

ИНВЕСТИЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ В МОДЕЛИРОВАНИИ ПЕРЕХОДА К НИЗКОУГЛЕРОДНОМУ РАЗВИТИЮ: ПРИМЕР УЗБЕКИСТАНА¹

ЧЕПЕЛЬ Сергей Васильевич, д.э.н., swchep@mail.ru, Институт макроэкономического анализа и прогнозирования Министерства экономического развития и сокращения бедности Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан
JEL C67+Q58

В статье на примере энергетического сектора и сельскохозяйственной отрасли Узбекистана показана возможность инкорпорации технических параметров типовых зеленых и энергосберегающих проектов в базовую модель «затраты-выпуск», получения оценок влияния таких проектов на финансовую устойчивость этих отраслей. Раскрыты подходы к сочетанию долгосрочных сценарных прогнозов развития отрасли с модельными расчетами макроэкономических, экологических и социальных последствий, допускающих однозначную экономическую интерпретацию, а также к выбору направлений зеленой трансформации, наиболее перспективных по совокупности критериев, включая социальные.

Цель работы – показать возможность учета национальных интересов Узбекистана при обосновании модели зеленой трансформации с использованием методологии, сочетающей детализированные модели «затраты-выпуск» с инженерными расчетами для конкретных зеленых инвестиционных проектов и оценками спроса на необходимые для их реализации инвестиционные ресурсы.

Ключевые слова: модели «затраты-выпуск», низкоуглеродное развитие, энергосбережение, возобновляемые источники энергии, мультипликаторы, промежуточная и конечная продукция, экологические и социальные эффекты зеленой трансформации.

DOI: 10.47711/0868-6351-194-153-168

Введение. Несмотря на усилия мирового сообщества по предотвращению негативных климатических изменений, экологическая ситуация продолжает развиваться по неблагоприятному сценарию. Тем не менее, в условиях дефицита финансовых ресурсов, сложностей постковидного восстановления, высокой стоимости оборудования для возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и других зеленых технологий, развивающиеся страны мира все в большей степени стремятся формировать свои модели и стратегии зеленой трансформации национальной экономики, ориентированные не только на ограничение выбросов парниковых газов (ПГ) и другие традиционные рекомендации международных организаций, но и на расширение устойчивой занятости, рост доходов населения, рост эффективности использования ограниченных инвестиционных ресурсов.

Эффективность таких моделей во многом определяется модельным инструментарием, использованным при ее формировании. Результаты исследования показывают, что учет социальных аспектов и национальных интересов страны при формировании стратегии зеленого развития наиболее полно обеспечивается в рамках подхода, основанного на сочетании детализированных моделей «затраты-выпуск» с инженерными расчетами для конкретных зеленых инвестиционных проектов по сравнению с доминирующими в настоящее время в этой сфере высоко агрегированными динамическими моделями общего равновесия.

¹ Подготовка статьи была инициирована проектом ПРООН в Узбекистане «Оценка социально-экономических последствий от повышения обязательств Узбекистана по определяемому вкладу в сокращение выбросов парниковых газов для секторов энергетики, сельского и водного хозяйства». Ташкент 2021. URL: https://www.uz.undp.org/content/uzbekistan/ru/home/library/environment_energy/assessment-of-social-and-economic-impacts-of-increased-ambition-.html

Основные барьеры, возникающие перед развивающимися странами мира при их стремлении следовать принципам зеленой трансформации, – ограниченные возможности создания новых природосберегающих технологий в силу меньшей степени их диверсификации и слабости производственно-технологической базы для выпуска соответствующего оборудования по сравнению с развитыми странами мира [1; 2]. Экономика развивающихся стран в значительной степени зависит от традиционных отраслей с высоким уровнем углеродоемкости, а многие из них обременены значительными внешними долговыми обязательствами. В этих условиях рост цен на электроэнергию на фоне масштабного развертывания капиталоемких проектов в сфере ВИЭ может замедлить или остановить рост экономики, обострить проблему с бедностью [3]. В частности, на примере России показано [4], что выбор сценария ускоренной зеленой трансформации (амбициозный сценарий) с акцентом на капиталоемкие иностранные технологии может существенно затормозить экономический рост и обострить проблему занятости населения. Следовательно, переход к низкоуглеродной экономике должен осуществляться с учетом множества специфических макроэкономических факторов уязвимости и рисков, которые в значительной степени определяют набор возможных путей такого перехода [5].

Обзор литературы. Еще совсем недавно инвестиционно-технологический фактор в исследованиях по перспективам низкоуглеродного перехода освещался слабо. В ряде работ (см., например, [6]) основной акцент делается на отработку сценариев такого перехода с использованием современного модельного инструментария, альтернативы в ограничениях по росту среднемировой температуры, темпов роста экономики, национальных вкладов в борьбу с климатическими изменениями, расчетов прогнозной динамики выбросов парниковых газов при различной структуре потребления первичных энергоресурсов. Однако вопросы о требуемых для этого объемах инвестиций, их источниках, влиянии такого перехода на социальное развитие, как правило, остаются открытыми.

В последние годы число работ, исследующих этот фактор, существенно возросло. Основная причина – сложность поиска и обоснования альтернативных стратегий перехода к низкоуглеродной экономике в условиях жестких ограничений и постоянно расширяющегося спектра альтернативных технологических решений. Среди них – необходимость соблюдения принятых страной обязательств по ограничению выбросов парниковых газов, значительная стоимость новых энерго- и ресурсосберегающих технологий, широкий разброс в параметрах их эффективности и влиянии на экономическую ситуацию в стране, альтернативы в доступе к таким технологиям, необходимость удовлетворения возрастающего спроса на энергетические ресурсы. Так, в работе российских экономистов ИНЭИ РАН [7], посвященной энергетическому сектору России, показано, что даже небольшие изменения в структуре энергобаланса по различным технологиям электрогенерации (тепловая генерация на существующих станциях, их модернизация, строительство новых станций, переход к ВИЭ) на период до 2035 г. приводит к заметно отличающимся по сценариям последствиям их реализации (по удельному расходу ископаемого топлива на единицу вырабатываемой энергии, динамике выбросов парниковых газов и степени достижения принятых страной обязательств по выбросам, потребностям в инвестициях и ожидаемого к концу прогнозного периода росту цен на электроэнергию).

Более широкий спектр альтернативных зеленых технологий в рамках изучения вопросов решения проблем климатических изменений в увязке с экономическим и финансовым аспектами, а также механизмами их реализации, рассматривается в работах ряда видных российских ученых [8-13]. Однако в них, на наш взгляд, недостаточно освещаются проблемы создания модельного инструмента-

рия, использованного в анализе последствий принятия конкретных технологических решений, что, в ряде случаев, может вызывать сомнения в реалистичности предлагаемых вариантов их реализации.

Основой такого инструментария, в большинстве случаев, являются подход «затраты-выпуск» и модели, разрабатываемые на его основе (см. [5; 6; 14-16] и др.). Это объясняется широкими возможностями метода, включая алгоритмы взаимосвязей между макроэкономическими и отраслевыми индикаторами, показателями производства и создания добавленной стоимости, промежуточного и конечного использования, а также получения оценок экономических агентов на меры экономической политики, отражающих в себе как прямые, так и косвенные эффекты с учетом всех взаимосвязей, сложившихся в экономике.

