

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»**

Голуб А.А.

**Методологические вопросы оценки инвестиционных
рисков в проекты ослабляющие зависимость
российской экономики от природных ресурсов и
обеспечивающих переход на низкоуглеродное развитие**

Москва 2018

Аннотация. В работе проанализирована роль рентных доходов в российской экономике, продемонстрирована коинтеграция роста ВВП и цен на нефть в предыдущие 15 лет.

На примере сравнительной оценки низкоуглеродной и углеродоемкой технологий проиллюстрирована методология оценки инвестиционных проектов основанная на применении метода реальных опционов.

Голуб А.А. старший научный сотрудник Центра экономического моделирования энергетики и экологии ИПЭИ Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ

Данная работа подготовлена на основе материалов научно-исследовательской работы, выполненной в соответствии с Государственным заданием РАНХиГС при Президенте Российской Федерации на 2017 год

ВВЕДЕНИЕ

Финансовые риски влияют как на динамику экономического развития и соответственно на потребление энергии, так и на функционирование энергетического сектора. Более высокие финансовые риски означают более высокую стоимость капитала, который становится, таким образом, менее доступным для модернизации экономики России на основе структурных сдвигов в экономике, которые могут привести к сокращению потребления энергии и в целом ослабления зависимости от ресурсного сектора.

С другой стороны, стоимость капитала также определяется степенью его доступности для инвесторов. Для России важным фактором экономического роста является использование в экономике страны рентных доходов. Природная рента прямо и косвенно создает предложение капитала, снижая его стоимость для инвесторов. Рентные доходы стимулируют потребление и способствуют росту экономики. В тоже время при сокращении цен на природное сырье на мировом рынке, приводящем к сокращению рентных доходов, снижаются темпы роста экономики и снижается предложение капитала.

На протяжении последних десятилетий Российская экономика неоднократно страдала в моменты сокращения цен мирового рынка на энергоресурсы. Это, как правило, приводило к спаду экономики, в то время как рост цен мирового рынка энергоресурсов приводил к росту экономики и являлся одним из важнейших факторов внутреннего спроса на энергоресурсы.

Следует заметить, что ускорение экономического роста, как правило сопровождается сокращением удельного потребления энергии, то есть спрос на энергию отстает от темпов роста экономики. В тоже время, при сокращении темпов экономического роста и, тем более, при абсолютном падении производства наблюдается увеличение удельных показателей, связанных с потреблением энергии на единицу валового продукта. В этом легко убедиться рассмотрев простую модель спроса и предложения на энергоресурсы. В силу нелинейности функции предложения энергии, определяющейся в том числе и ограниченностью ископаемых энергоносителей увеличение спроса на энергию приводит к увеличению эластичности замещения энергоресурсов трудом и капиталом. Поэтому рост спроса на энергию непропорционален росту ВВП. В случае сокращения ВВП, спрос на

энергию сокращается также не пропорционально. В данном случае решающую роль играет условно-постоянное потребление энергии. Ослабление зависимости экономики от природных ресурсов позволит преодолеть уязвимость российской экономики к конъюнктуре мирового рынка природных ресурсов и. Прежде всего, мирового рынка нефти.

В следующем разделе мы обсудим роль рентных доходов в российской экономике и приведем предварительный анализ негативных сторон такой зависимости, а также продемонстрируем коинтеграцию роста ВВП и цен на нефть в преддущие 15 лет. Важный вывод из этого анализа – необходимость структурных преобразований в том числе основанных на массовом распространении энергоэффективных и низкоуглеродных технологий. Переход на новые технологии сопряжен с рисками. Но и продолжение инвестирования в старые технологии также рискованно. Во втором разделе мы обсудим методологию оценки инвестиционных проектов, основанную на применении метода реальных опционов и проиллюстрируем данную методологию на примере сравнительной оценки низкоуглеродной и углеродоемкой технологий.

ЗАВИСИМОСТЬ ЭКОНОМИКИ РОССИИ ОТ ПРИРОДНОЙ РЕНТЫ И НЕОБХОДИМОСТЬ ПОИСКА НОВЫХ ИСТОЧНИКОВ РОСТА

Экономика России последние 20 лет развивается быстрыми темпами. Так ВВП России вырос почти вдвое что сопоставимо с темпами роста других стран экспортеров нефти (Рисунок 1). Такой рост в основном можно объяснить ростом цен на энергоресурсы, создающим постоянный приток финансовых ресурсов в экономики стран-экспортеров природного сырья и, прежде всего, нефти.

