Способность человека оказывать влияние на окружающую среду заставляет рассматривать его производственную деятельность как естественную составляющую часть общих экологических процессов.

Н.Н.Моисеев

Е.В.Мелокумов

Экологическая безопасность и риски в задачах оптимального управления в экономике

1.Проблематика оценки рисков в открытых системах

Формализованное описание рисков в виде функций или параметров и комплексный учет рисков различной природы в задачах оптимального управления в экономике до сих пор представляет собой не решенную теоретическую и во многом методологическую задачу. Если принять точку зрения, согласно которой всякое развитие характеризуется неустойчивостью происходящих во времени процессов, то отыскание законов и условий устойчивости связано с умением управлять существующими и потенциальными рисками. Распространена точка зрения, что математическая теория риска еще до сих пор окончательно не сформирована. При этом в прикладных исследованиях подчеркивается, что оценка рисков, в том числе экологических, в рамках определенных задач носит преимущественно апостериорный характер и относится к функционированию технических объектов и систем, когда применение статических средств анализа является достаточно обоснованным. Оценка и управление рисками при проведении инженерных изысканий и проектировании технических объектов остается серьезной проблемой, в то время как эффективность существующих методов управления рисками при проектировании уже технико-экономических систем и прогнозировании в экономике не получила сколько-нибудь убедительного подтверждения, решение возникающих там задач носит преимущественно неформальный и эвристический характер.

Методология определения экологических рисков как системообразующего понятия связана с тем фактом, что человек является частью природной среды обитания или биоты, а риск негативного воздействия на окружающую среду в процессе хозяйственной деятельности сопряжен с риском и неопределенностями воздействия неконтролируемых факторов природной среды обитания на человека и его деятельность. В этом смысле неизбежные риски и неопределенности, связанные с хозяйственной деятельностью и антропогенным воздействием на среду обитания, относятся к экологическим рискам. Обобщенные таким образом риски “составляют” действие неконтролируемых факторов природной среды, включая человека. Однако сама постановка задачи управления рисками имеет нетривиальную составляющую: признание того факта, что существуют риски, которые мы не в состоянии ни измерить, ни оценить классическими вероятностно-статистическими методами, указывает на единственную возможность выработки обоснованной технологии комплексного управления рисками на том основании, что стратегия управления выстраивается как стратегия управления рисками. Другими словами, управление рисками есть инвариантное определение стратегии управления. А наилучшая в смысле оптимальности стратегия позволяет управлять наибольшим количеством существующих и потенциальных рисков. Подобная формулировка требует комплексного учета рисков и определяет необходимость формирования строго обоснованных интегральных оценок эколого-экономической эффективности на уровне самостоятельной теории и на базе уже существующих в экономической науке и теории управления результатов.

Даже если отдельно взятая экономическая теория замкнута в своих описаниях и не нуждается в формализации понятия риска, оценка параметров экономического роста, рыночного равновесия и условий устойчивости системы с необходимостью требует рассмотрения экономической системы как открытой эколого-экономической или природно-антропной системы. Для открытых эволюционирующих систем ресурсы представляют собой "метаболическое время" (термин и его обоснование предложены А.П.Левичем, см., например, [3]) системы как показатель изменчивости.