Вместе с тем, вопросы корректного отражения в этих моделях инвестиционно-технологического фактора отработаны еще недостаточно. В традиционных динамических и полудинамических моделях «затраты-выпуск» спрос на инвестиции определяется путем введения в модель инвестиционной функции $K_{jt} = f_j(\Delta X_{jt})$, основным аргументом которой является прирост выпуска ΔX отрасли j за определенный период времени t , а также матрицы технологической структуры инвестиций W_t , определяющих капиталоемкость прироста выпуска, лаговые характеристики, долю оборудования в инвестиционном спросе каждой отрасли и т.д. [17]. Однако в таком случае инвестиции выступают в качестве эндогенных переменных и не оказывают влияния на параметры модели и социальные индикаторы, если даже они включены в модель.

Другим подходом к отражению в моделях «затраты-выпуск» технологического фактора является трансформация параметров конкретных инвестиционных проектов в вектор накопления основного капитала в составе 2-го квадранта таблицы «затраты-выпуск», т.е. использование этого фактора в качестве входных переменных модели. Примером может служить исследование [15], показывающее влияние инвестиционных проектов в сфере транспортной инфраструктуры Китая на энергопотребление и макроиндикаторы. В работе сделан вывод о необходимости более глубокого учета косвенных эффектов от реализации инвестиционных проектов. Показано, что развитие транспортной инфраструктуры снижает транспортные расходы, а, следовательно, и выбросы, но требует большого числа энергоемкой продукции (стекло, цемент, конструкционные материалы), производство которых увеличивает выбросы.

Еще один методический подход к решению проблемы зеленой экономической трансформации продемонстрирован в работе [18]. Он предусматривает изменение параметров исходной модели путем расширения отчетной таблицы «затраты-выпуск». Новые отрасли, названные автором «синтетическими», представляют собой либо дезагрегацию энергетического сектора путем выделения из него солнечной, ветряной энергетики, биоэнергетики, умных сетей и т.д., либо отрасли, ответственные за ресурсосбережение – защита зданий от атмосферных воздействий, грузовые железнодорожные перевозки и транзит, промышленная энергоэффективность и интеллектуальные сети.

Каждая новая отрасль отражается во всех разделах отчетной таблицы «затраты-выпуск» (первый, второй и третий квадранты). Для их построения автор рекомендует использовать опрос европейских фирм в ветроэнергетической и других отраслях новой энергетики, собирая данные о компонентах и затратах на производство ветряных турбин и другого технологического оборудования для ВИЭ. По мнению автора, этот подход позволяет исследователям оценивать государственные и частные расходы на чистую энергию и сравнивать их с последствиями расходов на ископаемое топливо.

Расчеты, выполненные в рамках этого подхода, показали, что 1 млн. долл., потраченных на ископаемое топливо, создает в среднем 2,65 рабочих мест, в то время как та же сумма расходов в области возобновляемых источников энергии или энергоэффективности создаст

7,72 рабочих места. Таким образом, каждый млн. долл., если его не вкладывать в традиционную энергию, а перебросить на зеленую, даст чистое увеличение на 5 рабочих мест.

Имея и другие значительные аналитические возможности, данный подход, вместе с тем, требует серьезной статистической работы по расширению и переоценке всей таблицы «затраты-выпуск», а также его дополнению схемами инвестиционных потоков, возникающих в процессе создания новых зеленых отраслей.

В наиболее продвинутом исследовании по технологическим проблемам зеленой трансформации с использованием модели CGE [19] дается детальная характеристика современных низкоуглеродных технологий производства энергоресурсов, включая капитальные затраты, средний процент использования установленной мощности и другие. В модели детально прописаны отраслевые инвестиционные потоки, величина которых зависит от выпусков, заданных параметров амортизации и деления запасов капитала на условно изменяемую и постоянную часть.

Отраслевые перетоки инвестиций определяются принципами, на которых основана модель CGE – максимизация прибыли компаний, максимизация функции полезности для домохозяйств, возможность замещения одних факторов производства другими, одних потребляемых товаров другими и т.д., что требует использования большого числа коэффициентов эластичности.

Однако при построении такого типа моделей возникает ряд сложных моментов, затрудняющих их использование в большинстве развивающихся стран мира. Прежде всего, авторы данной публикации не поясняют, как конкретно отражаются количественные характеристики новых низкоуглеродных технологий в отраслевых параметрах ценовой эластичности и гибкости капитала.

Для стран с формирующимися рынками характерна высокая доля государственного сектора в структуре экономики, где сфера свободного ценового саморегулирования очень ограничена, а компании и предприятия далеко не всегда нацелены на максимизацию прибыли.

Эти и ряд других особенностей развивающихся стран мира, не соответствующих условиям и предпосылкам, на которых основаны модели CGE, а также неполнота имеющейся статистической отчетности, ее низкое качество, ограниченный аналитический потенциал местного экспертного сообщества требуют использования большого числа экспертных оценок при построении таких моделей. В результате, в большинстве случаев они становятся малопригодными в качестве инструмента принятия конкретных управленческих решений в сфере энергетической и экологической политики, а имеют лишь теоретическую ценность. Неслучайно авторы данной публикации отмечают, что таким сложным высокоразмерным моделям свойственен ряд вызовов, связанных с обоснованностью и эффективностью получаемых на их основе решений [19, с. 874], а также противоречивостью, в некоторых случаях, результатов, получаемых на их основе.

Методология и расчетные алгоритмы. Отработанный в процессе исследования методический подход, как и рассмотренные выше работы, базируется на методологии «затраты-выпуск». Выбор этого подхода диктуется следующими обстоятельствами. Прежде всего, возможностью применения иной схемы оценки углеродоемкости отраслей и секторов экономики, более адекватной реальным экономическим процессам. Если традиционно эта оценка $emc(i)$ по отрасли i определяется отношением объема выбросов ПГ $em(i)$ (в тоннах) к выпуску отрасли $x(i)$ (в стоимостных единицах) [14; 20 и др.]:

$$emc(i) = em(i) / x(i), \quad (1)$$

т.е. делает акцент на производство и фиксирует свершившийся факт относительно выпусков и выбросов ПГ, то современная экономика трансформируется во многом под воздействием изменений в спросе и предпочтениях потребителя, в конечном потреблении $fc(i)$.

Другим ограничением традиционной схемы (1) является невозможность учесть рост эмиссии ПГ под воздействием развития отраслей, не являющихся прямыми эмитентами ПГ, которых может быть намного больше, чем отраслей с прямыми выбросами, при использовании относительно детального отраслевого разреза структуры экономики.

Использование моделей «затраты-выпуск» позволяет перенести акцент с валового производства отрасли на потребление ее конечного продукта, с накопленных за период показателей на приростные показатели. Для этого выполняются последовательные расчеты, включающие:

– расчет матрицы прямых затрат $ad(ij)$ отечественной продукции, исходя из потоков промежуточной продукции отечественного производства $zd(ij)$ и отраслевых выпусков $x(i)$

$$ad(ij) = zd(ij) / x(j); \quad (2)$$

– расчет матрицы полных затрат $ad(ij)$ отечественной продукции (матричная форма)

$$DD = (I - AD)^{-1}; \quad (3)$$

– расчет мультипликатора эмиссии ПГ по конечному продукту отрасли j , исходя из матрицы DD и удельных прямых выбросов ПГ по отрасли i (соотношение (1))

$$mult(em(j)) = \sum_i dd(ij) \times emc(i). \quad (4)$$

Полученный индикатор (4) показывает, насколько возрастут выбросы ПГ по экономике в целом при увеличении конечного спроса отрасли j на единицу. Его величина уже будет зависеть от удельных выбросов не только данной отрасли j , но и всех остальных отраслей $i = 1 - n$ (помимо j), имеющих технологические взаимосвязи с j , а, в конечном итоге, – от структуры затрат всех отраслей и интенсивности технологических взаимосвязей между ними (матрица технологических коэффициентов AD).

