И.А. Киршин

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

В статье анализируются экологические ограничения современного экономического роста. Определяются условия и критерии его трансформации в «неэкономичный» (расточительный) рост. На основе существующих подходов оценивается экономический ущерб от воздействия человека на окружающую среду.

Долгосрочный тренд роста мировой экономики во многом определяется специфическими конкурентными преимуществами и ограничениями развития отдельных национальных экономик. Происходящие изменения конкурентных потенциалов стран приводят к смене лидеров экономической активности в глобальной экономике. Факторы экономического роста меняются, формируются новые ограничения роста национальных экономик. Насыщенность рынка экономически развитых стран разнообразными благами, длительная депопуляция, значительная доля населения пенсионного возраста, высокий уровень обеспечения основных потребностей ограничивают текущий внутренний спрос и, следовательно, динамику и пространство роста развитых экономик.

Динамика роста валового мирового продукта (Gross World Product – далее GWP) за последние 50 лет замедлялась (рис. 1, построено по данным [1]). Накопленная к настоящему времени масса производственных мощностей в мирохозяйственном масштабе превышает существующий уровень совокупного спроса. Попытки стабилизации экономического роста посредством монетарных факторов, предпринимаемые финансовыми институтами развитых стран, показывают свою несостоятельность в средне- и долгосрочной перспективе и приводят к значительным издержкам функционирования финансового сектора в глобальном масштабе.

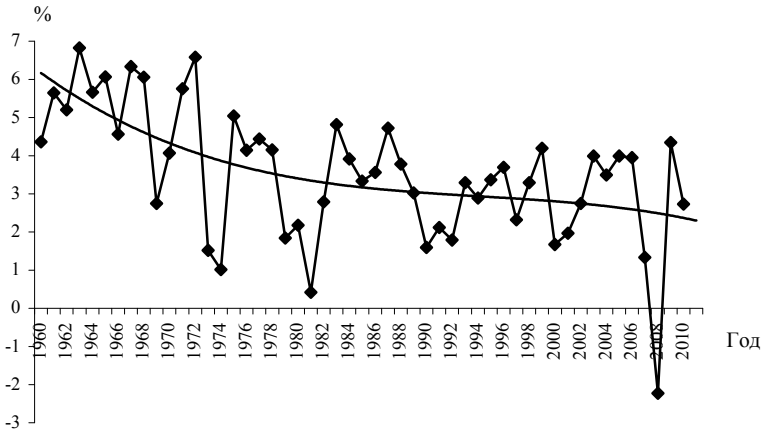


Рис. 1. Темпы роста GWP

Фундаментальным ограничением современного экономического роста выступает возможность его перехода в неэкономичный рост (uneconomic growth), когда определяемые величиной экономического ущерба предельные затраты роста экономики начинают превышать его предельную полезность. Эта гипотеза подтверждается последствиями проводимой в развитых странах экономической политики, направленной на расширение совокупного спроса, нередко приводящей к неэффективному использованию природных ресурсов.

Зависимость объемов вредных выбросов от масштабов экономической активности очевидна. В частности, рис. 2 [2; 3] отражает связь между долей ВВП отдельных стран в GWP и суммарными объемами выбросов наиболее распространенных загрязняющих атмосферу веществ (оксида углерода, оксида азота, метана и гексафторида серы).

С известной степенью условности в «Большой двадцатке» можно выделить две группы стран с различной степенью данной зависимости. Национальные экономики Китая, России, Индии и Индонезии в отличие от остальных входящих в объединение стран демонстрируют более существенную зависимость объемов загрязняющих выбросов от масштабов экономической деятельности (рис. 3) [2; 3].