Категория риска в этом смысле становится характеристикой необратимой эволюции открытой по отношению к действию неконтролируемых факторов внешней среды системы, при описании которой должны уточняться условия применимости понятия классических вероятностно-статистических методов (обоснование условий, позволяющих рассматривать отдельные события как независимые, наличие необходимых частот и т.д.). Ограниченность возможностей этих описаний тем более очевидна, если речь заходит о редких и уникальных событиях, к которым неприменимо понятие математического ожидания. В этой связи анализ риска в терминах метаболических времен системы предполагает поиск параметров, которые могут иметь содержательные предпосылки и интерпретацию, как в рамках экономической теории, так и в теории управления, и соответственно в естественных науках. Классические модели математической экономики (модели В.В.Леонтьева и фон Неймана) определяют условия так называемого самоподдерживающего экспоненциального роста и рассматривает экономический рост как задачу оптимального управления в экономике со сложившейся структурой производства и затрат, не определяя при этом вида управления для достижения этой траектории. В теории оптимального управления в экономике широко используются принцип максимума Понтрягина при решении оптимизационных задач, в которых основные фонды представляют собой фазовые координаты экономической системы, а экстремизация функционала действия связана с выбором вектора управления. Использование вариационного исчисления и принципа максимума Понтрягина на бесконечном полуинтервале времени имеет место в современных теориях эндогенного экономического роста [1], вместе с тем в этих работах предполагается, что экономика уже находится в состоянии равновесия и в ней отсутствуют неопределенности. Аналогичные предположения о наличии полной информации и отсутствии неопределенностей делаются при аксиоматизации теории игр и формулировке центрального понятия полезности с применением вероятностных рассуждений в [8]. Однако то обстоятельство, что эколого-экономические системы (в отличие от систем технических) не являются замкнутыми и рефлексными, а также признание того факта, что существуют риски (связанные с прогнозированием, планированием, принятием решений в процессе взаимодействия с компонентами внешней среды), которые мы не в состоянии ни измерить, ни оценить вероятностными методами (здесь необходимо четкое понимание того, какие объекты и явления могут стать предметом вероятностного и статистического описания), свидетельствует в пользу неявной параметризации риска при моделировании экономического роста и формулировке соответствующих задач оптимального управления, а именно в пользу поиска управляющих параметров, "ответственных" за *устойчивый* рост. Экономическая макросистема обнаруживает при таком способе рассмотрения возможность применения средств квантомеханического описания, когда система не описывается в терминах ее свойств. Так, на основании наблюдаемых фактов экономической деятельности и по аналогии с принципом дополнительности в физике, возможен вывод о невозможности точного совместного измерения прибылей и рисков в хозяйственной системе. Однако детальное рассмотрение подобных соотношений неопределенности и дополнительных возможностей применения аппарата математической физики не входит в круг задач, рассматриваемых в настоящей статье.

2. Оптимальность, деньги и методология оценки эффективности

Декларируемое право на предпринимательский риск, ставшее частью современной государственной идеологии макроэкономического управления, актуализирует стратегию создания новых высокотехнологичных продуктов в конкурентной среде при эффективном функционировании рыночных институтов как способа отбора и верификации потребностей общества в этих продуктах, неких вновь создаваемых товарах и услугах. Эти свойства рыночных институтов характеризуют доминирующую на сегодняшний день теоретическую модель неким “оптимальным образом” функционирующей экономической системы. Экономическая наука и теория игр аксиоматизируют в этой связи категорию полезности, а в некоторых задачах математической экономики и теории оптимального управления рассматривается интегральный функционал, максимизирующий мгновенную полезность. Современные представления о макроэкономическом равновесии строятся на понятиях, рассмотрение которых на языке оптимального управления приводят, во-первых, к максимизации функционала вида: (где $g((x(t),u(t))$ - мгновенная прибыль в момент времени t, $u(t)$ - допустимое управление, $x(t)$ - соответствующая ему траектория капитала или основных производственных фондов), e^{-pt} - дисконтный множитель, и, во-вторых, к двум теоремам благосостояния, центральным местом которых является понятие эффективности по Парето. Как известно, теоретические сложности здесь возникают в связи с тем, что концепция ординалистской полезности, признает полезности “неизмеримыми” и не может предложить ясный критерий для того, что является “плохим” и “хорошим” как уменьшающим или увеличивающим благосостояние отдельного индивидуума. Производная конструкция, согласно которой у каждого хозяйствующего индивидуума имеется свой собственный экстремальный принцип и экстремизируемый функционал, не позволяют говорить о конструкции Парето эффективности как об универсальном принципе “наилучшего действия” применительно к экономическим процессам, как если бы мы уподобляли его принципу наименьшего действия в физике. Существующий как некое правило принятия решений критерий эффективности Калдор-Хикса имеет “компенсационный” смысл перераспределения дохода в сторону достижения Парето-эффективности и имеет непосредственное отношение к практике принятий решений в экономике и бизнесе, предполагая рассмотрение кардиналистских полезностей, т.е. количественной оценки при агрегировании величин полезностей различных экономических агентов. В этом специальном контексте необходимо отметить, что математическая природа целевой функции в виде функционала, ставящего в соответствие функции число, требует от экономиста определения условий, при которых оценка функции благосостояния может производиться количественно в существующих для оценки денежных единицах. Природа вышеприведенного функционала, экстремизирующего функцию полезности такова, что, с одной стороны, в нем отсутствуют неконтролируемые факторы риска как величины, от которых зависят конкретные управления, и, с другой стороны, сама величина полезности эксплицируется относительно денег, свойства которых, а именно постулируемая полезность денег рассматривается как изначально данная внутри экономической системы. Постулирование данного функционала не снимает вопрос о том, как определять деньги в целевой функции максимизации прибыли непротиворечивым образом (аналогично требованию к корректности определения как не зависящего от произвольных локальных координат в физических задачах). Возникает ситуация, когда отсутствующая модель функционирования денег в экономике подменяется конструкцией функции полезности, а деньги определяют сами себя, будучи как бы “предсуществующими” в экономической системе. Отсюда теоретические проблемы с понятием постоянной предельной полезности денег. Приведенные теоретические конструкции базируются на том фундаментальной предположении, что экономическая система является замкнутой относительно природных факторов среды обитания, а именно игнорировании того обстоятельства, что человек, осуществляющий хозяйственную деятельность, сам является частью среды обитания. Таким образом, задача оптимального управления при моделировании природно-антропной экономической системы состоит в выводе функционала, структура которого учитывает действие неконтролируемых факторов внешней среды.