Помимо отраслевых оценок $mult(em(j))$, аналогичный расчет возможен и по экономике в целом CFP как взвешенная сумма отраслевых оценок, где в качестве весов используются доли потребления конечной продукции отечественного производства $sfd(j)$ в отраслевой структуре этого показателя:

$$CFP = \sum_j mult(em(j)) \times sfd(j). \quad (5)$$

При этом, как показывают расчеты, полученные на основе этого подхода данные для экономики в целом могут заметно отличаться от традиционных оценок², что обусловлено более точным учетом структуры и специфики национальной экономики с позиций ее будущего развития.

Еще одним достоинством данного подхода является возможность увязки ожидаемых изменений в потреблении конечной продукции $\Delta sfd(j)$ и соответствующих им изменениям в выбросах ПГ $\Delta CFP = \sum_j mult(em(j)) \times \Delta sfd(j)$ с изменениями в социальных индикаторах – доходах населения, государства, занятости. Для этого используются показатели налогов, занятости, доходов населения в пересчете на единицу выпуска, а также изменения отраслевых выпусков $\Delta x(i) = \sum_j dd(ij) \times \Delta sfd(j)$.

Включение в расчеты конкретных инвестиционных проектов в сфере низкоуглеродной экономики с учетом социальных аспектов и национальных интересов страны осуществлялось на основе логической схемы, представленной на рис. 1. В ее основе – снижение значений коэффициентов прямых затрат $ad(ij)$ для определенных отраслей ij при внедрении конкретных низкоуглеродных инвестиционных проектов с последовательным пересчетом связанных с ними параметров модели $ad(ij)$, $mult(em(j))$, CFP (соотношения 2-4). При этом величина снижения затрат конкретных видов промежуточной продукции будет зависеть от объема инвестиций ij и количественных характеристик конкретного проекта. В такой постановке данный подход включения инвестиционного фактора в расчеты на основе моделей

² Соответствующие расчеты по Узбекистану представлены в [16].

«затраты-выпуск» близок к схеме, использованной в работе [18], только без изменения отраслевого состава отчетной таблицы.

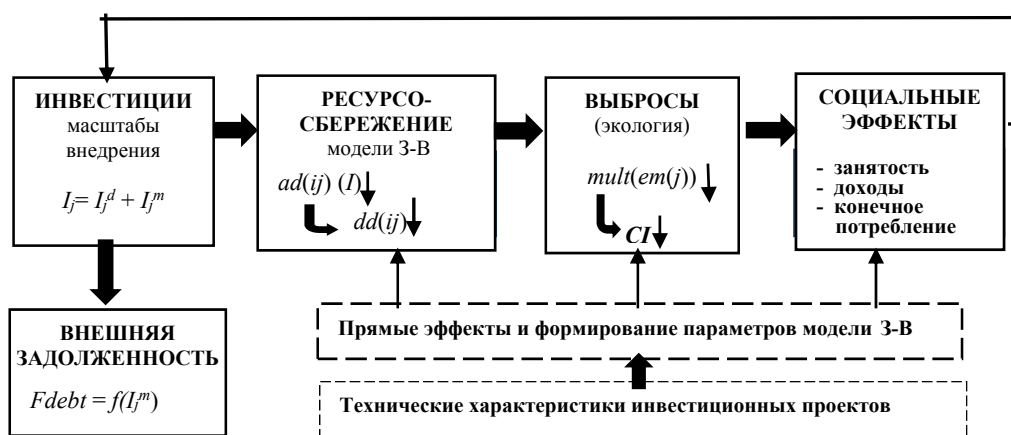


Рис. 1. Логическая схема расчета последствий реализации зеленых инвестиционных проектов с использованием подхода «затраты-выпуск»

Источник: разработано автором.

Ключевую роль в этой схеме играют характеристики инвестиционных проектов, которые, после их обобщения и первичных расчетов, трансформируются в параметры модели и алгоритмы расчетов выбросов, а также социальных индикаторов. При этом величина инвестиций, связанных с реализацией проектов, влияет как на параметры модели, так и на изменение внешней совокупной задолженности $Fdebt$ (по импортной компоненте I_j^m), а также позволяет сопоставить перспективность различных зеленых проектов путем пересчета полученных эффектов на единицу затраченных инвестиций.

Ниже показана реализация этой схемы на примере трех конкретных *низкоуглеродных проектов* и использования матрицы «затраты-выпуск» по Узбекистану за 2017 г. – в сфере *энергосбережения, альтернативной энергетики и низкоуглеродных технологий в сельском хозяйстве республики*.

Энергосбережение – внедрение современных парогазовых и газотурбинных технологий (ПГУ и ГТУ) на действующих ТЭС.

Технические параметры проекта – сокращение удельного расхода топлива (газа) в 1,6 раза.

Масштабы внедрения технологии – семь действующих ТЭС (Сырдарьинская, Ташкентская и др.), что, с учетом их доли в тепловой генерации, обеспечит уменьшение общего объема сжигаемого топлива примерно на 36% по сравнению с текущим объемом, что эквивалентно 4,2 млн. т н.э., или 5,16 млрд. куб. м природного газа [21]. Инвестиционные затраты на реконструкцию и новое строительство на существующих 7-ми ТЭС оцениваются в 4 млрд. долл. США.

Прямые эффекты и влияние на параметры модели «затраты-выпуск» (см. рис. 1): сокращение коэффициента прямых затрат газа (отрасль 5) на единицу выпуска электроэнергии (отрасль 33) a_{533} на 29,3% (с учетом масштаба проекта); снижение выбросов ПГ на единицу выпуска сектора «электроэнергетика» на 20,8%; улучшение финансового положения электроэнергетики вследствие снижения производственных издержек (сокращение потребления газа) на 449 млрд. сум. Если предположить, что эта величина в равной пропорции поделится на: а) финансирование развития производства (в том числе на возврат кредитов, взятых на модернизацию оборудования) и б) рост доходов занятых, то величина доходов занятых возрастет на $449/2 = 225$ млрд. сум, или на 13,4% к базовому уровню.

Возобновляемая энергетика. Создание первой в Узбекистане промышленной станции ветровых энергоустановок (ВЭУ) в Зарафшанском районе Навоийской области эмиратской компанией Masdar.

Технические параметры проекта³ и масштабы: установленная мощность (УМ) – 1,5 ГВт; стоимость проекта 1,8 млрд. долл.

Прямые эффекты и влияние на параметры модели «затраты-выпуск» (оцениваются аналогично энергосбережению): дополнительная годовая выработка электроэнергии (ЭЭ) составит 2,63 млрд. кВт·ч при 20% использовании установленной мощности⁴ и 3,94 млрд. кВт·ч при 30% использовании. В процентном отношении к базовому периоду это составит 4,45 и 6,67% соответственно; сокращение удельных выбросов ПГ по электроэнергетике (Детс(33)) в параметрах базового составит 0,453 и 0,663 т/млн. сум; абсолютное сокращение выбросов в тыс. т при внедрении ВЭУ и неизменности выработки ЭЭ составляет 1368 и 2056 тыс. т.⁵ Абсолютное сокращение выбросов на 100 млн. долл. инвестиций составит от 76 до 114,2 тыс. т.