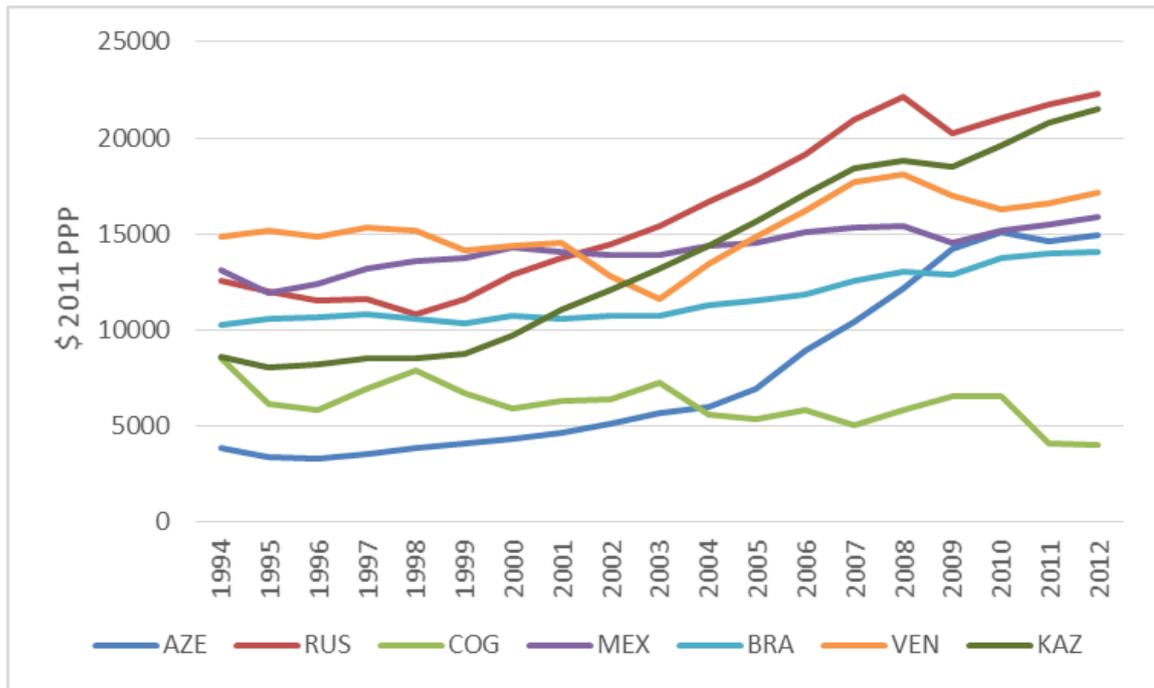


Рисунок 1 – Динамика ВВП в некоторых странах-экспортерах нефти

Природная рента играла важнейшую роль в обеспечении экономического роста России также, как и во многих других странах-экспортёрах природного сырья и, прежде всего, углеводородного топлива. Динамика валового продукта России, как и других стран экспортеров нефти и динамика мировых цен на нефть являются коинтегрированными процессами. Коинтеграция не означает корреляцию между двумя параметрами, а означает лишь то, что динамика как мировых цен на нефть, так и ВВП этих стран зависит от каких-то других процессов, связанных с динамикой мировой экономики в целом.

На рисунке 2 приводится доля рентных доходов в экономике разных стран. В качестве примера мы рассматриваем как государства, в значительной степени зависящее от производства природных ресурсов, также те государства, где доля природного сектора хотя и велика, но не доминирует.

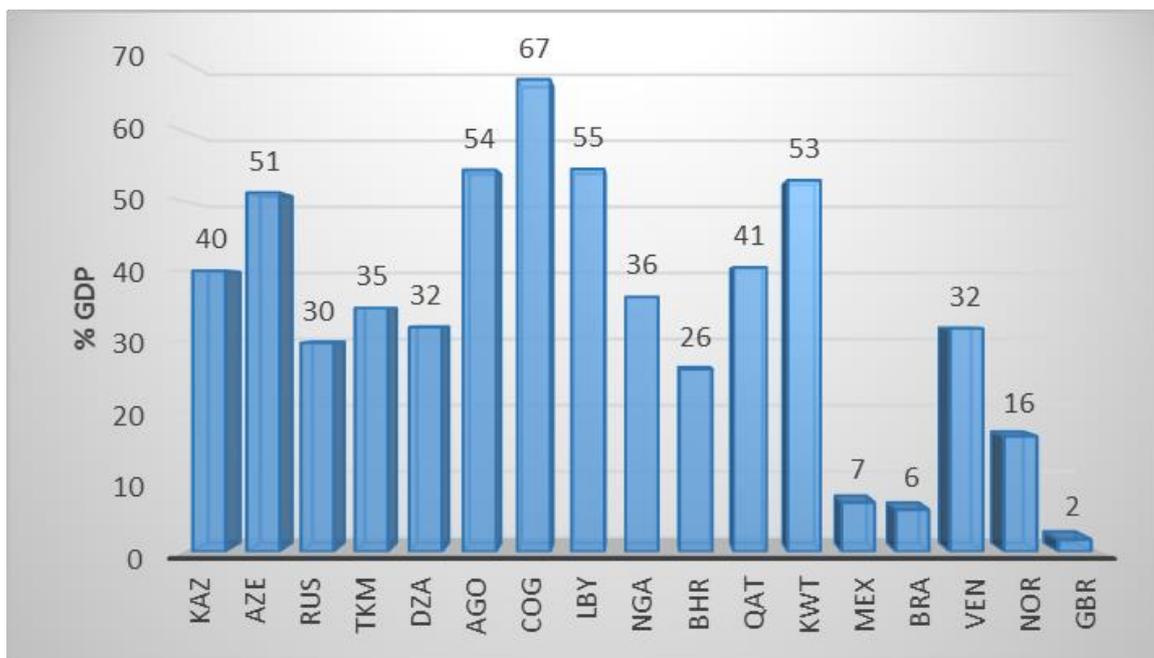


Рисунок 2 – Размеры рентных доходов в экономике разных стран

На рисунке 3 приводится динамика рентных доходов в экономике России, Казахстана и Азербайджана. Как видно из рисунка 3, начиная с 2008 года эта доля начала постепенно сокращаться.