3. Афтотрофно-экологическая полезность и принцип эффективной занятости населения

Вспомогательным средством для рассмотрения альтернативной теоретической конструкции с описанием функции благосостояния как функции денег и поиском “оптимума” при распределения ресурсов может служить известная формулировка о постоянной предельной полезности денег (ППДП). В настоящее время доминирует точка зрения, согласно которой ППДП не может быть постоянной (так, с увеличением потребления количества некого товара уменьшается полезность денег). Между тем, существуют и контрпримеры, к которым относятся соизмеримые с величиной доходов расходы на обеспечение экологической безопасности. Верификация и обоснование условий, подтверждающих ставший дискуссионным теоретический тезис Маршалла в отношении ППДП (и используемый в качестве аксиомы кардиналистской полезности в современных учебниках по экономике), позволяет ввести новый теоретический объект – *автотрофно-экологическую полезность (эколого-экономическую полезность)*, параметризующую функцию благосостояния в виде суммы индивидуальных составляющих инвестиций и потребления. В такой постановке обоснование условий, при которых может выполняться ППДП, является теоретическим аналогом обоснования условий интегрируемости функции агрегированного спроса, являющегося центральным понятием при верификации отдельно взятого прибыльного проекта при действующих равновесных ценах как эффективного. Если признать, что “по существу, рациональное поведение исключает феномен удовлетворения (полезности) от риска как такового”[1], смысл этой операции будет заключаться в описании экономического процесса как потока состояний открытой эволюционирующей системы. Деньги тогда определяются относительно полезностей, а не наоборот. Статистическая интерпретация будет в этом случае означать рассмотрение ансамбля частот применительно к типовым состояниям при принятии индивидуальных хозяйственных решений.

Параметризация ресурсоориентированной функции благосостояния как функции денег с применением конструкции “жадной суммы” (“жадная дзета-функция числового массива” в работах Е.В.Щепина “Об умножении бесконечных сумм”, 2004 и “Greedy sums and Dirichlet series”, 2011), позволяет идентифицировать этот объект на формальном математическом языке и рассматривать понятие эколого-экономической эффективности в рамках развиваемой модели как теоретическое обобщение, допускающее, в отличие эффективности по Парето, выполнение условий постоянной предельной полезности денег (условий интегрируемости функции агрегированного спроса).[2] Тем самым это создает контрпример к понятию оптимальности применительно к эффективным по Парето решениям в экономике. Единственной экономической аксиомой, формализуемой в рамках конструкции, является обобщенное условие ППДП в виде равенства цены изъятия

---

[1] В.В.Леонтьев “Экономические эссе”, 1990.

[2] Рассмотренная на массиве комплексных чисел, функция благосостояния принимает следующий вид:

$W_t(z) = \sum_{i=1}^{N} \Delta s_t^i \left|\Delta s_t^i\right|^z$, где $\Delta s_t^i = a + ib = (s_e^i - |s_n^i|) + is_r^i$ при $s_t^i = |s_e^i| + |s_n^i| + |s_r^i|$; где s_e^i - индивидуальные экологические инвестиции и потребление, s_n^i - индивидуальные неэкологические инвестиции и потребление, s_r^i - плата за риск, ассоциированный с инвестициями и потреблением, z - переменная, функционально связанная с используемыми ресурсами, N – количество жителей Земли.

ресурсов из биосферы цене их возвращения обратно в виде отходов производства и потребления (эквивалентность “цены отходообразования” как условие ПППД и обобщенного условия интегрируемости функции конечного спроса). Формулировка этого обобщенного условия, которое очевидно не характеризует современную экономику, равно как и конструктивное задание интегрируемой функции конечного спроса, единственно возможно с использованием понятия автотрофно-экологической полезности.

