

Научная статья

УДК 336

EDN MKTDUA

DOI 10.17150/2500-2759.2023.33(3).466-474



МОДЕЛИРОВАНИЕ НАЛОГОВОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

О.А. Синенко

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Российская Федерация

Информация о статье

Дата поступления

3 августа 2023 г.

Дата принятия к печати

26 октября 2023 г.

Дата онлайн-размещения

26 октября 2023 г.

Ключевые слова

Устойчивое развитие региона;
налоговое стимулирование;
экономико-математическая
модель; системная динамика;
агентное моделирование

Финансирование

Работа выполнена при
поддержке Министерства
науки и высшего образования
Российской Федерации,
проект № FZNS-2023-0016
«Устойчивое развитие региона:
эффективные экономические
механизмы организации
рынков и предпринимательские
компетенции населения в
условиях неопределенности
(баланс безопасности и риска)»

Аннотация

Одна из ключевых задач современного развития регионов России — переломить негативные социально-экономические тенденции и обеспечить переход на траекторию устойчивого развития, в том числе посредством применения налоговых инструментов. Цель работы состоит в исследовании возможности применения синтеза системно-динамического и агентного моделирования для обоснования политики налогового стимулирования устойчивого развития территории. Суть процедуры исследования — сравнительный анализ методов моделирования в контексте проблем налогового стимулирования устойчивого развития региона. Научная новизна полученных результатов заключается в обосновании научно-методического подхода к исследованию предметной области, основанного на синтезе системно-динамического и агентного методов, предусматривающего исследование аспектов устойчивого развития региона и учитывающего обратные связи, с использованием системной динамики, а поведения действующих в нем предприятий, индивидуально реагирующих на налоговые стимулы, — с использованием агентного инструментария. Такой синтетический подход позволит лучше учитывать специфику устойчивого развития территории, обусловленную как общесистемными, так и поведенческими факторами.

Original article

MODELING TAX INCENTIVES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TERRITORIES

Olga A. Sinenko

Far Eastern Federal University, Vladivostok, the Russian Federation

Article info

Received

August 3, 2023

Accepted

October 26, 2023

Available online

October 26, 2023

Abstract

One of the key tasks of the modern development of Russian regions is to change the negative socio-economic trends and ensure the transition to a sustainable development trajectory, including using tax instruments. The purpose of the work is to study the possibility of using the synthesis of system-dynamic and agent-based modeling to justify the policy of tax incentives for the sustainable development of the territory. The essence of the research procedure is a comparative analysis of modeling methods in the context of the problems of tax incentives for the sustainable development of the region. The scientific novelty of the results obtained lies in the substantiation

Keywords

Sustainable development of the region; tax policy; tax incentives; economic and mathematical model; system dynamics; agent-based modeling

Financing

The study was funded by the Ministry of Science and High Education of the Russian Federation, project number FZNS-2023-0016 «Sustainable regional development: efficient economic mechanisms for organizing markets and entrepreneurial competencies of the population under uncertainty (balancing security and risk)»

of the scientific and methodological approach to the study of the subject area, based on the synthesis of system-dynamic and agent-based methods, which provide for the study of aspects of sustainable development of the region, taking into account feedback, using system dynamics, and the behavior of enterprises operating in it, individually responding to tax incentives — using agent-based tools. Such a synthetic approach will make it possible to better consider the specifics of the sustainable development of the territory, due to both system-wide and behavioral factors.

Введение

Устойчивое развитие территорий не достигается автоматически. Как показывает практика, события, предоставленные сами себе, идут по пути от плохого к худшему. Поэтому необходимо культивировать такую институциональную среду и такие правила поведения, которые будут способны переломить нынешние негативные тенденции и улучшить ситуацию в демографии, экономике и экологии регионов. Для этого в мировой практике обычно используют методы фискальной политики в виде целенаправленных налоговых преференций и стимулов [1]. Что касается российских реалий, то пока эксперты дают скромные оценки соответствия действующей и перспективной налоговой политики целям устойчивого развития в стране [2, с. 40]. Для того чтобы методы налоговой политики оказались более успешными, нужно, во-первых, учитывать особенности реакций экономических агентов на предлагаемые правительством налоговые меры и, во-вторых, правильно интегрировать результаты их деятельности в функционирование региональных экономических, социальных и технологических подсистем, обладающих собственными закономерностями развития. Очевидно, что это нетривиальная задача, требующая также применения нетривиальных методов исследования.