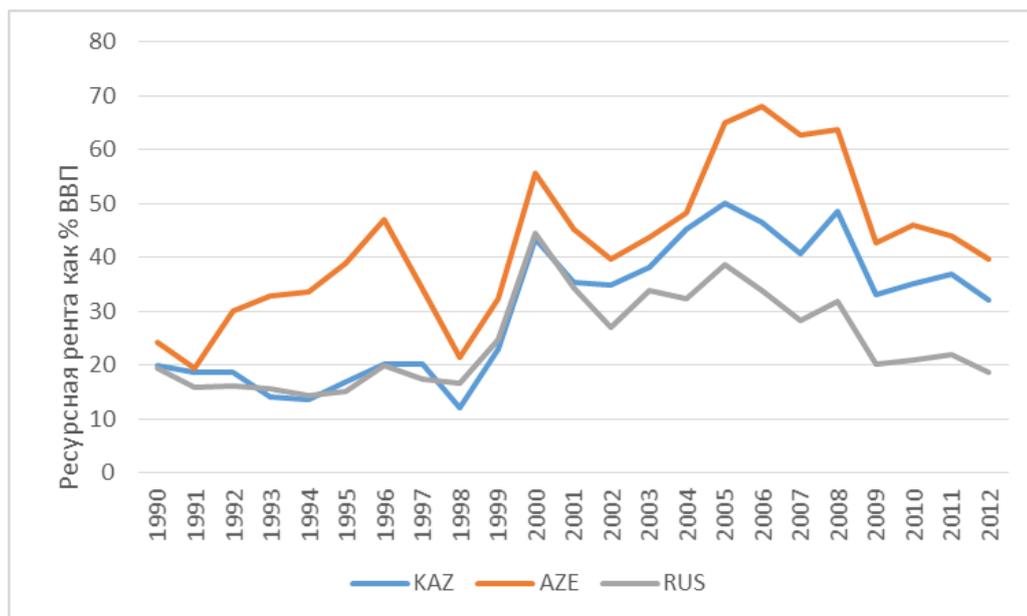


Рисунок 3 – Динамика рентных доходов в экономике Казахстана, Азербайджана и России

Сокращение доли рентных доходов в экономике этих стран индикатор того, что данный источник экономического роста, возможно, будет скоро исчерпан. Для того, чтобы понять механизм влияния рентных доходов на развитие экономики, необходимо учитывать то, каким образом эти доходы использовались и распределялись между различными звеньями транзакционной и производственной цепочек. Важнейшими являются два направления. Первое - это поступление доходов от внешнеторговой деятельности в бюджет государства. Эти доходы в дальнейшем перераспределяются и могут направляться на разные приоритетные направления развития экономики. Второе направление - это скрытые субсидии, существующие за счёт использования системы так называемых двойных цен на энергоресурсы. Цены внутреннего рынка энергоресурсов в России ниже цен мирового рынка. Разница в ценах составляет так называемые скрытые субсидии. По оценкам Международного Валютного Фонда скрытые субсидии в России составляют около нескольких процентов ВВП. На самом деле, скрытые субсидии могут быть более значительными за счёт того, что часть энергетических ресурсов используется на внутренние нужды нефтеперерабатывающих комбинатов, металлургических комбинатов и других энергоемких производств. Использование более дешевого

сырья повышает экономическую отдачу промышленности России. Создается иллюзия её эффективности. Рост мировых цен на энергоресурсы, прежде всего на нефть, при сохраняющихся внутренних ценах на прежнем уровне, приводит к ещё большему увеличению скрытых субсидий. Это также создает дополнительную иллюзию увеличения производительности. В тоже время возможно и сокращение мировых цен, что может привести к непропорционально резкому снижению продуктивности экономики. В следующем разделе мы обсудим возможную динамику цен на нефть.

В таблице 1 представлены возможные сценарии изменения цен на нефть в течение следующего десятилетия. Для числового эксперимента нами рассмотрены два фактора неопределённости: первый фактор - это долгосрочный тренд, определяющий динамику цены на следующее десятилетие (данные в таблице 1); второй фактор - это случайные колебания цены на нефть в районе трендов (рисунок 4). В качестве тренда нами рассмотрено два сценария. Один из них предполагает дальнейшее сокращение цен на нефть примерно до 77 долл. за баррель (в 2030 году). Второй сценарий предполагает постепенный рост цены на нефть и её стабилизацию в районе 154 долл. за баррель. В то же время, как уже отмечалось, возможны также кратковременные колебания цены на нефть в окрестности её долгосрочного тренда.

Таблица 1 – Цены на нефть для разных сценариев развития глобального рынка нефти (долл./баррель)

	2020	2022	2024	2026	3028	2030
Низкая цена	79	78	76	75	75	77
Интегральная цена	110	112	114	115	116	117
Высокая цена	138	142	146	149	151	154

Оценивая ситуацию на мировом рынке нефти, необходимо отметить, что нам неизвестны как долгосрочный тренд, так и возможные масштабы колебания цены нефти в районе данного тренда. Поэтому проводя количественный анализ неопределенностей рынка нефти, мы предположили, что будущая динамика цены на нефть должна описываться моделью, предполагающей возможность как одного, так и другого варианта, связанного с трендом цены на нефть. Поэтому мы рассмотрели цену в качестве линейной комбинации цены, получающейся при реализации одного или другого тренда. Коэффициент, используемый в линейной комбинации, предполагается неизвестным и ведет себя как случайная величина.