Развивая эту линию рассуждений можно показать, что рыночное равновесие в экономике, где произведенные товары потребляются полностью, предполагает как раз выполнение обозначенных в виде экологической полезности характеристик функционирования денег. Содержательная интерпретация при определении условий интегрируемости функции спроса состоит в возможности оперировать равноценными денежными единицами обмена, без чего обесценивается абстрактный анализ с применением векторов полезностей. Деньги как экономический референт времени тем самым отвечают требованию формирования оптимальной структуры затрат в процессе экономической динамики. Вычислительный эксперимент, поставленный в рамках обсуждаемой модели, позволяет переформулировать принцип Парето в формулировке “20-80-20”: при индивидуальных неэкологических инвестициях и потреблении наиболее обеспеченной части населения, превышающих 20% от используемых средств, коллективное благосостояние становится меньше, чем в том случае, когда средства (ресурсы) в обществе распределены равномерно.

Качественный вывод состоит в том, что политика экологизации производства, связанная с реализацией стратегии комплексного управления рисками (как синтезом управлений), создает “соответствующие” регулирующие процесс макроэкономические условия для формирования оптимальной структуры производственных затрат и товарных цен. Формализация этого принципа и вывод соответствующего функционала действия (функционала, минимизирующего использование лимитирующих ресурсов) предполагает неявный учет рисков, оцениваемых по принципу эколого-экономичекской полезности, и может являться теоретической основой геоэкологической экономики нового типа. Экологическая полезность и эффективность рассматриваются как параметры порядка экономической системы с точки зрения управления, рисков и распределения ресурсов. Связь функционала действия, минимизирующего ресурсную часть, и функции состояния экономической системы (максимизация обобщенной функции благосостояния) является аналогом принципа минимума потребления системой лимитирующих ресурсов в математической экологии, сформулированный по аналогии с теоремой Гиббса А.П.Левичем и В.Л.Алексеевым: “...потребление системой ресурсов минимально, при условии, что энтропия системы (или сложность системы, ее разнообразие, и т.д.) выше некоторого порога, т.е. принцип максимума энтропии эквивалентен принципу минимума потребления системой лимитирующих ресурсов”[4].

В целях верификации автотрофно-экологической полезности обратимся к понятию лимитирующих ресурсных факторов в факториальной экологии. Лимитирующими экономический рост будем считать ресурсные факторы, отсутствие которых приведет к остановке роста и появление которых связано с возобновлением роста, описываемого в терминах ресурсоориентированной функции благосостояния и субстанциональных денег. В таком “субстанциональном” смысле факт ограниченности ресурсов сам по себе еще не означает лимитирующий характер ресурсопотребления, и только хозяйственная деятельность человека может иметь своим результатом ситуацию, когда отдельные ресурсы приобретают статус предлимитирующих (условно лимитирующих). Таким образом, использование ограниченных ресурсов (не являющихся изначально лимитирующими) в той части, когда они могут быть заменены возобновляемыми ресурсами, ведет к их полному исчерпанию и не является автотрофно-экологическим. Такова, например, направленность современного потребления углеводородов, включая случаи негативного влияния на воспроизводство возобновляемых ресурсов (загрязнение

воды и почв). Принцип автотрофно-экологических инвестиций и потребления является следствием функциональных соотношений между фактически и потенциально используемыми компонентами природной среды.
Конструкция субстанциональных мировых денег (характеризующихся метаболическим временем системы) позволяет обосновать рациональное природопользование как природопользование восстановительное, и сформулировать в качестве критерии качества управления *принцип эффективной занятости как полной занятости при восстановительном природопользовании.*

4. Индексы ресурсопотребления в задаче оптимального управления

Направления экологической деятельности в экономике принято условно разделять на природоохранные, либо ресурсосберегающие. В контексте постановки и решения задачи оптимального управления необходимо рассмотреть способы параметризации природовосстановительной деятельности, вводя в рассмотрение доступные управления, эксплицирующие автотрофно-экологическую полезность (которая в свою очередь параметризует функцию благосостояния-денег). Подобным индикатором-управлением является принцип эффективной занятости как полной занятости при рациональном (а именно восстановительном) природопользовании, следующий из условий максимизации функции благосостояния. Как уже отмечалось, приводимая схема является аналогом конструкции, устанавливающей эквивалентность принципов максимума обобщенной энтропии и минимума потребления лимитирующих ресурсов из математической экологии.
Возникает вопрос о возможности интерпретации принципа эффективной занятости на языке конкретных задач теории оптимального управления с формулировкой задачи оптимального управления в открытой экономической системе. В этих целях используется конструкция, разработанная в работе С.М.Асеева и А.В.Кряжимского “Принцип максимума Понтрягина и задачи оптимального экономического роста” (2007), где, в частности, рассматривается математическая модель эндогенного экономического роста в виде задачи оптимального управления на бесконечном полуинтервале времени:

$$J(N, L_n) = \int_0^\infty e^{-pt} \ln D(t)dt = \int_0^\infty e^{-pt}[(\frac{1}{a} - 1)\ln N(t) + \ln(L - L_n(t)]dt \to \max .$$

Здесь приняты следующие обозначения: $D(t)$ - индекс потребления Диксита-Стиглица, $N(t)$ - “траектория технологического запаса страны”, L - величина занятых в экономике, $L_n(t)$ - программа инвестирования трудовых ресурсов в научно-исследовательский сектор, e^{-pt} - дисконтный множитель, a - преобразованный параметр эластичности замещения между различными продуктами.
Таким образом, исходя из целей настоящей работы, требуется переформулировать задачу, в которой вместо индекса потребления будет формализован критерий производительности ресурсопотребления (или нелимитирующего ресурсопотребления), служащий верификации автотрофно-экологической полезности. В этой связи необходимо заметить, что формальным недостатком вышеупомянутого индекса потребления является то обстоятельство, что, во-первых, товары рассматриваются как недифференцируемые однородные величины, наделенные некими абстрактными потребительскими свойствами, и, во-вторых, вводится предположение о том, что товары в экономике производятся без излишков, т.е. потребляются полностью, а в экономике отсутствуют неопределенности. Если второе замечание очевидно никак не может соответствовать реальному положению дел в экономике и является легким объектом критики, то первое может потребовать специального анализа, требующего рассмотрения в обычном смысле “продуктов” и так называемых технологических “нововведений”, решения о производстве которых в экономике отнюдь не является результатом коллективной воли потребителей (см.[6]).

На макроуровне, если в разрезе межотраслевого баланса товары отдельных отраслей является полуфабрикатами или сырьем для продукции других отраслей, процесс потребления и преобразования ресурсов является своего рода “расширяющей конструкцией” по отношению к процессу производства товаров (равно как и продуктов отраслевого передела) и соответственно представим в виде: товары (продукты) равны ресурсам плюс отходам. Оценке этого эмпирического факта должна служить относительная производительность ресурсопотребления как разница между условно полезными используемыми ресурсами (продуктами) за вычетом отходов, отнесенным к совокупному преобразованному веществу биосферы (использованным ресурсам).

Тем самым в методологическом плане рассматривается открытая по отношению к потоку ресурсов и действию неконтролируемых факторов риска эволюционирующая экономическая система – процесс ценообразования учитывает стоимость или цену образования отходов как характеристику автотрофно-экологической полезности..

Современная статистика не оперирует значениями производительности ресурсопотребления (по некоторым экспертным оценкам отношение отходов к условно полезному веществу равно 20), поскольку не сформирована методика оценки. В этой связи естественно предположить, что вводимая величина занятости в экологических отраслях экономики $L_e(t)$ будет характеризовать степень производительности ресурсопотребления – ее максимум будет оцениваться как $\min(L - L_e)$. Следуя общему подходу, изложенному в [1], сформулируем индекс производительности ресурсопотребления в терминах теории эндогенного экономического роста:

$$IPR(t) = \int_0^{N(t)} [\frac{L - L_e(t)}{N(t)^{\sigma}}]ds = (L - L_e(t))[N(t)]^{1-\sigma}.$$

Предполагается, что в момент времени t каждому ресурсу с индексом s соответствует “наилучшая технология” его использования $N(t)$ (общее количество технологий предполагается большим, чем количество ресурсов). Экстремизируемый интегральный функционал удельной скорости роста индекса производительности ресурсопотребления (или нелимитирующего ресурсопотребления), где $N(t)$ - фазовая переменная, характеризующая состояние технологий и технологическую траекторию; $L_e(t)$ - управляющий параметр “инвестирования” трудовых ресурсов в экологоориентированные отрасли и производства, L - максимально возможная занятость населения, σ - параметр, в обще смысле понимаемый как эластичность предельной нормы замещения возобновляемых и невозобновляемых ресурсов (факторов производства), запишем в виде логарифмической функции и без использования дисконтных множителей:

$$S[N(t), L_e(t)] = \int_0^{\infty} [(1-\sigma)\ln N(t) + \ln(L - L_e(t))]dt \to \max.$$