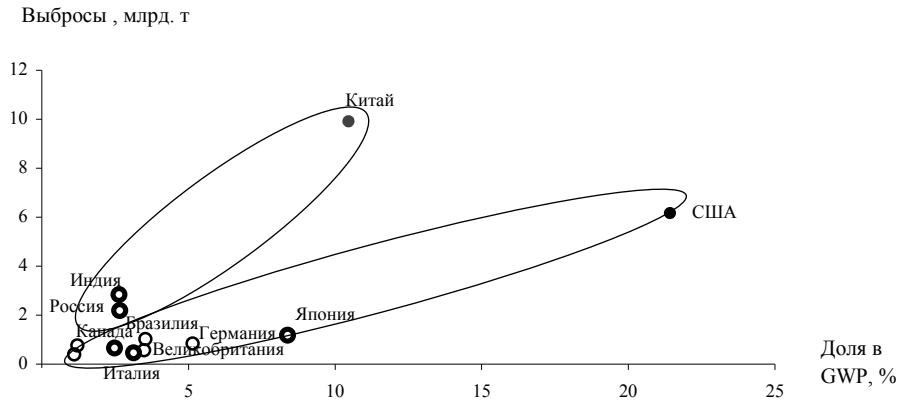


Рис. 2. Доля ВВП отдельных стран в GWP и суммарный объем выбросов наиболее распространенных загрязняющих атмосферу веществ

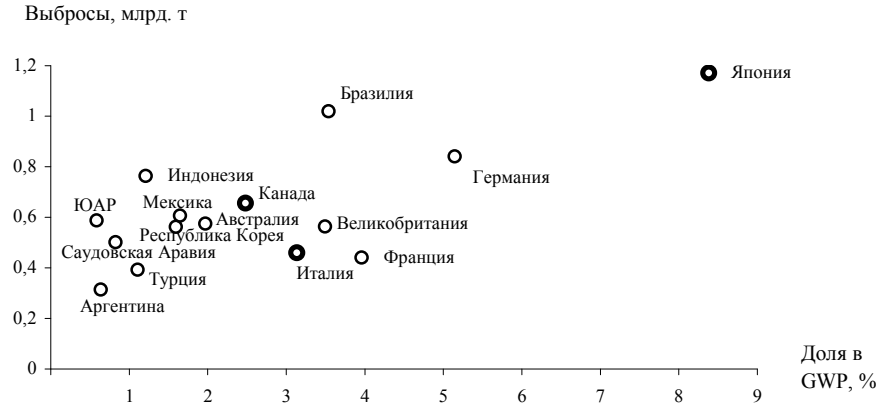


Рис. 3. Доля ВВП стран «Большой двадцатки» в GWP и суммарный объем выбросов наиболее распространенных загрязняющих атмосферу веществ

Единого подхода к оценке величины и динамики воздействия человека на окружающую среду в процессе экономического роста не существует. Большинство исследователей утверждают, что сила такого воздействия постепенно нарастает. Дискуссионным остается вопрос о темпах этого наращивания.

Факторное сходство моделей экономического роста и воздействия человека на окружающую среду нашло выражение в использовании аналогичного аналитического инструментария при моделировании этих феноменов. Некоторые из таких подходов-аналогов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Моделирование экономического роста и воздействия человека на окружающую среду

Модели экономического роста	Модели воздействия человека на окружающую среду
1. Производственная функция Кобба-Дугласа [4]: $Y = A K^{\alpha} L^{1-\alpha}$, где Y – расчетный индекс роста производства, α – параметр, определяемый на основе статистических данных; параметр A (Total Factor Productivity) – коэффициент, отражающий уровень общей технологической производительности.	1. Формула физического воздействия человека на окружающую среду «*IPAT*» [5, с. 367]: $I=P\,A\,T$, где I (Impact) – воздействие, P (Population) – население, A (Affluence) – изобилие, благополучие и T (Technology) – технология.*
2. Модель Р. Солоу [6]: $Y=F(K,L)=K^{\alpha} L^{1-\alpha}$ где Y – совокупный выпуск, зависящий от двух факторов: K – капитал и L – труд.	2. Сила воздействия на окружающую среду (I) зависит от совокупности взаимосвязанных факторов: уровня душевого потребления (C); технологий, используемых для производства товаров и услуг (T) и численности населения (P). Эта зависимость описывается формулой [7]: $I=C\,T\,P$
3. Модель М. Кремера [8], последователя неоклассической традиции в использовании производственной функции: $GWP = A P^{\alpha} N^{1-\alpha}$ где A – уровень технологии, P – численность занятых, N – используемые земельные ресурсы.	3. Уровень воздействия человека на окружающую среду определяется площадью биологически продуктивной земли, используемой отдельным человеком. Эта зависимость закреплена в термине «environmental footprint» (экологический отпечаток) [9].
**В модели распределяется степень экологической ответственности стран, различающихся по уровню развития. Развивающиеся страны с высокими темпами роста населения ответственны за меры по его ограничению. Общества изобилия должны контролировать иррациональный (избыточный) рост потребления. Индустриальные страны с трансформирующейся экономикой несут ответственность за высокую концентрацию загрязняющих природу выбросов, порождаемых ресурсоемкими индустриальными технологиями Т.*	