Если коэффициент равен единице, то цена колеблется в районе тренда, предполагающего постепенный рост цен на нефть до уровня 154 долл. за баррель в 2030 и 138 долл. за баррель в 2020. Для этой ситуации на рисунке цена на нефть представлена в виде распределения, находящегося на правой стороне рисунка (распределение цены на нефть в 2020).

Если же коэффициент в линейной комбинации равен нулю, то цена описывается динамикой, соответствующей стабилизации цен на нефть около 75 долл. за баррель. На рисунке 4 эта цена представлена распределениями, находящимися на левой стороне рисунков.

Учитывая то, что в реальности мы не знаем, какому тренду будет подчиняться цена, её прогнозируемое значение описывается с учётом различных возможностей комбинации данных краевых трендов. На рисунке 4 такая цена описывается распределением, находящимся в середине рисунка.

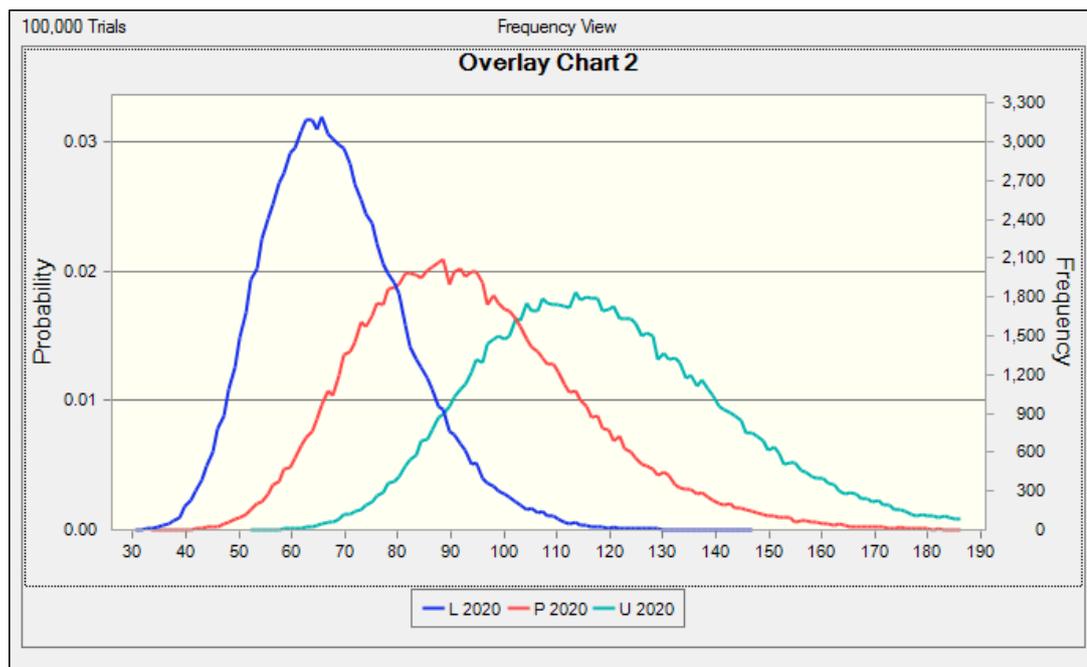


Рисунок 4 – Распределение цены на нефть в 2020 году при различных сценариях

Как видно из таблицы 1, независимо от того, какой из сценариев будет реализован, цена на нефть не опускается ниже уровня 75-80 долл. Однако с учетом токлонения от тренда цены на нефть могут быть значительно ниже.

Динамика цены на нефть и ВВП представляет собой коинтегрированный процесс. Коинтеграция означает, что динамика цены на нефть отражается на динамике валового продукта, но не определяет его динамику. Коинтеграция характерна не только для экспортеров природных ресурсов. Развитые страны-импортёры природных ресурсов так же зависят от цен энергоресурсов, однако зависимость стран-экспортёров и стран-импортёров нефти различная. Увеличение цен на нефть, как правило, приводит к росту ВВП в странах-экспортёрах нефти, как это было на протяжении последних 15 лет. В то же время рост цен на природные ресурсы является индикатором общего экономического роста, то есть наблюдается коинтеграция динамики ВВП стран импортеров и цен на нефть. При чрезмерном увеличении цен на нефть экономический рост в странах-импортёрах природных ресурсов может замедляться и, таким образом, косвенно, слишком высокие цены на нефть могут негативно влиять на динамику ВВП стран-импортеров природных

ресурсов. Замедление роста мировой экономики негативно сказывается на перспективах дальнейшего роста стран-экспортеров природных ресурсов в той степени, в какой эти страны интегрированы в мировое хозяйство. Как видно из графиков, приведённых на рисунках 5 и 6, эластичности изменения ВВП по отношению к изменению цены на нефть гораздо выше в странах-экспортерах, чем в странах-импортерах природных ресурсов.