Сопоставительный анализ прямых эффектов традиционных и альтернативных технологий для электроэнергетики с использованием данных таблицы «затраты-выпуск». Выполненные расчеты прямых эффектов внедрения новых ресурсосберегающих технологий в энергетике позволяют дать прямые сопоставительные оценки их влияния на финансовую устойчивость отрасли в целом. В сочетании с данными таблицы «затраты-выпуск» (промежуточные затраты, добавленная стоимость и выпуск – столбец таблицы для отрасли «электроэнергетика») данные эффекты, показывающие снижение затрат на покупку природного газа, а также изменения амортизационных отчислений, позволяют проследить и сопоставить изменения в структуре затрат отрасли, в величине амортизации и прибыли при переходе от традиционной генерации энергии к внедрению ПГУ, либо к внедрению ВИЭ. Результаты этих расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Прямые расчеты эффектов перехода к альтернативным технологиям
в электроэнергетике для отрасли в целом

Показатель	Традиционная генерация		Замена на ПГУ (энергосбережение) Вариант № 1		Установка ВЭУ с 20% загрузкой Вариант № 2		Установка ВЭУ с 30% загрузкой Вариант № 3	
	млрд. сум	%	млрд. сум	%	млрд. сум	%	млрд. сум	%
Выпуск электроэнергии	10696,4	100,0	10696,4	100,0	11172,4	100,0	11409,8	100,0
Добавленная стоимость в т.ч. амортизация	4292,3	40,1	4741,2	44,3	4547,1	40,7	4678,0	41,0
Прибыль (добавлен. стоимость – амортизация – оплата труда)	343,5	3,2	1094,2	10,2	696,8	6,1	707,2	6,2
Промежуточное потребление в т.ч. природного газа	1870,8	17,5	1569,0	14,6	1678,7	15,1	1754,2	15,4
Рост выпуска, %	6404,1	59,9	5954,9	55,7	6625,3	59,3	6731,8	59,0
	1548,9	14,5	1101,7	10,3	1553	13,9	1551,7	13,6
	-	-	-	-	4,45		6,67	

Источник: расчеты автора на основе данных таблицы «затраты-выпуск» за 2016 г. и сделанных выше предположений, а также параметров инвестиционных проектов.

³ Публикация в республиканском электронном ресурсе SPOT. Началось строительство первой ветряной электростанции Узбекистана. URL: <https://www.spot.uz/ru/2021/04/02/wind/>

⁴ Коэффициент использования установленной мощности ВЭУ в России в 2019 г. (Основные характеристики российской электроэнергетики. Сайт Министерства энергетики Российской Федерации. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/532>)

⁵ В расчетах использованы следующие параметры и условия: неизменность выработки ЭЭ в натуральных единицах в условиях базового периода – 60820 млн. кВт·ч; 31005 тыс. т – выбросы по отрасли в целом в базовом периоде; 0,51 т/тыс. кВт·ч – удельные выбросы в базовом периоде.

В исходном состоянии (традиционная генерация) в стоимостной структуре выпуска отрасли почти 60% приходилось на промежуточную продукцию, в том числе на закупку газа – 14,5%. Внедрение ПГУ на ряде ТЭС (вариант № 1) снизит этот показатель до 55,7% в силу сокращения потребления газа⁶.

Снижение промежуточного потребления приводит при заданном выпуске к увеличению добавленной стоимости отрасли в ее стоимостной структуре на 4,2 проц. п⁷. Однако высокая стоимость проекта (4 млрд. долл. США) увеличит амортизационные расходы почти в 3 раза (с 343 до 1094 млрд. сум при сроке службы оборудования в 20 лет). Это заметно снизит величину условной прибыли (или смешанного дохода⁸), с 17,5 до 14,6% выпуска. Если возросший объем амортизационных отчислений будет возложен на потребителя, это приведет к росту цен на электроэнергию на величину: $(10696,4 + (1094,2 - 343,5)) / 10696,4 = 1,070$, или на 7,0%.

Реализация сценария ВЭУ приведет к росту выработки энергии на 4,45% (вариант № 2) и на 6,97% (вариант № 3) без роста потребления природного газа. В итоге, в целом по отрасли удельный расход природного газа на единицу выработки электроэнергии снизится с 0,145 в исходном состоянии до 0,139 (вариант № 2) или до 0,136 (вариант № 3). Следствием станет снижение промежуточного потребления и рост добавленной стоимости, как и в сценарии ПГУ. Однако эти изменения будут заметно меньше, так как снижение удельных затрат газа в сценарии ВЭУ ниже, чем в сценарии ПГУ (0,145-0,103=0,042 (вариант № 1) и 0,145-0,139 = 0,006 (вариант № 2) и 0,009 в варианте № 3).

Будучи капиталоемким, проект ВЭУ резко увеличивает амортизационные расходы (более чем в 2 раза) при том же сроке службы оборудования. Поэтому величина условной прибыли снижается с 17,5% в исходном состоянии до 15,1% в варианте № 2 и до 15,4% в варианте № 3 с последующими негативными последствиями для финансового положения отрасли или для потребителей⁹.

Сравнение сценария энергосбережения (вариант № 1) с сценарием перехода к ВЭУ (варианты № 2 и № 3) показывает, что, несмотря на лучшие показатели экономии газа и снижения удельных выбросов в сценарии энергосбережения (до 8444 т CO₂-экв/млрд. сум в варианте № 1 по сравнению с 10138 и 9903 т CO₂-экв/млрд. сум в вариантах № 2 и № 3 соответственно)¹⁰, этот проект уступает проекту ВЭУ по показателю доли условной прибыли в структуре выпуска. Этот вывод противоречит точке зрения, согласно которой в странах со значительным резервом генерирующих мощностей и отставанием от среднемирового уровня энергоэффективности наиболее перспективным сценарием энергоперехода является энергосбережение¹¹. Частично это объясняется более высокой стоимостью про-

⁶ $\Delta ПП = \Delta a_{5,33} \times ВВ$, где ВВ – выпуск (выработка) ЭЭ, соответствующая базовому периоду. Для варианта № 1 $\Delta a_{5,33} = 0,145 - 0,103 = 0,042$.

⁷ $ДС = ВВ - ПП$ (разница между валовым выпуском и промежуточным продуктом).

⁸ Величина условной прибыли (или смешанного дохода) отрасли ЭЭ ПР определяется как: $ПР = ДС - АМ - 2078$, где 2078 млрд. сум – величина оплаты труда (в варианте № 1, в варианте № 2 – $2078 \times 1,0445$ и в варианте № 3 – $2078 \times 1,0667$), АМ – амортизация. Ее величина (в млрд. сум) определяется:

– для базового варианта, как:

$АМ = ДС \times 0,08$ (8% добавленной стоимости, среднеотраслевой показатель амортизации в 2016 г.);

– для варианта № 1 (с учетом стоимости инвестиционного проекта (4 млрд. долл. США), как:

$АМ = ДС_{\text{бв}} \times 0,08 + (4000 / 20) \times 3700 \times 0,001$, где $ДС_{\text{бв}}$ – добавленная стоимость, полученная на модернизующихся мощностях, 4000 млн. долл. – стоимость проекта по замене существующего оборудования на ПГУ, 20 лет – нормативный срок работы нового оборудования, 3700 – обменный курс сува в 2016 г.;

– для вариантов № 2 и № 3 (реализация проекта ВЭУ) с учетом стоимости инвестиционного проекта в 1,8 млрд долл.), как:

$АМ = ДС_{\text{бв}} \times 0,08 + (1800 / 20) \times 3700 \times 0,001$, где 1800 млн. долл. США – стоимость проекта по созданию современной ветряной электростанции, 20 лет – нормативный срок работы нового оборудования, 3700 – обменный курс сува в 2016 г.