Наиболее показательна модель *IPAT*, характеризующая возрастающий темп роста воздействия человека на окружающую среду по мере роста *GWP*. Такая зависимость следует из самого качества техногенного роста, в ходе которого происходит, во-первых, истощение невозобновляемых видов природных ресурсов, во-вторых, чрезмерная эксплуатация возобновляемых ресурсов, темпы которой превышают возможности восстановления этих ресурсов, в-третьих, превышение выбросов загрязняющих веществ над ассимиляционными возможностями окружающей среды.

Применительно к модели *IPAT* темп роста воздействия определяется в соответствии с формулой дифференциала функции нескольких переменных:

$$\frac{dI}{I} = \frac{\partial I}{\partial P}\frac{dP}{I} + \frac{\partial I}{\partial A}\frac{dA}{I} + \frac{\partial I}{\partial T}\frac{dT}{I}. \qquad (1)$$

Для примера приведем оценки темпов воздействия выбросов свинца в выхлопах автомобилей на окружающую среду с 1946 по 1967 г., учитывая, что население за этот период возросло на 41%; потребление транспортных услуг, измеренное как автомобильный трафик в милях на одного человека, – вдвое, и выбросы свинца на одну милю тра-

фика – на 83%. Кумулятивный темп роста влияния выбросов свинца (1,41×2,0×1,83) составил 516% [5, с. 369]. Иначе говоря, темп роста воздействия на окружающую среду оказался многократным по сравнению с темпом увеличения каждого из влияющих факторов. Этот пример демонстрирует эффект возрастающего воздействия на окружающую среду при увеличении масштаба экономической деятельности[1].

Мультипликативное воздействие роста населения на окружающую среду можно также обосновать следующим способом. Ключевым параметром, определяющим уровень воздействия человека на окружающую среду в модели *IPAT*, выступает численность населения. Объемы производства благ и разрабатываемые технологии являются производными от потребностей населения. Если под параметром «воздействие» понимать отрицательные последствия техногенных катастроф, порождаемых человеческой жизнедеятельностью (*Pollution Level*), то модель *IPAT* можно представить в следующем виде:

$$Pollution \quad Level = P \cdot \frac{GWP}{Capita} \cdot \frac{Pollution \quad Emission}{GWP} = P \cdot \frac{Pollution \quad Emission}{Capita}. \qquad (2)$$

Численность населения может быть выражена функцией $P(t)$ по аргументу фактора времени t. Тогда выражение (2) записывается как:

$$Pollution \quad Level = P(t) \cdot Pollution\ Emission\ Per\ Capita\ (P(t)) \cdot \qquad (3)$$

Функциональная зависимость (3) является нелинейной. Воздействие на экосистему возрастает и при увеличении численности населения ($P(t)$), и при росте выбросов загрязняющих веществ на душу населения (Pollution Emission Per Capita ($P(t)$) или при превышении темпа роста значений одной из переменных по сравнению с темпом снижения другой.

Для оценки динамики населения воспользуемся логистическим уравнением Ферхюльста [10]:

$$\frac{dP}{dt} = r \cdot P \cdot \left(1 - \frac{P}{K}\right), \qquad (4)$$

где P – численность населения, t – фактор времени, r – ежегодный темп прироста населения (%), K – максимально возможная численность населения.