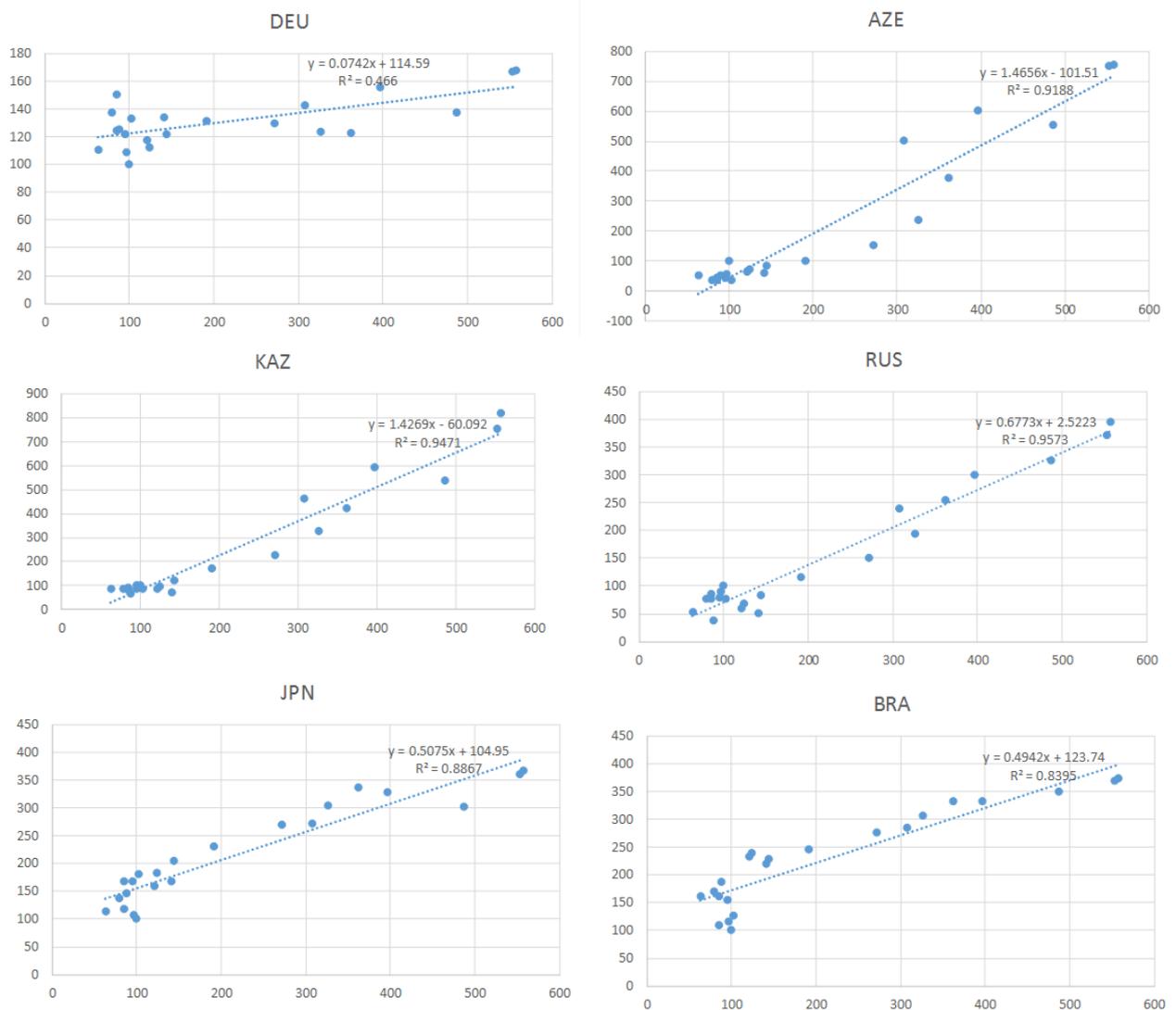


Рисунок 5 – Коинтеграция динамики ВВП и цен на нефть в период с 1991 г для ряда стран, экономика которых зависит от экспорта и ли импорта нефти



Рисунок 6 – Коинтеграция динамики ВВП и цен на нефть в период с 1991 г для ряда стран, экономика которых зависит от экспорта и ли импорта нефти

Кроме того, степень коинтеграции динамики ВВП и цен на нефть гораздо выше для стран-экспортёров, чем для стран-импортёров. Это отражается в значении коэффициента R^2 для стран-экспортеров нефти.

Для нашего анализа очень важно заметить, что на протяжении последних 15 лет для России, как и для других бывших стран СССР, степень коинтеграции увеличилась, что свидетельствует об увеличении зависимости экономики этих стран от цен мирового рынка нефти.

Наиболее сложной задачей является вычленение вклада различных факторов роста. Предполагая наличие действия автономных факторов, а также учитывая

динамику занятости и накопления капитала, мы выделили «тренд», отнесенный на основные факторы роста, а затем рассмотрели, как реальная динамика экономики отклонялась от тренда, связав эти отклонения с динамикой цены на нефть. Выявление подобных зависимостей требует более глубокого эконометрического анализа, выходящего за рамки данного исследования.

Предварительные исследования не только демонстрируют тесную связь отклонения динамики ВВП от долгосрочного тренда под воздействием колебаний цен на нефть, но также свидетельствуют о том, что позитивное воздействие нефтяного фактора (дальнейший рост цен на нефть) практически исчерпано. При цене на нефть больше 100 долларов за баррель, дополнительный рост экономики практически не наблюдается. Этот вывод согласуется с ранее осаждавшимися закономерностями влияния нефтяных доходов на рост экономики, в том числе, усиление бегства капитала при росте цены на нефть.