⁹ Аналогичный результат по России приведен в работе [7].

¹⁰ Преимущество снижения удельных выбросов первого сценария над вторым (2217 т CO₂-экв/млрд. сум по сравнению с 473 и 708 т CO₂-экв/млрд. сум соответственно) становится не столь очевидным, если пересчитать эти сокращения выбросов на стоимость проектов, т.е. поделив их на 4 млрд. долл. США для первого сценария и на 1,8 млрд. долл. – для второго (534,2 т CO₂-экв/млрд сум по сравнению с 262,8 и 393,3 т CO₂-экв/млрд. сум соответственно).

¹¹ См., например [12], (энергоэффективный сценарий).

екта ПГУ (4 млрд. долл. США) по сравнению с проектом ВЭУ (1,8 млрд. долл. США), что отражается и в большей стоимости амортизационных отчислений в варианте № 1 по сравнению с вариантами № 2 и № 3.

Однако главная причина более низкой оценки условной прибыли (в структуре выпуска) для сценария энергосбережения – цена на природный газ в Узбекистане, искусственно заниженная по сравнению со среднемировыми показателями¹², что отражается в низкой оценке доли потребления газа в структуре выпуска отрасли (0,145 или 14,5%). Известно, что в странах, где природный газ доминирует в структуре первичных энергоносителей, и его цена приближена к среднемировой цене, эта доля намного выше¹³. Только в этом случае проекты ресурсосбережения становятся более перспективными по сравнению с проектами возобновляемой энергетики.

Расчеты показали, что для Узбекистана критическое значение доли потребления газа в структуре выпуска отрасли, превышение которого делает проект ресурсосбережения более предпочтительным по сравнению с проектом ветряной станции, составляет 0,163 или 16,3% (0,145 или 14,5% в структуре выпуска отрасли в базовом периоде). Оно определяется относительной скоростью роста цен на природный газ (рис. 2) по сравнению с ростом цен на электроэнергию, а также сокращением разрыва между среднемировыми и внутренними ценами на природный газ.

С 2017 г. в Узбекистане возник и стал быстро увеличиваться разрыв в пользу ускоренного роста цен на природный газ (рис. 2). Это приводит к росту доли затрат газа в структуре цены на электроэнергию, *улучшая показатели проекта ресурсосбережения по сравнению с проектом ВЭУ.*

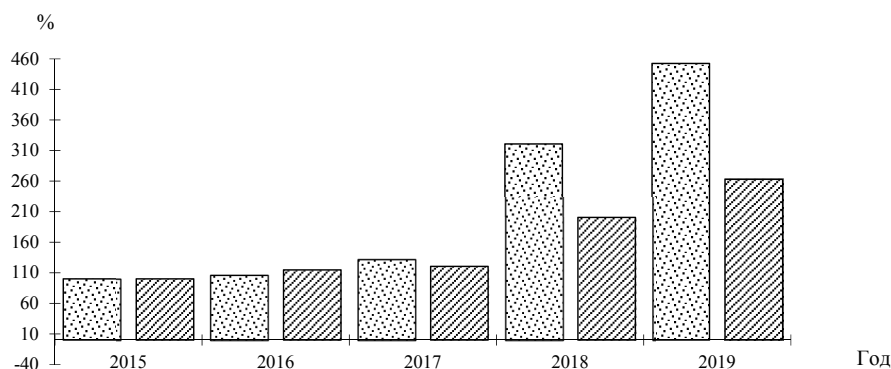


Рис. 2. Цены по добыче газа (▨) и электроснабжению (▩), 2015 г. = 100%

Источник: Государственный комитет по статистике.

Зеленые проекты в сельском хозяйстве – внедрение биогазовых установок (БГУ) в животноводстве.

Технические параметры проекта. Существуют различные виды БГУ – промышленные, ориентированные на ассоциации фермерских хозяйств, и для индивидуальных фермеров. Они отличаются как объемом перерабатываемого сырья (емкостью в 6, 10, 30, 60 куб. м и т.д.), так и производительностью. В соответствии с постановле-

¹² Около 50-60 долл. США за 1000 куб. м против 140-160 долл. США в Германии и других европейских странах в 2016 г и более чем 1 тыс. долл. в Европе во втором полугодии 2021 г.

¹³ В России на природном газе вырабатывается примерно 50% электричества, а в структуре издержек крупнейших генерирующих компаний, работающих преимущественно на газе («Мосэнерго», ОГК-2, «Интеррао», «Т Плюс»), расходы на топливо составляют 60-85% в цене электроэнергии.

нием Кабинета Министров РУз¹⁴ в качестве основного варианта выбрана индивидуальная установка китайского производства емкостью 6 куб. м. Ее технические характеристики: объем загружаемого сырья – 375 кг, что позволяет обслуживать 25 коров и вырабатывать 15 куб. м биогаза; стоимость установки – 6,5 тыс. долл.¹⁵ Экономия газа всего определяется количеством БГУ, умноженных на 15 куб. м выработки биогаза (потенциал в сутки¹⁶) и на 0,73 (коэффициент приравнивания биогаза к природному газу) [21].

Масштабы внедрения технологии – оценены с использованием сценарного подхода. Альтернативы развития животноводства на период до 2040 г. определяются негативными последствиями климатических изменений для водных и земельных ресурсов и сокращения кормовой базы, в результате чего рост поголовья крупного рогатого скота (КРС) стабилизируется к концу прогнозного периода на уровне около 14 млн. голов (по сравнению с 12,6 млн. в базовом периоде). Процент охвата КРС новыми технологиями может варьировать от 10 (вариант № 1) до 40 (вариант № 3) в 2030 г. и от 20 до 70 в 2040 г. Соответственно, потребность в установках БГУ составит от 55 до 221 тыс. ед. в 2030 г. и от 112 до 392 тыс. в 2040 г.

Прямые эффекты и влияние на параметры модели «затраты-выпуск» (в зеленых проектах). Возможны две модели освоения новых зеленых технологий в сельском хозяйстве: ориентация исключительно на импортные (китайские) установки (традиционная для Узбекистана модель освоения новых технологий) или создание своей технологической базы по их производству. В рамках последней альтернативы заложена динамика уровня импортозамещения БГУ: от 10% в 2025 г. до 60% в 2040 г. С учетом этих и ряда других предпосылок¹⁷ параметры модели корректируются в направлении снижения удельных выбросов по сельскому хозяйству, а также сокращения коэффициентов прямых затрат газа, удобрения, электроэнергии на единицу выпуска отрасли.

Сделаны также оценки потребности в инвестициях для этих альтернатив: в варианте с наиболее высоким охватом БГУ (№ 3) общий объем инвестиций в сценарии без импортозамещения за весь прогнозный период составит около 7 млрд. долл., а в сценарии с импортозамещением – около 6 млрд. долл., из которых примерно 4 млрд. долл. – затраты, связанные с созданием собственной технологической базы.

Прямые расчеты в рамках сделанных предпосылок свидетельствуют о перспективности данной технологии для сельского хозяйства Узбекистана. Даже 10% охват поголовья КРС способен переломить тенденцию роста выбросов в сельском хозяйстве (сокращение на 33% к концу прогнозного периода, рис. 3). Это произойдет, даже несмотря на рост поголовья КРС, в силу динамичного снижения удельных выбросов (с 2,29 кг CO₂-экв. на 1 кг животноводческой продукции в 2020 г. до 1,33 кг CO₂-экв. к 2040 г. в варианте 1 и до 0,15 кг CO₂-экв. при более широком охвате БГУ (вариант 3)). В последующем, в процессе улучшения эффективности технологий БГУ эти оценки будут еще выше.