Следуя концепции лимитирующих ресурсных факторов и принципу эффективной занятости, будем полагать, что экспоненциальный технологический рост не является произвольной траекторией, а условием независимости подынтегрального выражения от траектории $N(t)$ является его следующее представление: $\frac{N(t)}{dt} = \frac{L_e(t)}{L}N(t)$, где $L_e(t) \in [0, L)$, $N(0) = N_o$. С учетом вышеизложенного и ввиду того, что $\frac{d}{dt}(\ln(N(t)) = \frac{L_e(t)}{L}$, получаем: $S[N(t), L_e(t)] = \int_0^{\infty} [(1-\sigma)\frac{L_e(t)}{L} + \ln(L - L_e(t))]dt \to \max$.

Функционал производительности ресурсопотребления принимает свое наибольшее значение при $L_e(t) = L - \frac{L}{1-\sigma}$. Таким образом, при отрицательных σ и росте абсолютных значений этого параметра, реализуется теоретический максимум $L_e(t)$ при $L_e(t) \to L$. Это соответствует модельной ситуации, когда опережающий рост доходов и прибыли, связанный с производством товаров из невозобновляемых ресурсов при лимитирующем характере ресурсопотребления, будет сочетаться с опережающим ростом использования в производстве возобновляемых ресурсов и товаров альтернативного замещения. Отрицательные значения σ характеризуют теоретические условия, при которых оптимальное нелимитирующее ресурсное замещение возможно. Классическая теория допускает только неотрицательные значения для параметра ресурсного замещения σ в условиях рыночной конкуренции. Однако это является одновременно и характеристикой лимитирующего ресурсопотребления: способ использования невозобновляемых ресурсов в таком случае тормозит экономический рост и вызывает безработицу.

Полученный результат показывает, что в современных условиях изменение структуры экономики на нелимитирующее ресурсопотребление является невозможным и контрпродуктивным с точки зрения существующей теории. Сравнение теоретической оценки с эмпирическими показателями использования лимитирующих и нелимитирующих ресурсных факторов возможно при анализе сложившейся современной практики (модели) ценообразования на мировых товарных рынках (к примеру, лимитирующий характер ресурсопотребления, когда при росте цен на нефть наблюдается увеличение спроса и ее потребления). Аналогичный вышеприведенному результат будет получен при замене индекса производительности ресурсопотребления на обратный ему индекс лимитирующего ресурсопотребления $ILR(t) = \int_0^{N(t)} [\frac{N(t)^{\sigma}}{L - L_e(t)}]ds = \frac{[N(t)]^{1+\sigma}}{L - L_e(t)}$ в записи функционала, который будет минимизироваться и который удобно соотносить с принципом максимума обобщенной энтропии при минимизации использования лимитирующих факторов. Параметр σ как фактор ресурсного и технологического замещения характеризует степень гибкости экономики: функционал лимитирующего ресурсопотребления принимает минимальное значение при $L_e(t) \to L$ и абсолютных значениях $\sigma \to \max$. Условия формирования полной занятости определяются перспективной структурой геоэкологической экономики нового типа с высокой по абсолютной величине эластичностью предельной нормы замещения ресурсных факторов (с разделением на возобновляемые и невозобновляемые ресурсы вместо классической схемы разделения на труд и капитал).

Как уже отмечалось, отрицательная эластичность замещения ресурсов – невозможный результат с точки зрения классической теории[3]. Однако тот факт, что относительное увеличение цен на возобновляемые ресурсные факторы приводит к относительному росту (или доли) использования этих факторов как раз характеризует условия и результат формирования экологической экономики с ее ценовыми характеристиками в направлении состояния равновесия, понимаемого иначе по сравнению с классической теорией. Гибкость такой экономической структуры определяется не столько технологическими возможностями производить различную продукцию из одного вида ресурсов, сколько технологически реализуемой способностью отказа от производства одной продукции в пользу другой, которая признается более экологичной (по одной технологии могут производиться различные продукты и один продукт по различным технологиям, что требует новых подходов к формулировке производственных функций). При этом

---

[3] Для содержательной интерпретации этого результата в терминах показателя эластичности замещения ресурсов величину изменения доходов от использования ресурсного фактора необходимо рассматривать в смысле изменения абсолютной величины субстанциональных денег, с вычислениями по формуле благосостояния в виде “жадной дзета-функции числового массива” (см.стр.4). В таком случае относительный рост цен на возобновляемые ресурсные факторы будет означать увеличение доли их использования, связанного с относительным увеличением доходности по сравнению с невозобновляемыми ресурсными факторами, и соответствующим уменьшением использования последних.