Таким образом, на основе анализа динамики цен на нефть и ВВП можно сделать вывод о том, что даже при относительно высоких ценах на нефть рост российской экономики не превысит 1-2% в год. Российская экономика исчерпала традиционные источники роста и дальнейшее развитие возможно только на основе диверсификации экономики и замещения природных ресурсов человеческим капиталом (см. Голуб 2004) при ослаблении зависимости от поступления рентных доходов в экономику страны. При относительно высоких ценах на нефть Россия будет располагать необходимыми ресурсами для финансирования структурных преобразований экономики. Тем не менее риски и неопределенности будут иметь дестимулирующее воздействие на инвестиции обеспечивающие структурное преобразование экономики. В следующем разделе мы продемонстрируем использование реальных опционов для оценки инвестиционных рисков на примере оценки инвестиций в низкоуглеродные технологии.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА РЕАЛЬНЫХ ОПЦИОНОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РИСКОВ

Рассмотрим два разных способа представления инвестиционных рисков:

- Вычислительные «безрисковой отдачи» или безрисковая стоимость;
- Расчет экономической оценки потери гибкости (потери из-за необратимости инвестиций).

В обоих случаях мы применяем метод реальных опционов (РО). Например, безрисковая оценка углеродоемких активов равна ожидаемой стоимости этих активов (математическое ожидание) за вычетом стоимости опциона на продажу этих активов (put option) по цене равной математическому ожиданию. Другими словами, инвестируя в рискованные активы, инвестор также должен учитывать гипотетическую стоимость страхового полиса, в идеальном случае инвестор покупает опцион хеджирующий стоимость активов. Опцион дает ему право, но не обязательство продать активов по цене исполнения опциона в случае несоответствия фактического возврата на инвестиции первоначальным ожиданиям. Чем выше неопределенность доходов от проекта, тем более дорогостоящим является страхование.

В качестве альтернативы можно провести мысленный эксперимент и задать вопрос: какие доходы инвестор получит если отложит реализацию проекта до тех пор, пока неопределенности будут разрешены? Значение оценки опциона на реализацию проекта в будущем (call option) за вычетом упущенных доходов в течение периода ожидания равно значению гибкости при осуществлении проекта в условиях неопределенности.

Действительно, для инвестиционных решений в условиях неопределенности, существует дополнительная выгода от откладывания в необратимые инвестиции, пока неопределенность относительно будущего вывода инвестиций остается на сравнительно высоком уровне. Экономическая оценка ожидания называется значением опциона отсрочки инвестиционного решения (deferral option). Более высокая степень неопределенности результатов проекта приводит к более высокой

стоимости опциона отсрочки. Преждевременные инвестиции в активы с неопределенными результатами приводят к потерям данного опциона.

Простейший пример представлен ниже. Инвестор должны выбрать между низкоуглеродной и углеродоинтенсивной технологиями до того, как цены на выбросы ПГ определены. Углеродоинтенсивная технология дает максимальную отдачу, если политика в области климата является относительно нежесткой, и цена на выбросы ПГ остается на низком уровне, в то время как низкоуглеродная технология является наилучшим выбором при жесткой политикой декарбонизации.

Пусть параметры будущей политики по сокращению выбросов ПГ будут определены после выбора между высокоуглеродистой / углеродоемким (HCT) и низкоуглеродной технологии (LCT). Рентабельность низкоуглеродистых и углеродоемкие активов, представленных в таблице 2. Вероятность принятия каждой политики в области климата составляет 0,5.

Таблица 2 – Параметры для числового примера

	Технология с высокими выбросами ПГ (HCT)	Низкоуглеродная технология (LCT)
Инвестиции в начальный период $t=0$	\$1235 млн.	\$800 млн.
Доходы в случае низкой цены на выбросу ПГ	\$115 млн.	\$35 млн.
Доходы в случае высокой цены на выбросу ПГ	\$19 млн.	\$85.5 млн.
Ставка дисконтирования (цена капитала) без учета риска	5%	5%

Ожидаемая доходность инвестиций составляет \$ 225 млн. для углеродоемких активов и \$ 185 млн. для низких углеродных активов. Однако в зависимости от будущей климатической политики чистый денежный поток (денежный поток за вычетом стоимости капитала, предполагающей 5% безрисковой стоимости капитала) сильно отличается (см. рисунок 7, который представляет различные инвестиционные стратегии и развилки в климатической политики).