¹⁴ № 343 от 25.11.2015, а также № 338 от 1.06.2017. Постановления направлены на создание совместного с Китаем производства по выпуску БГУ. В нем указан ряд количественных параметров, позволяющих оценить потребность в инвестициях. В их числе – охват новыми технологиями поголовья КРС, а также требуемые для этого инвестиционные расходы.

¹⁵ URL: <https://www.alibaba.com/showroom/small-china-biogas-plant.html>

¹⁶ Технические характеристики БГУ емкостью в 6 куб. м. [22].

¹⁷ С их более детальным описанием можно ознакомиться в документе, указанном в ссылке 1.

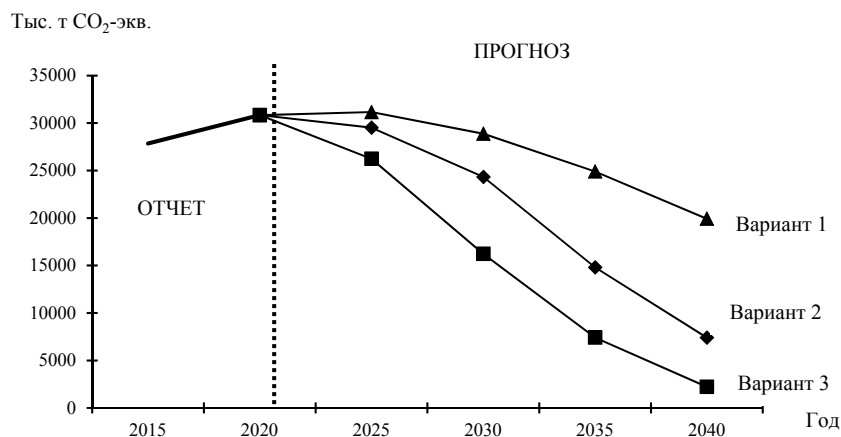


Рис. 3. Прогноз выбросов в сельском хозяйстве при разных масштабах внедрения БГУ:

Источник: расчеты автора (табл. 2).

Другие позитивные прямые эффекты внедрения этой технологии – экономия природного газа вследствие выработки биогаза (до 89,6 млн. куб. м при умеренном темпе внедрения БГУ и до 131,6 млн. куб. м в рамках ускоренного перехода на низкоуглеродное развитие, рис. 4), экономия удобрений к 2040 г. может достичь 17% от общего объема их выпуска в 2017 г. (1,2 млн. т) при 20% охвате БГУ (вариант 1), и до 60% при 70% охвате БГУ, (вариант 3)).

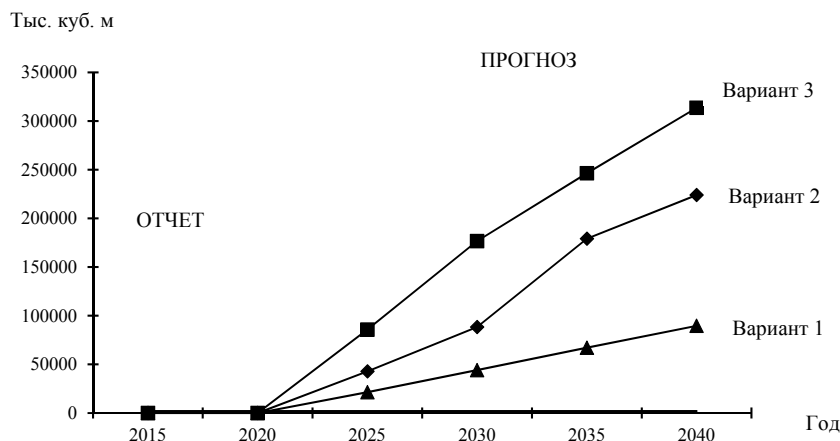


Рис. 4. Прогноз экономии природного газа в сельском хозяйстве при разных масштабах внедрения БГУ

Одновременно следует ожидать и большое число вторичных позитивных эффектов. Так, биогаз может быть использован как в быту, так и в производственных целях (выработка электроэнергии, обогрев теплиц). На основе биоудобрений можно выращивать биологически чистую продукцию, которая намного дороже обычной, полученной на основе использования минеральных удобрений. При этом использование биоудобрений, как показывает практика, увеличивает урожаи на 20-30%, а одна

тонна биоудобрений при ее внесении в почву в пересчете на 1 га замещает 50-60 т необработанного навоза.

Переход на собственное производство *БГУ* создает больше новых рабочих мест по сравнению с традиционным сценарием импорта *БГУ* при одинаковых показателях снижения выбросов. В варианте №1 без собственного производства *БГУ* численность занятых возрастает с 0,67 до 2,8 тыс. специалистов (в основном, для обслуживания купленных *БГУ*). В случае создания собственного производства *БГУ* занятость возрастет с 1,13 тыс. специалистов до 14,4 тыс., т.е. превышение растёт с 1,7 раза в 2025 г. до 5,1 раза в 2040 г. Соответственно, *вырастут доходы занятых, что повышает вклад зеленого развития в сокращение бедности и решение других социальных проблем.* Рост занятости будет еще выше, учитывая мультипликативный эффект взаимодействия новой отрасли машиностроения (производство *БГУ*) с другими отраслями экономики.

На *заключительном этапе расчетов* (см. схему на рис. 1) с использованием подхода «затраты-выпуск» оцениваются *полные экологические и социальные эффекты* внедрения низкоуглеродных технологий для экономики в целом с учетом сложившихся в ней всех взаимосвязей по производству и потреблению товаров и услуг, т.е. с использованием данных отчетной таблицы «затраты-выпуск» и соотношений (1) – (4).

Для *энергетики* величина углеродного следа в экономике в целом составляла в исходном состоянии 821 кг на 1 млн. сум конечного потребления. Внедрение ПГУ уменьшает ее до 694 кг, или на 126 кг. При внедрении ВЭУ такое снижение составит от 28 до 41 кг. При этом надо учитывать, что внедрение ПГУ обходится дороже (4 млрд. долл.) по сравнению с проектом ветроустановок (1,8 млрд. долл.). Если же пересчитать эти эффекты на 1 млрд. долл. инвестиций, то вывод об эффективности модернизации тепловой электрогенерации сохранится: в рамках внедрения ПГУ (сценарий энергосбережения) сокращается углеродный след по экономике в целом на 31,6 кг, в то же время при внедрении ветроустановок – только на величину от 14,5 до 21,7 кг. Этот результат подтверждает обоснованность сделанного выше на основе прямых расчетов вывода *о приоритете энергосбережения при формировании климатической политики республики на ближайшие годы.*

Для первой десятки отраслей средняя оценка сокращения углеродного следа при внедрении ВЭУ (с 20% использованием УМ) составила 112 кг/млн. сум конечного потребления (табл. 2), в то время как в целом по экономике такая оценка составила всего 28 кг. Примерно такие же соотношения характерны и для других вариантов расчета (ВЭУ с 30% использованием УМ и ПГУ). Однако все эти отрасли (за исключением химии и электроэнергетики) не оказывают существенного влияния на экономику в целом. Их доля по добавленной стоимости в структуре экономики составляет всего около 4%. Следовательно, *модернизация только одного энергетического сектора явно недостаточна для перевода национальной экономики на траекторию низкоуглеродного развития.*

Социальный эффект от модернизации отрасли электроэнергетики незначительный. Как было показано ранее, внедрение современных ПГУ сокращает спрос на газ, его добычу, выпуск и занятость в сопряженных с ними отраслях. Такая же реакция, хотя и в меньших масштабах, характерна и для сценария ВЭУ, который, в целом, нейтрален по отношению к занятости и доходам населения.

