudeh** S., A. Lahiani, D.K. Nguyen, R.M. Sousa, 2015. An empirical analysis of energy cost pass-through to CO2 emission prices. *Energy Economics*, 49 (2015), pp. 149–156.
- Holdren J. (1992). The transition to a costlier energy. Prologue to the book. In: L. Shipper, S. Meyers, R. B. Howarth, R. Steiner (eds.). *Energy efficiency and human activity. Past trends, future prospects*. Cambridge, UK; New York: Cambridge University Press.

- Huntington H. G. (2003). Energy disruptions, interfirm price effects and the aggregate economy. *Energy Economics*, Vol. 25, No. 2, pp. 119–136.
- IEA, 1992-2014. Energy Prices and Taxes. Quarterly Statistics.
- IEA (2011). *World energy outlook*. OECD/IEA.
- IEA (2015a). *World energy outlook*. OECD/IEA.
- IEA (2015b). *Energy efficiency market report 2015. Market trends and medium-term prospects*. OECD/IEA.
- IEA (2015c). Energy prices and taxes. Quarterly statistics. Forth quarter. OECD/IEA.
- INSEE (2015). *Banque de données macro-économiques*. <http://www.bdm.insee.fr>.
- Jimenez-Rodriguez R., Sanchez M. (2005). Oil price shocks and real GDP growth: Empirical evidence for some OECD countries. *Applied Economics*, Vol. 37, No. 2, pp. 201–228.
- Kander A. (2002). Economic growth, energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions in Sweden 1800–2000. *Lund Studies in Economic History*, No. 19. Lund.
- Kander A., Malanima P., Warde P. (2014). *Power to the people. Energy and economic transformations of Europe over four centuries*. Princeton University Press.
- Karimu A., Brännlund R. (2013). Functional form and aggregate energy demand elasticities: A nonparametric panel approach for 17 OECD countries. *Energy Economics*, Vol. 36, pp. 19–27.
- Kilian L. (2008). *Not all oil price shocks are alike: Disentangling demand and supply shocks in the crude oil market*. University of Michigan and CEPR. June 13.
- Kouris G. (1981). Elasticities – science or fiction? *Energy Economics*, April, pp. 66–70.
- Kulichenko N. (2005). *Heating strategy for the Republic of Azerbaijan*. Institutional reform in the heating sector in Eastern Europe and the Former Soviet Union: International conference. Baku, Azerbaijan. October 21.
- Lampietti J. A., Meyer A. S. (2003). *Coping with the cold. Heating strategies for Eastern Europe and Central Asia's urban poor*. World Bank Technical Paper, No 529. January.
- Liebenberg F., Pardey Ph. (2012). A long-run view of South African agricultural production and productivity. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 7, No. 1, pp.14–38.
- Pindyck R. S. (1998). *The long-run evolution of energy prices*. Massachusetts Institute of Technology. Working papers. Sloan School of Management. WP # 4044-98-EFA. December.
- Putnam P. (1953). *Energy in the future*. Toronto, New York, London: Van Norstrand.
- Sadath A. C., Acharya R. H. (2015). Effects of energy price rise on investment: Firm level evidence from Indian manufacturing sector. *Energy Economics*, Vol. 49, pp. 516–522.

- Statistics** Bureau of Japan, 2015. [www.stat.go.jp/data/nenkan/zuhyou](http://www.stat.go.jp/data/nenkan/zuhyou), <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/ListE.do?lid=000001119483>.
- Soria A. (2006). *Low carbon scenarios: European Commission development method*. POLES: A world energy model and its applications. Expert Workshop on Developing Visions for a Low-Carbon Society through Sustainable Development. Tokyo, June 14–16.
- Stern D. I., Kander A. (2012). The role of energy in the industrial revolution and modern economic growth. *Energy Journal*, Vol. 33, No. 3, pp. 125–152.
- Stigler G. J. (1954). The early history of empirical studies of consumer behavior. *Journal of Political Economy*, Vol. 62, No. 2, pp. 95–113.
- Timmer M. P., Dietzenbacher E., Los B., Stehrer R., de Vries G. J. (2015). An illustrated user guide to the world input–output database: The case of global automotive production. *Review of International Economics*, Vol. 23, Iss. 3, pp. 575–605. (DOI: [10.1111/roie.12178](https://doi.org/10.1111/roie.12178)).
- Timmer M. P., O’Mahony M., van Ark B. (2011). *The EU KLEMS growth and productivity accounts: An overview*. University of Groningen & University of Birmingham. [www.euklems.net](http://www.euklems.net).
- Tol**, R.S.J, Pacala, S.W. and Socolow, R.H., 2009. Understanding Long-Term Energy Use and Carbon Dioxide Emissions in the USA. *Journal of Policy Modeling*, 31 (3). pp. 425-445. ISSN 0161-8938.
- Van de Ven D.-J., Fouquet R. (2014). *Historical energy price shocks and their changing effects on the economy*. April. Centre for Climate Change Economics and Policy. Working Paper No. 171. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. Working Paper No. 153.
- Vollrath D. (2011). The agricultural basis of comparative development. *Journal of Economic Growth*, Vol. 16, Issue 4, pp. 343–370.
- White House (2015). *Economic report of the President*. Transmitted to the Congress February 2015 together with the annual report of the council of economic advisers. Washington, DC.

### **“Economics of the constants” and long cycles of energy prices dynamics**

*Igor Bashmakov*

*Author affiliation:* Center for Energy Efficiency, CENef (Moscow, Russia). Email: bashmaco@co.ru.

This paper shows the cyclical evolution of energy prices and energy costs share with cycles lasting 25–30 years. Energy costs constants, i.e. stable over long time energy costs to income ratio, are the center of ‘economic gravitation’. Cycles and energy affordability thresholds are found in all major



final energy use sectors manifesting the ‘minus one’ phenomenon, which shows that cycle-long energy intensity changes as much as real energy prices. Energy affordability thresholds and asymmetric price elasticities are important factors determining the existence of the turning points towards the center of ‘economic gravitation’ in the cyclic evolution of the energy costs shares. The cyclical nature of energy price dynamics has been manifesting for five centuries and experienced multiple technological transitions and changes in the energy mix.

*Keywords:* economic cycles, energy prices, energy costs share, energy intensity, price elasticity, energy affordability thresholds.

*JEL:* E25, E3, N7, O1, O4, O5, P52, Q3, Q4.