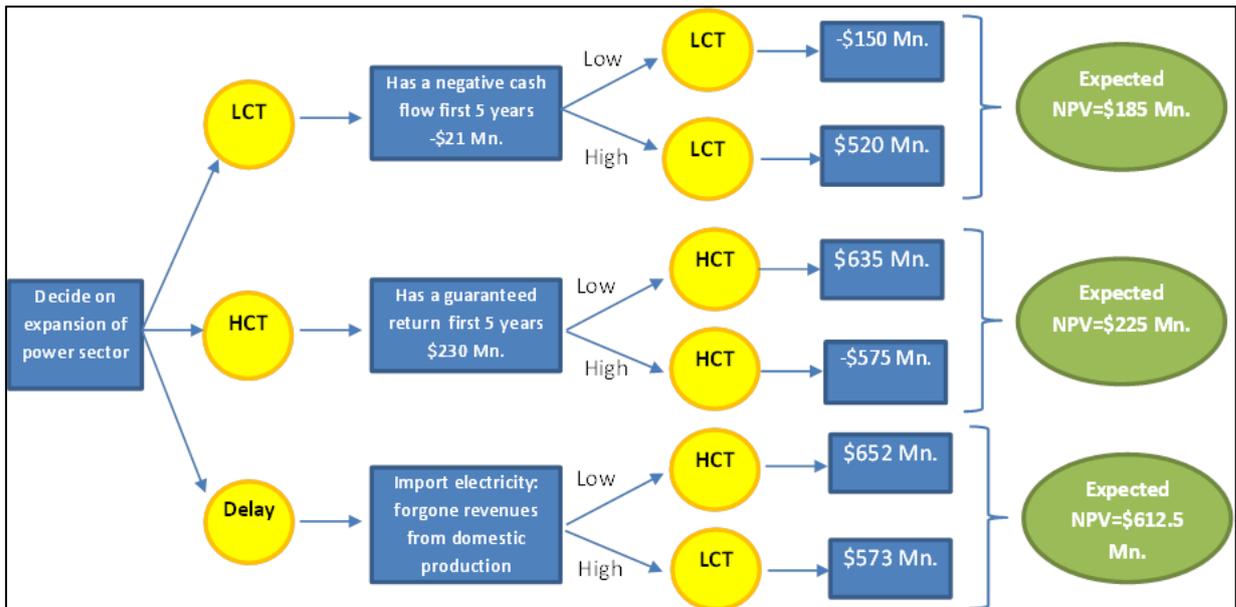


Рисунок 7 – Инвестиционные стратегии и развилки в климатической политике

Представленный на рисунок 7 граф демонстрирует процесс принятия решений по поводу реализации одной из двух технологий производства энергии. Данный рисунок сочетает в себе процесс принятия решений и развилки связанные с реализацией климатической политики, которые будут иметь место в будущем. Первая ветвь соответствует выбору низкоуглеродной технологии, вторая ветвь - выбору высокоуглеродной технологии, а третья ветвь соответствует откладыванию инвестиционного решения до того момента, когда выяснятся параметры климатической политики. Первое решение приводит к наилучшим результатам в условиях жёсткой климатической политики, когда цены на выбросы парниковых газов находится на высоком уровне. Второе решение приводит к лучшим результатам если будет выбрана сравнительно мягкая климатическая политика, и цена на выбросы парниковых газов окажется на низком уровне. Очевидно, что наилучшее решение заключается в том, чтобы отложить инвестиции в производство энергии до того, как выяснятся параметры климатической политики. Однако в этом случае инвестор будет терять возможные доходы в период от настоящего времени до момента выбора климатической политики.

Для дальнейшего анализа мы рассмотрим более детальный пример и с его помощью продемонстрируем использование метода Монте-Карло для определения

оценки реального опциона. Предположения для расширенного числового примера приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Предположения для расширенного числового примера

	Ожидаемое значение параметра	Min	Max
Цена энергии	90	60	120
Цена выбросов ПГ	50	20	80
Спрос на энергию	100	70	130
Низкоуглеродная технология (LCT)	11	6	16
Технология с высокими выбросами ПГ (НСТ)	25	23	27
Средневзвешенная цена капитала (WACC) для низкоуглеродной технологии	10	8	12
Средневзвешенная цена капитала (WACC) для технологии с высокими выбросами ПГ	10	5	15
Цена топлив	15	10	20
Текущие издержки CIP	16	14	18
Текущие издержки LCT	75	45	105

На основании данных приведённых в таблице 4 нами проведен анализ неопределенностей методом Монте-Карло. Как видно из рисунка 8, низкоуглеродная технология характеризуется более низким значением ожидаемой чистой прибыли, но степень неопределенности этой прибыли гораздо меньше чем в случае углеродоемкой технологии.