С другой стороны, существует ряд социально-ориентированных инвестиционных проектов, которые, при той же самой стоимости инвестиционного проекта, что и проекты в сфере зеленой экономики или даже существенно меньшей, создают большее число новых рабочих мест, не ухудшая экологическую ситуацию. Примером может служить развитие мощностей в сфере текстильной и швейной промышленности, где только за 2017-2020 гг. инвестиции в развитие отрасли привели более чем к трехкратному увеличению рабочих мест: со 100,5 тыс. в 2016 г. до 315 тыс. –

в 2020 г.¹⁸ Так, реализация пяти типовых инвестиционных проектов в сфере производства хлопчатобумажной пряжи общей стоимостью в 100 млн. долл. создает непосредственно на этих производствах 4500 новых устойчивых рабочих мест и обеспечивает выпуск продукции на сумму в 112 млн. долл.

Таблица 2

Первые десять отраслей экономики с наибольшим снижением оценки углеродного следа при различных сценариях внедрения новых технологий в ЭЭ, в кг ПГ/млн. сум конечного потребления

Показатель	Абсолютное снижение по сценариям:			Снижение в пересчете на 1 млрд. долл. инвестиций		
	Ветроустановки		ПГУ	Ветроустановки		ПГУ
	20% УМ	30% УМ		20% УМ	30% УМ	
1. Электроэнергия, газ и кондиционированный воздух	503	753	2310	265	396	577
2. Услуги канализационных систем; шлам сточных вод	112	168	515	59	88	129
3. Вода природная; услуги по обработке и водоснабжению	111	166	511	58	88	128
4. Услуги, предоставляемые членскими организациями	76	114	349	40	60	87
5. Продукция химическая	75	113	346	40	59	86
6. Бумага и изделия из бумаги	74	111	340	39	58	85
7. Руды металлические	50	76	232	27	40	58
8. Услуги в области спорта и организации развлечений и отдыха	45	67	205	23	35	51
9. Уголь каменный и уголь бурый (лигнит)	37	56	171	020	29	43
10. Услуги индивидуальные прочие	37	55	170	20	29	42
Среднеотраслевая оценка (по 10 отраслям)	112	168	515	59	88	129

Источник: расчеты на основе модели «затраты-выпуск».

* * *

Полученный результат свидетельствует о малой перспективности традиционных рекомендаций перехода к зеленой экономике (в том числе рекомендации о необходимости масштабных инвестиций в возобновляемую энергетику) применительно к трудоизбыточной экономике Узбекистана и низкому уровню жизни основной части его населения. В отличие от богатых стран Европы с низкими или отрицательными темпами роста населения, Узбекистан не может принимать новые амбициозные обязательства по развитию ВИЭ и сокращению национальных удельных выбросов без учета потенциальных потерь для занятости и финансирования программ ограничения бедности.

Использование подхода «затраты-выпуск» для оценки социальных и экологических последствий внедрения БГУ в сельском хозяйстве позволило установить, что, с учетом полных эффектов, внедрение новых зеленых технологий в сельском хозяйстве способно заметно сократить величину углеродного следа по экономике в целом. Пересчет мультипликатора эмиссии ПГ (в среднем варианте № 2 с охватом БГУ поголовья КРС до 50% к 2040 г.) показывает, что величина углеродного следа может сократиться с 593 кг ПГ на 1 млн. сум КП до 513 кг, или на 13,5%, что внесет значимый вклад в выполнение международных обязательств страны по снижению выбросов.

¹⁸Обзор развития текстильной отрасли Узбекистана в 2017-2020 гг. URL: <https://yuz.uz/ru/news/obzor-razvitiya-tekstilnoj-otrasli-uzbekistana-v-2017-2020-godax>

Сопоставление эффектов от рассмотренных выше низкоуглеродных технологий показало, что на данном этапе развития Узбекистана наиболее перспективной из них является модернизация действующих ТЭС и БГУ – технологий для сельского хозяйства. Если сокращение углеродного следа в экономике в целом в пересчете на 1 млрд. долл. инвестиций при внедрении ветрогенерации составило от 14,5 до 21,6 кг ПГ, то внедрение БГУ и модернизация существующих тепловых станций повышает этот эффект до 22-31 кг ПГ.

В дополнение к этому эффекту создаются условия для *перехода к чистому производству сельхозпродукции* с более высокими потребительскими качествами, восстанавливается плодородие земельных угодий, подорванное длительным периодом бесконтрольной химизации сельского хозяйства, что особенно важно в условиях быстрого сокращения площадей поливных земель на душу населения страны, а развитие этой технологии в направлении электрогенерации на основе биогаза позволит экономить значительные объемы энергии. Тем самым снижаются риски возникновения негативных последствий от трансграничного углеродного регулирования, введение которого развитыми странами мира ожидается уже в среднесрочной перспективе [23].