Решением уравнения является логистическая S-образная функция:

$$P(t) = K \cdot P_0 e^{rt} / (K + P_0 (e^{rt} - 1)), \qquad (5)$$

где P_0 – численность населения в начале периода и

$$\lim_{t \to \infty} P(t) = K.$$

Использование функции (5) для оценки динамики численности населения дает хорошие результаты, о чем наглядно свидетельствует рис. 4, построенный по данным [11], при K, равном 10 млрд. чел. на конец 2200 г. [12], и рассчитанных нами параметрах P_0 = 222,86 млн. чел. (1867 г.) и r = 0,032 (3,2 %).

Для перевода показателя «уровень воздействия техногенных катастроф» в оценку экономического ущерба от загрязнения окружающей среды (Economic

[1] *Утверждение автора о возрастающем воздействии на окружающую среду при увеличении масштаба экономической деятельности можно расценивать как спорное, поскольку данные о росте мирового ВВП и объемов выбросов с 1960 г. показывают, что на 1% прироста ВВП приходится около 0,75% прироста выбросов углекислого газа. Иными словами, объемы выбросов растут более низкими темпами. В то же время, как свидетельствуют данные последнего десятилетия, темпы роста выбросов снижаются также гораздо медленнее, чем темпы ВВП (фактически на 1 проц. п. снижения темпов роста ВВП приходится около 0,5 проц. п. снижения выбросов, см., например, http://ecoportal.su/news.php?id=65459). Таким образом, даже в период стагнации или рецессии мировой экономики рост объемов выбросов может продолжаться, создавая дополнительные угрозы долгосрочного характера (прим. ред.).*

damage from environmental pollution, *ED*) введем постоянный коэффициент μ, характеризующий ежегодный экономический ущерб от техногенных катастроф, порождаемый жизнедеятельностью одного человека (в долл.).

$$ED(t) = \mu\,[K \cdot P_0 e^{rt} / (K + P_0(e^{rt} - 1))]. \qquad (6)$$

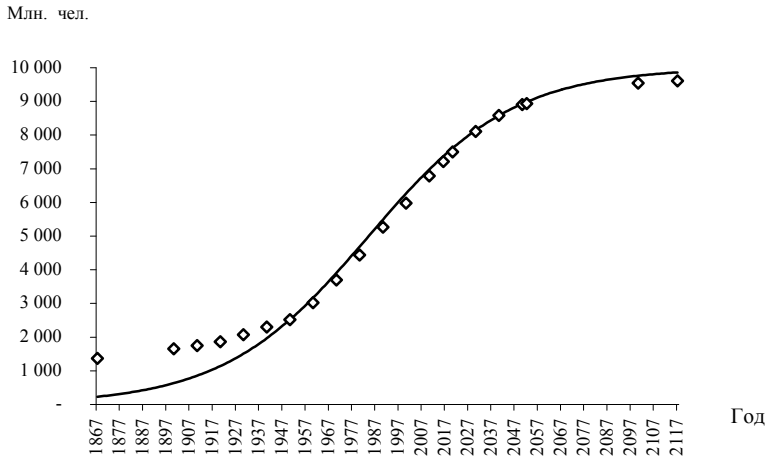


Рис. 4. Моделирование численности населения мира по уравнению Ферхюльста (——); –◇– прогноз численности населения мира по данным ООН

Неоклассическая экономическая теория объясняет, почему предельные затраты, связанные с ростом GWP, могут превысить его предельные выгоды. В соответствии с законом убывающей предельной полезности общая полезность экономического роста возрастает все более медленными темпами. Закон возрастающих предельных затрат объясняет прогрессирующие темпы увеличения последних с ростом экономической активности. Таким образом, мировая экономика сталкивается с необходимостью восполнения экономического ущерба от бедствий и катастроф, затрачивая все больше ресурсов на преодоление их последствий и уменьшающуюся долю ресурсов - на воспроизводство материальных благ и улучшение качества жизни [13].