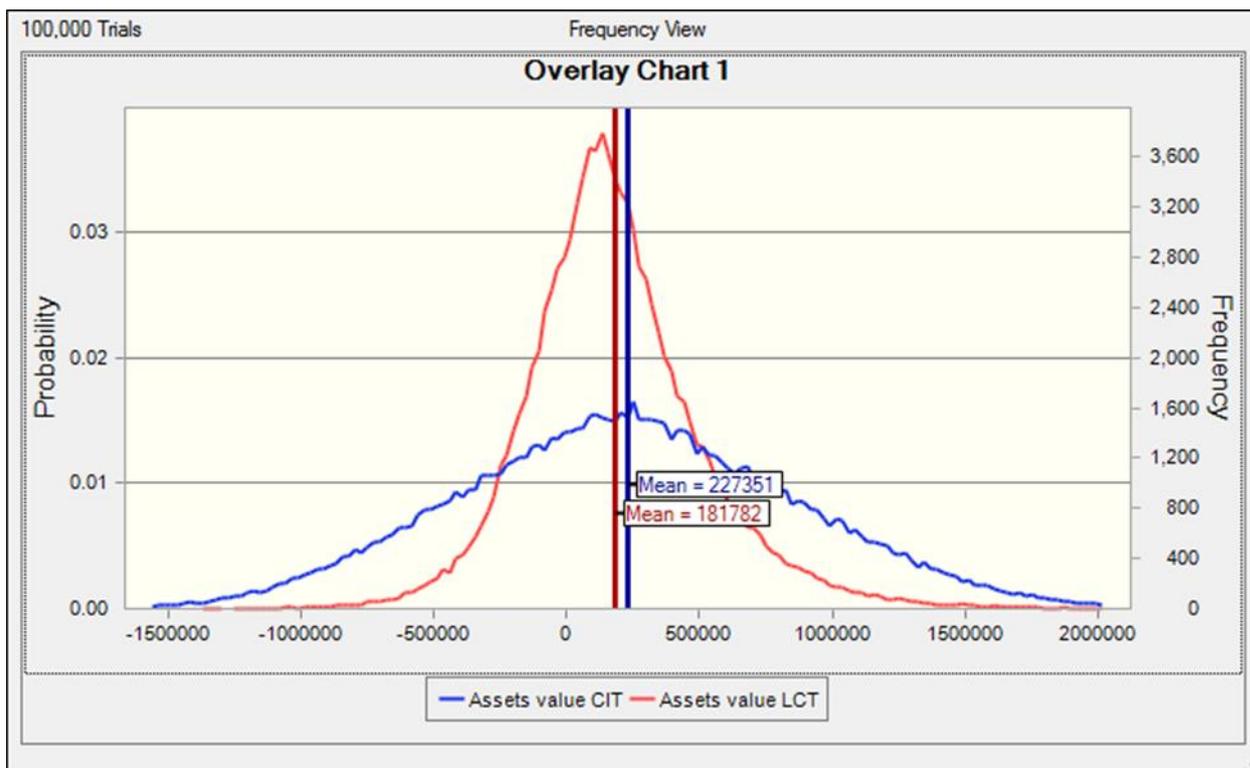


Рисунок 8 – Распределение отдачи на углеродоемкие и низкоуглеродные активы

На основе этих данных мы можем рассчитать отдачу инвестиций в каждую из технологий с учетом фактора риска. Результаты расчетов суммированы в таблице 4.

Таблица 4 – Отдача инвестиций в каждую из технологий с учетом фактора риска

	Ожидаемая отдача	Потери опциона (экономическая оценка риска)	Отдача с учетом экономической оценки риска
Низкоуглеродная технология (LCT)	\$182 Bn	\$ 51 Bn	\$130 Bn
Технология с высокими выбросами ПГ (НСТ)	\$227 Bn	\$158 Bn	\$70 Bn

Как видно из таблицы 4, с учетом экономической оценки рисков низкоуглеродная технология обладает большей привлекательностью. Ориентация на ожидаемую (или наиболее вероятную) отдачу проекта при принятии решения о его

финансировании может привести к выбору более рискованного проекта и значительным потерям в будущем.

ВЫВОДЫ

В данной работе мы рассмотрели два вопроса имеющих принципиальное значение для дальнейшего анализа перспектив освоения новых источников экономического роста российской экономики. В первом разделе мы показали, что традиционные источники роста практически исчерпаны и дальнейшее развитие экономики России может осуществляться только на основе ослабления зависимости от природных ресурсов и освоения новых технологий, в том числе, низкоуглеродных и энергоэффективных. Мы рассмотрели связь между поступлением рентного дохода в экономику России и динамикой валового продукта. На наш взгляд, экономика России уже не может рассчитывать на этот фактор роста по двум причинам: с одной стороны, уже исчерпаны источники роста традиционной ресурсно ориентированной экономики. Дальнейший рост российской экономики может основываться только на освоении альтернативных факторов, связанных с накоплением человеческого капитала и его использования для реализации новых технологий, которые в тоже время являются и менее углеродоёмкими. С другой стороны, если цена на нефть сохранится на низком уровне в течение продолжительного периода времени, Россия будет испытывать некоторые трудности с привлечением капитальных ресурсов. Тем не менее, не следует переоценивать роль ресурсной ренты в качестве источника инвестиций в российскую экономику. Наличие инвестиционных рисков является важным барьером для освоения новых технологий. Рассмотренная во втором разделе методология оценки рисков позволяет квантифицировать инвестиционные барьеры и, в конечном итоге, сформулировать рекомендации по сокращению рисков. Эта методология будет в дальнейшем применена для моделирования структурных преобразований энергетического сектора. Что касается выводов, сформулированных в первом разделе, они могут быть использованы для построения модели экономического роста с учетом структурных преобразований направленных

на замещение традиционных источников роста человеческим капиталом и новыми технологиями.

Использованная литература

Anda, J., Golub, A., and Strukova, E., 2009. Economics of climate change under uncertainty: Benefits of flexibility. *Energy Policy*, 37(4), pp.1345-1355.

Dixit A. (1992) Investment and hysteresis. *Journal of economic perspectives*. Mar;6(1):107-32.

Golub, A. and Brody, M., 2017. Uncertainty, climate change, and irreversible environmental effects: application of real options to environmental benefit-cost analysis. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 7(4), pp.519-526.

Haug E. 2007. *The Complete Guide to Option Pricing Formula*. McGraw-Hill.

Copeland, T. and Antikarov, V., 2001. *Real options*. New York: Texere.

Korppoo, A. and Kokorin, A., 2017. Russia's 2020 GHG emissions target: Emission trends and implementation. *Climate Policy*, 17(2), pp.113-130.

Kozeltsev, M.L., Strukova, E., Golub, A.A. and Martusevich, A., 2013. The Challenge of Reforming Environmental Regulation in Russia. In *The Oxford Book of the Russian Economy* (pp. 426-450). *Oxford University Press*.

Pindyck R., Dixit, A. 1994. *Investment under uncertainty*. Princeton University Press. USA.

Sharmina, M., 2017. Low-carbon scenarios for Russia's energy system: A participative backcasting approach. *Energy Policy*, 104, pp.303-315.

WBG (2018) *Crossroads: climate strategy of carbon –dependent countries*. WBG. Washington DC.

Голуб, А., 2004. Факторы роста российской экономики и перспективы технического обновления. *Вопросы экономики*, (5), pp.44-58.