Литература / References

- Boleti E., Garas A., Kyriakou, A., Lapatinas A. *Economic complexity and environmental performance: Evidence from a world sample* // *Environmental Modeling & Assessment*. 2021. No. 26. Pp. 251-270.
- Hidalgo C. *Economic complexity theory and applications* // *Nature Reviews Physics*. 2021. No. 3. Pp. 92-113.
- Peszko G., van der Mensbrugge D., Golub A., Ward J., Zenghelis D., Marijs C., Schopp A., Rogers J.A., Midgley A. *Diversification and Cooperation in a Decarbonizing World: Climate Strategies for Fossil Fuel-Dependent Countries*. Washington, D.C.: The World Bank, 2020.
- Порфирьев Б.Н., Широ А.А., Колпаков А.Ю., Единак Е.А. *Возможности и риски политики климатического регулирования в России* // *Вопросы экономики*. 2022. № 1. С. 72-89. URL: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2022-1-72-89> [Porfiriev B.N., Shirov A.A., Kolpakov A.Y., Edinak E.A. *Opportunities and risks of the climate policy in Russia* // *Voprosy Ekonomiki*. 2022. No. 1. Pp. 72-89. (In Russ.)]
- Espagne E., Godin A., Magacho G., Mantes A., Yilmaz D. *Developing Countries' Macroeconomic Exposure to the Low-carbon Transition*. Agency Française de Développement // *Research Papers*. October, 2021. №. 220.
- Макаров И.А. и др. *Последствия Парижского климатического соглашения для экономики России* // *Вопросы экономики*. 2018. № 4. С. 76-94. [I.A. Makarov et al. *The consequences of the Paris Climate Agreement for the Russian economy* // *Voprosy ekonomiki*. 2018. No. 4. Pp. 76-94 (In Russ.)]
- Веселов Ф., Соляник А., Урванцева Л. *Низкоуглеродная перестройка электроэнергетики России до 2035 года: потенциал снижения эмиссии CO₂ и его цена для потребителя* // *Энергетическая политика*. 2021. № 11 (165). С. 31-43. DOI 10.46920/2409-5516_2021_11165_30. [Veselov F., Solyanik A. Urvantseva L. *Low-carbon restructuring of the Russian electric power industry until 2035: the potential for reducing CO₂ emissions and its price for consumers* // *Energy policy*. 2021. No. 11 (165). Pp. 31-43. (In Russ.)]
- Бобылев С.Н. *Новые модели экономики и индикаторы устойчивого развития* // *Экономическое возрождение России*. 2019. № 3. С. 23-29. URL: https://e-v-r.ru/wp-content/uploads/2019/09/1_EVR_3_61_2019_gr.pdf. [Bobylev S.N. *New economic models and indicators of sustainable development* // *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii*. 2019. No. 3. Pp. 23-29 (In Russ.)]
- Porfiriev B.N. *The Low-Carbon Development Paradigm and Climate Change Risk Reduction Strategy for the Economy* // *Studies on Russian Economic Development*. 2019. Vol. 30. No. 2. Pp. 111-118. URL: <https://doi.org/10.1134/S1075700719020163>
- Порфирьев Б.Н., Широ А.А., Колпаков А.Ю. *Стратегия низкоуглеродного развития: перспективы для экономики России* // *Мировая экономика и международные отношения*. 2020. Т. 64. № 9. С. 15-25. doi: <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2020-64-9-15-25> [Porfiriev B.N., Shirov A. A., Kolpakov A. Yu. *Low-carbon development strategy: Prospects for the Russian Economy* // *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya*. 2020. Vol. 64. No. 9. Pp. 15-25) (In Russ.)]
- Потравный И.М. и др. *Использование возобновляемых источников энергии в Арктике: роль государственно-частного партнерства* // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2020. Т. 13. № 1. С. 144-159. doi: <https://doi.org/10.15838/esc.2020.1.67.8>. [Potravny I.M. et al. *The use of renewable energy sources in the Arctic: the role of public-private partnership* // *Ekonomicheskie i socialnye peremeny: fakty, tendencii, prognoz*. 2020. Vol. 13. No. 1. Pp. 144-159 (In Russ.)]
- Башмаков И.А. *Стратегия низкоуглеродного развития российской экономики* // *Вопросы экономики*. 2020. № 7. С. 51-74. doi: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2020-7-51-7>. [Bashmakov I.A. *Strategy of low-carbon development of the Russian economy*. *Voprosy ekonomiki*. 2020. No. 7. Pp. 51-74 (In Russ.)]
- Ратнер С.В., Березин А.Э. *Анализ политики перехода к низкоуглеродной экономике: финансовые аспекты* // *Финансы и кредит*. 2019. Т. 25. № 7. С. 1646-1662. doi: <https://doi.org/10.24891/fc.25.7.1646>. [Ratner S.V., Berezin A.E. *Analysis of the policy of transition to a low-carbon economy: financial aspects* // *Finansy i kredit*. 2019. Vol. 25. No. 7. Pp. 1646-1662 (In Russ.)]
- Miller R., Blair P. *Input–Output Analysis Foundations and Extensions. Second Edition. Ch. 10. Environmental Input–Output Analysis*. 2009. Pp. 446-494.

15. Junping Ji, Zijian Z, Yushen T. Energy and economic impacts of China's 2016 economic investment plan for transport infrastructure construction: An input-output path analysis // *Journal of Cleaner Production*. 2019. 238 p. URL: <http://www.elsevier.com/locate/jclepro>
16. Чепель С. Подходы к оценке углеродного следа отраслей и секторов экономики Узбекистана с использованием метода затраты-выпуск // *Журнал экономической теории*. 2021. Т. 18. No. 2. [Chepel S.V. Assessment of the Carbon Footprint of the Industries and Economic Sectors in Uzbekistan by Using the Input-Output Method // *Russian Journal of Economic Theory*. 2021. Vol. 18. No. 2. Pp. 254-264 (In Russ.)] URL: <https://doi.org/10.31063/2073-6517/2021.18-2.7>
17. Баранов Э.Ф. Проблемы разработки схемы динамической модели межотраслевого баланса // *Экономика и математические методы*. 1968. Т. IV. № 1. С. 26-41. [Baranov E.F. Problems of developing a scheme of a dynamic model of intersectoral balance // *Ekonomika i matematicheskie metody*. 1968. Vol. IV. No. 1. Pp. 26-41. (In Russ.)]
18. Heidi Garrett-Peltier. Green versus brown: Comparing the employment impacts of energyefficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model. *Economic Modelling* 61 (2017) 439-447. URL: www.elsevier.com/locate/econmodel
19. Paltsev S. & at al. The MIT emissions prediction and policy analysis (EPPA) model: Version 4 (Joint Program Report Series. No. 125). Cambridge, MA: MIT, 2005.
20. Углеродоемкость электроэнергии в мире и России // *Энергетический бюллетень Аналитического центра при правительстве Российской Федерации*. май 2019. № 73. 27 с. URL: <https://ac.gov.ru/archive/files/publication/a/22245.pdf> [Carbon intensity of electricity in the world and Russia // *Energy Bulletin. Analiticheskij centr pri pravitelstve Rossijskoj federacii*; No. 73. Maj 2019 (In Russ.)].
21. К устойчивой энергии: стратегия низко-углеродного развития республики Узбекистан. Ташкент: ПРООН, 2015. 31 с. [Towards sustainable energy: the strategy of low-carbon development of the Republic of Uzbekistan. Tashkent: PROON, 2015. 31 p.]
22. Zhang Mi. Financing of Domestic Biogas Plants in China. The International Workshop on Financing of Domestic Biogas Plants. Thailand, Bangkok: October 2008. Pp. 22-23.
23. Порфирьев Б., Широ А., Колпаков А. Как пройти ТУР // *Эксперт*. 2021. № 4. 18-24 января [B. Porfiriev, A. Shirov, A. Kolpakov. How to complete the TOUR // *Ekspert*. 2021. No. 4. 18-24 yanvarya (In Russ.)].



Статья поступила 23.03.2022. Статья принята к публикации 05.05.2022

Для цитирования: С.В. Чепель. Инвестиционно-технологические и социальные аспекты в моделировании перехода к низкоуглеродному развитию: пример Узбекистана // *Проблемы прогнозирования*. 2022. № 5(194). С. 153-168.
DOI: 10.47711/0868-6351-194-153-168.

Summary

INVESTMENT, TECHNOLOGICAL, AND SOCIAL ASPECTS IN MODELING THE TRANSITION TO LOW-CARBON DEVELOPMENT: THE CASE OF UZBEKISTAN

S.V. CHEPEL', Doct. Sci. (Econ.), Institute of Macroeconomic Analysis and Forecasting of the Ministry of Economic Development and Poverty Reduction, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: Using the example of the energy sector and the agricultural sector of Uzbekistan, the article shows the possibility of incorporating the technical parameters of typical green and energy-saving projects into the basic input–output model, obtaining estimates of the impact made by such projects on the financial sustainability of the relevant industries. Approaches are reviewed to combining long-term scenario forecasts for the development of the industry with model calculations of macroeconomic, environmental, and social consequences that allow an unambiguous economic interpretation, as well as to choosing the directions of green transformation that are the most promising in terms of a set of criteria, including social ones. The purpose of the work is to show the possibility of taking into account the national interests of Uzbekistan when substantiating the green transformation model using a methodology that combines detailed input–output models with engineering calculations for specific green investment projects and estimates of demand for the investment resources necessary for their implementation.

Keywords: Input-output models, low-carbon development, energy saving, renewable energy sources, multipliers, intermediate and final products, environmental and social effects of green transformation.

Received 23.03.2022. Accepted 05.05.2022

For citation: *S.V. Chepel'*. Investment, Technological, and Social Aspects in Modeling the Transition to Low-Carbon Development: the Case of Uzbekistan // *Studies on Russian Economic Development*. 2022. Vol. 33. No. 5. Pp. 571-581.
DOI: 10.1134/S1075700722050069.