Тренды, выявленные на основе графического анализа данных об ущербе в результате крупных техногенных аварий и природных катастроф [14] и о динамике GWP [15], подтверждают теоретические выводы относительно убывающих темпов роста общей полезности экономического роста и возрастающих темпов роста предельных затрат (рис. 5). Если в течение 10 лет (за 2000-2009 гг.) экономический ущерб от техногенных аварий и природных катастроф составил 1,05 трлн. долл., то только за четыре года нового десятилетия (2010-2013 гг.) он достиг значения 0,904 трлн. долл. [14]. Такую темповую динамику ущерба техногенных аварий и природных катастроф можно определить как экспоненциальную.

Этот вывод также подтверждают как данные Информационно-аналитического центра углекислого газа Отдела науки об окружающей среде национальной лаборатории (штат Теннесси, США) об общемировых объемах выбросов углекислого газа[2] (рис. 6, построено по данным [15]), так и аналогичная статистика по отдельным национальным экономикам, в частности, по России (рис. 7).

[2] *Имеются в виду выбросы от производства электроэнергии и тепла, потребления газа, жидкого и твердого топлива, от обрабатывающей промышленности, строительства, транспорта, сферы коммерческих и государственных услуг и жилья.*

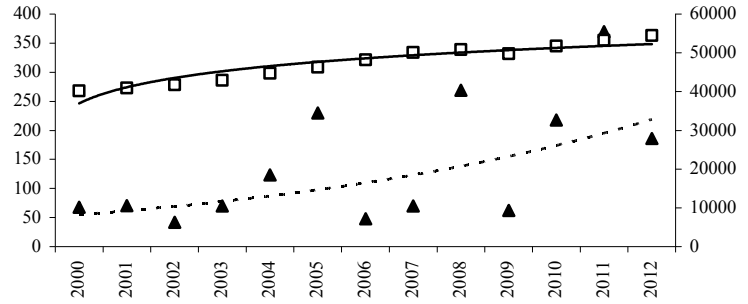


Рис. 5. Тренды динамики GWP (правая шкала) и экономического ущерба от природных и техногенных катастроф:
------ экспоненциальная; —— логарифмическая GWP

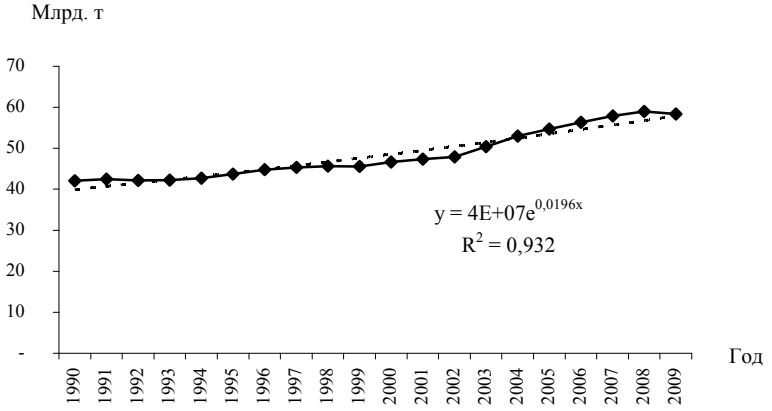


Рис. 6. Общемировые объемы выбросов:
–◆– CO_2; ---- экспоненциальный

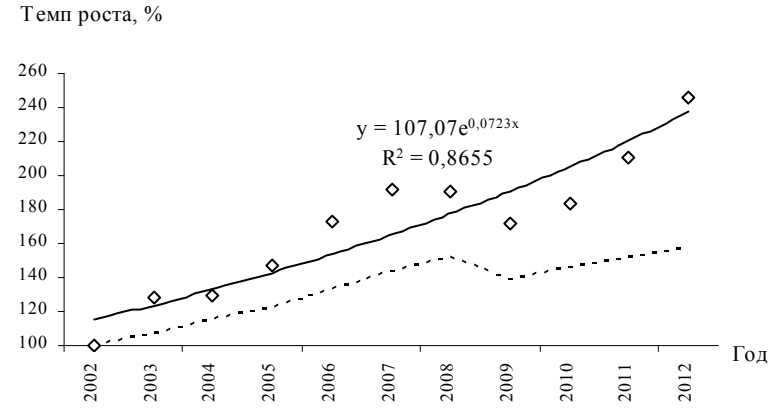


Рис. 7. Темпы роста (к 2002 г.) отходов производства и потребления (◇) и физического объема ВВП (----) России