“наилучшей” технология быть может быть названа исключительно в смысле нелимитирующего ресурсопотребления.

Формулировка и решение задачи оптимального управления с максимизацией индекса производительности ресурсопотребления (или минимизацией аналогичного ему индекса лимитирующего ресурсопотребления – как ограничительной характеристики экономического роста) показывает, что в открытой экономической системе с учетом действия неконтролируемых факторов риска не существует управляющих параметров, оптимизирующих процесс ценообразования в направлении наилучшего использования ресурсов (выполнения условий интегрируемости функции конечного спроса соответственно), кроме управления в соответствии с принципом эффективной занятости населения.

В теории исследования операций модель ценообразования Ю.Б.Гермейра при действии неопределенных факторов и неопределенных критериях [2] позволяет проиллюстрировать данный вывод в терминах агрегированного спроса и предложения товаров применительно к равновесию в рамках экологически ориентированной экономики, где минимизируются фактические и потенциальные “излишки” производства и потребления. Экономический смысл равновесия в таком случае состоит в определении условий сбалансированного использования возобновляемых и невозобновляемых ресурсов.

5. *Результаты и обсуждение*

Анализ показывает, что категория эффективности в экономике является производной от способа определения денег. Понятие субстанциональных денег в открытой экономической системе связано с процессом оптимизации использования ресурсов при переходе от одной технологической структуры затрат к другой (включая реализацию технологических нововведений) в условиях неопределенности и риска, при этом получает обоснование понятие эколого-экономической эффективности. Формулировка принципа эффективной занятости как полной занятости при рациональном (восстановительном) природопользовании возможна в рамках задачи оптимального управления при обеспечении условий интегрируемости функций конечного спроса (постоянной предельной полезности денег соответственно). Это в свою очередь служит обоснованию отдельно взятого прибыльного проекта при текущих рыночных ценах как эффективного, согласно походу изложенному в [9]. В данном случае уже из общих соображений следует, что эколого-экономическая эффективность оказывается более фундаментальным понятием, чем эффективность по Парето, которая не может согласовываться с принципом эффективной занятости, а эффективное распределение ресурсов не может обеспечиваться исключительно рыночными механизмами, даже при совершенной (пусть и в рамках некой умозрительной конструкции) конкуренции. Получаем вывод, что *не рост ВВП, а состояние занятости населения определяет качество макроэкономического управления*.
Примечательно, что серия стандартов ИСО 14000, относящихся к системам экологического менеджмента, в части методических рекомендаций рассматривает связь экологической эффективности и рисков с позиций так называемого процессного подхода и управленческого цикла Деминга, включающего формулировку целей и планирование. Логическая непротиворечивость в такой постановке задачи опять же будет предполагать политику комплексного управления рисками как наиболее общего инварианта и обобщенной цели любой стратегии управления.
При дополнительном обсуждении процесса ценообразования (вывода гипотетического “уравнения управления ценами”) в условиях неопределенности и риска необходимо учитывать известный в экономической науке факт, что в “общем случае не существует таких цен на продукты и ресурсы, при которых производители были бы заинтересованы в

производстве и введении нововведений, а потребители были бы заинтересованы в использовании результатов этих нововведений”[6]. В этой связи использование индекса производительности ресурсопотребления как реализующего концепцию лимитирующих ресурсов позволяет формулировать теоретические аналоги энтропийных принципов из физики и математической экологии [3,4]. Отсюда естественно выводится и положение, согласно которому экология в широком смысле (не сводимая к комплексу природоохранных мероприятий) понимается как параметр порядка экономической системы с точки зрения общего управления, рисков и распределения ресурсов.

Практические выводы, касающиеся макроэкономического управления, связаны с проблемой инфляции, показатели которой, согласно модели, характеризуют “экологическую структуру” экономики в части изменения динамики “хороших” и “плохих” денег, а экологизация производства и потребления (опять же не только как комплекс природоохранных мероприятий) является оптимальной траекторией инновационного технологического экономического роста при одновременном контроле над инфляцией. Функция агрегированного спроса не является интегрируемой при наличии инфляционных процессов и сопутствующей безработице, которая имеет вынужденный характер, а занятость в экологоориентированных отраслях и производствах является в определенном смысле управляющим параметром, “ответственным” за устойчивость неинфляционного роста экономики.