Методы

Для решения поставленных задач в работе проведен сравнительный анализ методов исследования и моделирования политики налогового стимулирования устойчивого развития территорий в контексте решения

проблем, обусловленных комплексным действием экономических, социальных, технологических и экологических факторов.

Результаты

Концепция «устойчивого развития» как процесс изменений, в котором эксплуатация ресурсов, направление инвестиций, ориентация технологического развития и институциональные изменения согласуются не только с текущими, но и будущими потребностями, появилась впервые в отчете World Commission on Environment and Development (WCED, Комиссия Брундтланд)¹, сыгравшем важную роль в развитии нового мировоззрения. С 1992 г. в рамках «Повестки дня на XXI век» (Рио-де-Жанейрская декларация) «устойчивое развитие» объединяет три аспекта: экономику, общество и окружающую среду, включая в данный процесс сохранение основных природных ресурсов². Отчет WCED (Комиссия Брундтланд) определяет устойчивость как сохранение способности людей удовлетворять свои потребности. WCED делает акцент на тесной связи между борьбой с бедностью, улучшением состояния окружающей среды и социальной справедливостью благодаря стабильному экономическому росту. Данная концепция признает, что

¹ Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. World Commission on Environment and Development, Our Common Future. (The Brundtland Report). 1987. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>.

² United Nations Conference on Environment & Development Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992. AGENDA 21. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>.

экономический рост и охрана окружающей среды неразрывно связаны, и что качество настоящей и будущей жизни зависит от удовлетворения основных человеческих потребностей без разрушения окружающей среды, от которой зависит вся жизнь [3, с. 17]. При этом, как отмечает D. Mebratu, экономический рост во всех частях мира необходим для улучшения условий жизни населения, для обеспечения стабильности, а это, в свою очередь, требует новых технологий, энергии и других ресурсов, более эффективное использование которых может способствовать сокращению загрязнений [4]. На основе концепции устойчивого развития общества была предложена система индикаторов как для общества в целом, так и его отдельных подсистем [5]. При этом под индикаторами устойчивого развития понимаются показатели, отражающие состояние либо изменение экономических, социальных или экологических переменных. Разработанная комиссией ООН по устойчивому развитию система индикаторов является одной из самых полных и включает следующие группы: социальные; экономические; экологические; институцио-

нальные (в том числе планирование государственной политики)³. Любая сложная система обычно имеет многочисленные петли положительной и отрицательной обратной связи, которые помогают ей самокорректироваться при различных условиях и воздействиях. Таким образом, конечной целью устойчивости является интеграция экологических, инновационных, экономических и социальных подсистем (рис. 1).

Налоговые методы позволяют воздействовать через государственную политику на конкретную подсистему путем изменения параметров, представляющих различные стороны реализации политики, и, таким образом, анализировать цепную реакцию взаимодействия подсистем. Обобщение переменных, используемых в исследованиях подсистем устойчивого развития за последнее десятилетие, приведено в табл. 1.

³ Система глобальных показателей достижения целей в области устойчивого развития и выполнения задач Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. 2023. URL: https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework%20after%202022%20refinement_Rus.pdf.



Рис. 1. Схема взаимодействия подсистем теоретической модели системы устойчивого развития

Таблица 1

Переменные в исследованиях подсистем устойчивого развития

Подсистема	Переменные	Источник
Экономическая	Валовой внутренний продукт (ВВП); валовое промышленное производство; выручка от продаж новой продукции; доля выручки от реализации новой продукции в валовом промышленном производстве; валовый региональный продукт (ВРП) на душу населения	Luo et al. (2021) [6]; D. Kusumawardani, A. Kartiko Dewi (2020) [7]
Экологическая	Доля (объем) инвестиций в очистку твердых отходов / в очистку отработанных газов / в очистку сточных вод / в управление промышленным загрязнением; объем производства загрязняющих веществ; степень восстановления твердых промышленных отходов; степень очистки промышленных отходящих газов / сточных вод; процент дней с достижением отличных стандартов качества воздуха	Khan et al. (2020) [8]; Yuan and Xiang (2018) [9]; Zhou et al. (2020) [10]; Liang Jingjing, Li Yangfan (2020) [11]
Социальная	Дифференциация доходов (индекс Джини); человеческий капитал (индекс человеческого капитала — HCI); уровень дохода	E. Kazemzadeh, J.A. Fuinhas, M. Koengkan (2022) [12]; Chen Jiandong et al. (2020) [13]