Темп роста отходов производства и потребления в России за 2002-2012 гг., рассчитанный на основе данных табл. 2 [16; 17], составляет 245,7% при темпах роста физического объема ВВП за тот же период – 157,1%. Доля использованных и обезвреженных отходов производства и потребления в общем объеме отходов практически на протяжении всего исследуемого периода составила при этом около 50%.

Таблица 2

Отходы производства и потребления в России

Показатель	2002 г.	2004 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Отходы производства и потребления, млн. т	**2038**	**2635**	**3519,4**	3899	3877	3505,0	3734,7	4303,3	5007,9
Доля использованных и обезвреженных отходов производства и потребления в общем объеме отходов, %	**60**	**43**	**40**	58	51	47	47	46	47

Даже с учетом снижения показателя в 2008-2009 гг. можно зафиксировать экспоненциальный тренд темпа роста отходов производства и потребления (см. рис. 7, построено по данным [16-18]). Показатели отходов, остающихся после вычета из отходов производства и потребления объемов их использования и обезвреживания, также демонстрируют устойчивый рост.

При прогнозировании экологических ограничений роста отечественной экономики необходимо учитывать, что российские природно-климатические и пространственно-географические особенности всегда будут обусловливать отличия промышленной и технологической структуры экономики РФ от аналогичных показателей, например, европейских стран. Даже при использовании самых современных технологий специфика экономического роста в России будет состоять в использовании бóльших объемов массовых ресурсов (энергоносителей, металла, строительных материалов и т.п.), следовательно и в более интенсивном воздействии на окружающую среду.

Естественно, постепенное замедление темпов роста численности населения в мире будет ограничивать отрицательное воздействие деятельности человека на окружающую среду. Однако расчеты показывают, что при сохранении возрастающих темпов роста экономического ущерба от загрязнения окружающей среды (ED) и убывающих темпов GWP в перспективе абсолютные значения этих показателей могут сравняться. Таким образом, экономический рост, обостряющий социальные и экологические проблемы экономического неравенства и бедности, загрязнения окружающей среды, внутренне неустойчив и при отсутствии технологических улучшений способен перейти в «неэкономичный» рост. В соответствии с маржиналистской теорией можно констатировать, что рост экономики эффективен до уровня, пока его предельная полезность не сравняется с предельными затратами от экономического ущерба.

В соответствии с международными данными уязвимость объектов, связанная с нанесенным материальным ущербом от катастроф различной природы, повышается ежегодно в среднем на 10% [19]. Более чем 10-процентный ежегодный прирост экономического ущерба характерен, в частности, для экономики США, где за последние 20 лет совокупный ущерб только от крупнейших катастроф увеличился почти в 8 раз [13]. На рис. 8 графически смоделирован прогнозный сценарий 10-процентного ежегодного прироста ED и роста GWP, построенный на основе

данных [20; 21]. При заданных условиях максимум эффекта экономического роста приходится на 2040-е годы. В дальнейшем объемы экономического ущерба начинают быстро нарастать, и к концу 2060-х годов становятся равными объему GWP. Естественно, это всего лишь один из возможных сценариев, основанных на гипотезе «неэкономичного» роста. В частности, при наращивании общей производительности факторов производства прогноз будет более оптимистичным.