Этот подход позволяет вложить новые значения в понятие “оптимальность” и придать новые значения понятию национальной безопасности как безопасности экологической. Вектор инновационного развития, определяемый не каким-либо произвольным образом, но с необходимостью характеризующий тип перспективных технологических изменений как зависящих от избранной траектории, указывает на необходимость экологической модернизации, которая единственно возможна при сочетании рыночных и централизованных методов управления, конкуренции и кооперации с минимизацией системных рисков. Верно и обратное: подобный эффективный синтез управления единственно возможет в рамках формирования геоэкологической экономики нового типа.

Ввиду полученных результатов и по аналогии с предельными теоремами из теории случайных процессов, представляется возможным сформулировать принцип инвариантности макроэкономического регулирования: наилучший в смысле оптимальности управленческий синтез при сочетании централизованных и рыночных методов управления реализуется (сходится по распределению) в условиях формирования геоэкологической экономики нового типа - в соответствии с принципом эффективной занятости населения.

Курс на экологическую модернизацию как оптимальную траекторию технологического развития предполагает существование непротиворечивых критериев оценки эффективности отдельных проектов, рассмотренных с точки зрения эффективности для экономики в целом. В контексте макроэкономического управления здесь возникает ряд новых управленческих задач, в том числе области технического регулирования, непосредственно связанных с проектированием перспективных технических объектов в рамках технико-экономических систем, вопросами промышленно-экологической безопасности и благополучия населения России. Очевидно, что необходима стратегия комплексного управления существующими и потенциальными рисками, возникающими при продлении ресурса функционирующих технических объектов, проектировании и создании новых, с обеспечением необходимых условий их трансформации в устойчивую экономику нового типа. В этой связи составление межотраслевого баланса леонтьевского типа представляется необходимым условием корректной постановки и решения задачи оптимального макроуправления в открытой эколого-экономической системе.

С точки зрения проведения эффективной фискальной политики новое качество аргументации получают предложения о введении экологического налога (в современных условиях плата за загрязнение окружающей среды как мера регулирования оказывается недостаточной). Для финансового сектора концепция экологизации экономики в первую очередь означает необходимость реформирования рынков капитала, приоритетное кредитование экологоориентированных отраслей и производств, в частности альтернативной возобновляемой энергетики, возрождение экологических фондов, реализующих программы федерального и регионального уровня по развитию природно-антропных хозяйственных комплексов, а также важность реформирования и контроля над спекулятивными финансовыми рынками, ресурсно-денежный потенциал которых, в частности пенсионные программы, могут быть направлены через экологические фонды на развитие геоэкологической экономики нового типа.

Масштабность потенциальных экологических проектов на территории в России (подобно имевшему место проекту создания защитных лесополос) указывает на необходимость формирования соответствующих условий их реализации с точки зрения перспективного устойчивого развития при взаимодействии и технологическом сотрудничестве с другими странами мира.

Литература:

1.Асеев С.М., Кряжимский А.В.“Принцип максимума Понтрягина и задачи оптимального экономического роста”, 2007.
2.Гермейр Ю.Б. “Введение в теорию исследования операций”,М.1971.
3.Левич А.П. “Моделирование природных референтов времени: метаболическое время и пространство ”, М.2010;
4.Левич А.П., Алексеев В.Л. “Энтропийный экстремальный принцип в экологии сообществ: результаты и обсуждение”, Биофизика, 1997.
5.Леонтьев В.В. “Экономические эссе”, М.,1990.
6.Макаров В.Л.“Модель экономического равновесия, учитывающая нововведения”,1976.
7.Моисеев Н.Н., “Информационная теория иерархических систем”, ”Кибернетическое описание эколого-экономических систем”, Избранные труды, 2003.
8. Нейман Дж.фон, Моргенштерн О. “Теория игр и экономическое поведение”, Москва, 1970.
9.Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А.“Опыт математического моделирования экономики”, 1995.
10. Понтрягин Л.С. “Принцип максимума”, Избранные труды,1987.
11. Холево А.С. “Статистическая структура квантовой теории”, 2003.
12.Щепин Е.В. “Об умножении бесконечных сумм”, 2004, Greedy sums and Dirichlet series”, ”, arXiv.org/abs/1110.5285v1, 2011.