Окончание табл. 1

Подсистема	Переменные	Источник
Государственная	Доля в ВВП инвестиций в управление промышленным загрязнением; плавающая ставка экологического налога; плавающая процентная ставка по зеленому кредитованию; доля государственных инвестиций в ВВП в НИОКР; плавающая плата за сброс промышленных сточных вод / отходящих газов / сточных вод; индекс институционального качества (IQI)	Li et al. (2018) [14]; Bai et al. (2019) [15]; Borrás and Edquist (2013) [16]; Geng Yaxin et al (2022) [17]
Технологическая (инновационная)	Государственные и частные инвестиции в НИОКР научно-исследовательских учреждений / промышленных предприятий; патентные заявки научно-исследовательских учреждений / предприятий; совокупный выпуск научно-технической продукции; темпы технологического роста; инновации в области экологически чистых технологий	Е.С. Вылкова и др. [18]; Acemoglu et al. (2016) [19]; Aghion et al. (2016) [20]

Исследование проблем развития в традиционном неоклассическом подходе предполагает анализ взаимодействия ресурсов, но при этом не позволяет в полной мере оценить динамику взаимодействия различных подсистем, включая человеческий капитал. Решить данную проблему можно с помощью динамического анализа. Модель динамической системы позволяет более достоверно описать возможное ее поведение в заданном диапазоне условий (сценариев), что дает возможность применять ее для поиска приемлемых управленческих решений. Любая естественная система управляется некоторыми уравнивающими механизмами, циклами отрицательной обратной связи или, как их еще называют, циклами жизнеспособности, основанными на деятельности человека. Устойчивость рассматривается как процесс восприятия изменений и поддержания активности циклов жизнеспособности для адаптации системы к изменениям. В рамках системного мышления приходит такое понимание реальности, в котором акцент делается не на отдельных составляющих системы, а на отношениях между ними. J. Forrester в 1956 г. предложил метод системной динамики (system-dynamic, SD) [21], впоследствии ставший междисциплинарным подходом, который изучает взаимодействие внутренней структуры системы с ее динамическим поведением с помощью компьютерного моделирования.

SD-подход часто используется для оценки практических эффектов реализации государственной политики и моделирования устойчивого развития систем. Например, используя этот метод, ученые оценили эффективность национальных инновационных систем, включая знания и человеческие ресурсы, рыночные условия, финансовую систему, исследовательскую деятельность, технические характеристики, институциональные условия и подсистемы инновационного процесса [22]. В другом исследовании представлена

модель системной динамики, определяющая наиболее эффективный сценарий достижения зеленого роста в типичном промышленном регионе КНР (провинция Ляонин), с учетом потребления энергии на ВВП, структуры энергопотребления, объема выбросов CO₂ на ВВП, стоимости ресурсов и экологически чистого ВВП на душу населения [23]. Динамическая модель оценки стимулов в области энергосбережения и сокращения выбросов на примере провинции Фуцзянь в КНР, включающая фискальные преференции, торговлю квотами на выбросы, финансы, промышленность и технологии, а также политическую эффективность [24], обосновывает, что налоговая политика является наиболее эффективной, хотя данный эффект меньше, чем для комбинации разных политик. В работе [25] построена модель равновесия на рынке электроэнергии и модель системной динамики для анализа последствий различных политик на рынках электроэнергии, в частности влияния налога на выбросы углерода на сокращение выбросов углерода в электроэнергетике. Таким образом, как свидетельствует этот краткий обзор, системная динамика как одна из ветвей системного подхода представляет собой методологию моделирования и метод анализа, которые активно совершенствуются и применяются для исследования динамического поведения сложных систем с учетом обратных связей. Это составляет ее преимущество и позволяет использовать данный инструмент в том числе для решения проблем устойчивого развития. При этом его концептуальный недостаток состоит в том, что он не предназначен для исследования поведения экономических субъектов и особенностей их реакций на изменяющиеся внешние обстоятельства, учет которых имеет принципиальное значение для определения последствий налоговой политики.