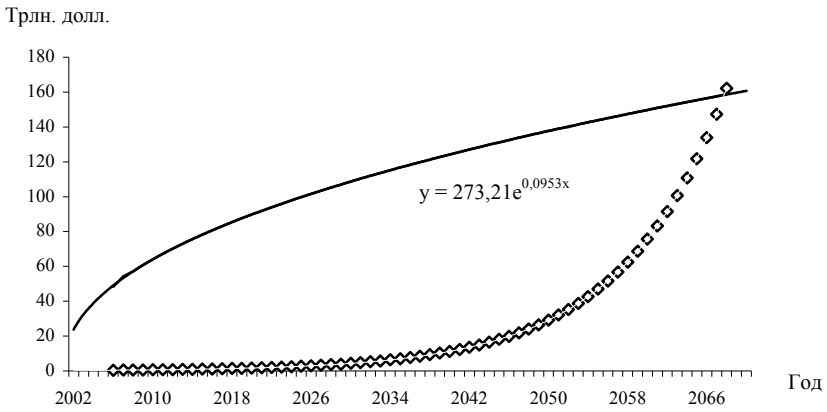


Рис. 8. Моделирование гипотезы неэкономичного роста:
—— GWP; ◇ экономический ущерб (ED)

Влияние экономического ущерба от загрязнения окружающей среды на количественную оценку темпов экономического роста не исчерпывается стоимостной оценкой отрицательных последствий вредных выбросов. Расчет здесь более сложен, включающий стоимость затрат на ликвидацию и предотвращение техногенного ущерба окружающей среде, осуществление платежей за загрязнение, формирование системы стимулирования природоохранной деятельности, расходы на восстановление здоровья населения.

Формат исследования природы «неэкономичного» роста предполагает проведение анализа динамики составляющих его видов экономической деятельности. По нашему мнению, одним из наиболее показательных критериев такого роста может выступать отношение отходов производства и потребления экономических благ к объемам их производства по конкретному виду экономической деятельности (в дальнейшем, индекс «отходы/экономические блага»). Если значение этого индекса становится больше единицы, то экономический рост трансформируется в «неэкономичный», т.е. расточительный, когда издержки роста начинают превышать его выгоды.

Результаты анализа статистических данных по наиболее значимому виду экономической деятельности в России – добыче топливно-энергетических полезных ископаемых – наглядно свидетельствуют о «неэкономичном» характере роста данного вида деятельности (рис. 9, построено по данным [16; 22]).

В экономике дефицита было важно произвести больше продукции, и показатель ВВП действительно выступал как определяющая мера экономического благосостояния общества (economic wellbeing). В настоящее время в странах относительного изобилия зачастую при неприемлемых затратах, связанных с экономическим ростом, теряется смысл использования этого показателя в качестве основного критерия уровня национального благосостояния. Темпы экономического роста в традиционном понимании постепенно утрачивают эту функцию. Конечно, экономика продолжает выступать материальной платформой жизнеобеспечения и обществен-

ного прогресса, но уже наряду с другими сферами жизнедеятельности человека. В этой связи меняется и теоретическая парадигма роста экономики, обусловливая необходимость расширения предмета и метода исследования индикатора современного экономического роста.

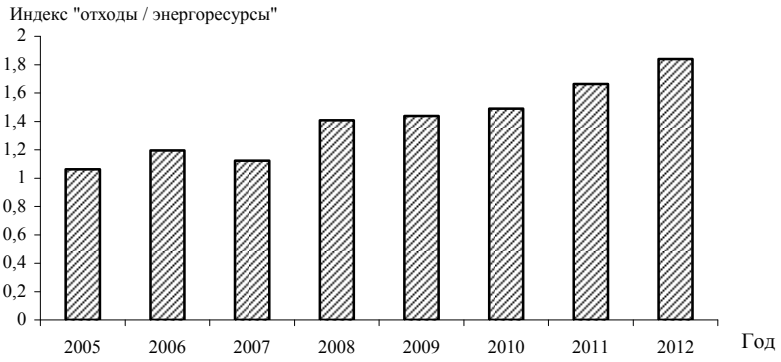


Рис. 9. Динамика индекса «отходы/топливно-энергетические ресурсы»

Показатель ВВП непосредственно измеряет результат экономической деятельности, между тем важно учитывать социально-экономическое благосостояние, т.е. такие характеристики, как продолжительность жизни, уровень младенческой смертности, образования и т.п. Таким образом, актуальной становится задача оценки качества экономического роста. В той и ли иной мере она решается на основе использования ряда индикаторов, например: Human Development Index (HDI), Genuine Progress Indicator (GPI) или Index of Sustainable Economic Welfare (ISEW), Happy Planet Index (HPI). Так, американская исследовательская организация «Redefining Progress» рассчитывает показатель GPI, оценивающий рост национального благосостояния с учетом негативных последствий экономической деятельности. Его оценка осуществляется посредством умень-шения ВВП на величину социальных и экологических затрат.

Таким образом, устойчивый экономический рост становится возможным при смене парадигмы экономической необходимости на новую, мотивирующую удовлетворение потребностей более высокого уровня. Высокие темпы экономического роста не тождественны повышению его качества. Они могут сопровождаться усилением социального неравенства, углублением кризиса глобальных финансов, возрастанием негативного воздействия человека на окружающую среду. В такой ситуации любую теорию экономического роста, не учитывающую ценностные аспекты экологического, социального, человеческого характера, можно рассматривать как не отвечающую реалиям современного социально-экономического развития.

Литература

1. *GWP Growth (annual %) Data. URL: http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG/countries/1W?page=2&display=default, свободный.*
2. *World Development Indicators, The World Bank, 2013/ URL: http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD/countries/1W?display=default, свободный.*
3. *World Development Indicators. The World Bank. Data. 2013. URL: http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators, свободный.*
4. *Cobb G.W., Douglas P.H. A Theory of Production. //American Economic Review. 1928. March, Suppl.*
5. *Ehrlich P., Holdren J. Impact of Population Growth // Population, Resources, and the Environment. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1971.*
6. *Solow R. M. A Contribution in Theory of Economic Growth // Quarterly Journal of Economics. 1956. № 2.*

7. *Adapted from United Nations Development Program. Press Release. New York, 1999.*
8. *Kremer M. Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990 // The Quarterly Journal of Economics. 1993. № 108.*
9. *Global Footprint Network. URL: http://www.footprintnetwork.org/ en/index.php/GFN/, свободный.*
10. *Логистический рост (уравнение Ферхюльста). URL: http://www.biophys.msu.ru/material/mmb/pract/pract2.pdf, свободный.*
11. *World Historical and Predicted Populations. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/World_population#cite_note-9#cite_note-9, свободный.*
12. *The World at Six Billion. URL: http://www.un.org/esa/population/publications/ sixbillion/sixbilpart1.pdf, свободный.*
13. *Порфирьев Б.Н.. Опасность природных и антропогенных катастроф в мире и России. URL: http://www.rus-stat.ru/stat/124Russia_2004-2_37-61.pdf, свободный.*
14. *Swiss Re. URL: http://www.swissre.com/library/?searchByType=1011075&search=yes&searchByLanguage=851547&searchByCategory=1023435, свободный*
15. *World Development Indicators. URL: http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators, свободный.*
16. *Окружающая среда. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/environment/#, свободный.*
17. *Национальные счета. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/accounts/#, свободный.*
18. *Образование, использование и обезвреживание отходов производства и потребления. URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b10_54/IssWWW.exe/Stg/09-01.htm, свободный.*
19. *Сычев Я.В. Опасности техногенных катастроф современности // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». URL: http://ipb.mos.ru/ttb, свободный*
20. *Global Economic Outlook. - URL: http://www.conference-board.org/data/globaloutlook.cfm, свободный*
21. *Total GDP. URL: http://www.labor.ca.gov/panel/pdf/GDP.pdf, свободный. Gross domestic product. URL: http://siteresources.worldbank.org/ DATASTATISTICS/Resources/GDP.pdf, свободный.*
22. *Промышленность России. Стат. сб. М.: Росстат, 2012.*