При моделировании инструментов политики, воздействующих на развитие экономи-

ки региона, важно учитывать взаимодействие агентов (лиц, принимающих самостоятельные решения) и правил (институтов, направляющих их поведение), для чего применяется агентное моделирование (agent-based, AB). В сфере налоговой политики агентное моделирование требует интеграции моделей финансового взаимодействия и моделей производства, инвестиций, государственных расходов и поведения потребителей. Подобные агентные модели на практике используются для оценки результативности и эффективности различных налоговых стимулов. Например, в [26] осуществляется поиск оптимальной схемы налогообложения, которая может способствовать уменьшению загрязнения воздуха и выбросов парниковых газов и при этом обеспечить устойчивое экономическое и экологическое развитие.

Парадигмы системной динамики (SD) и моделирования на основе агентов (AB) хорошо зарекомендовали себя благодаря экономическим исследованиям, охватывающим последнее десятилетие. Они широко применяются во многих областях для предвидения поведения системы с использованием либо дедуктивного SD-подхода, либо индуктивного AB-подхода (подходы «сверху вниз» и «снизу вверх» соответственно). Таким образом, данные парадигмы представляют собой взаимодополняющие подходы к моделированию.

Новый подход к динамическому анализу государственных инвестиционных проектов через интегрированную имитационную модель с использованием SD- и AB-методов был представлен в 2015 г. [27]. Первая часть (SD) разъясняет отношения между элементами системы, которые составляют выгоды и затраты проекта, а вторая часть (AB) отображает эмерджентное поведение пользователей с учетом его неоднородности. Полученные результаты подтвердили,

что данный подход обеспечивает ценную и гибкую основу для анализа осуществимости проекта в динамичной среде.

Гибридные модели AB-SD, несмотря на проблемы и ограничения, связанные с необходимостью сбора большого количества разноплановых данных, сложностью процессов калибровки и валидации, особенно поведения экономических агентов, сложностью интерпретации полученных результатов, обладают рядом преимуществ, поскольку они позволяют не только анализировать проблему в динамике, но и фиксировать взаимосвязи (включая обратные) между изучаемыми элементами, т.е. между агентами и внешней средой, определять значения элементов, включенных в анализ, в каждый момент времени, для которого производятся расчеты, и описывать функционирование агентов, принимая во внимание правила принятия решений, регулирующие их поведение.

Огромное количество экономико-математических моделей, созданных за последние десятилетия в мире, как правило, направлены на решение специальных задач и отражают закономерности функционирования конкретных объектов в определенных условиях, так что распространение их на иные объекты почти всегда является проблемой. В связи с этим под каждую новую сложную задачу, которая касается особых условий отдельно взятой страны или ее регионов, целесообразно (и технически проще) создавать новые модели, чем перенастраивать уже известные, но, разумеется, с учетом идей и достижений предшественников. Далее в наиболее общем виде приведены основные положения предлагаемого гибридного подхода к экономико-математическому моделированию налогового стимулирования устойчивого развития региона (рис. 2).

В рамках предлагаемой гибридной модели рассматривается взаимодействие

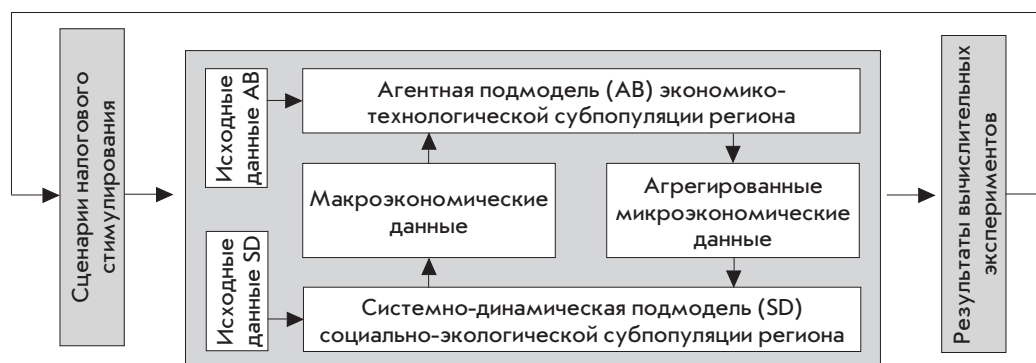


Рис. 2. Общая структура гибридной модели AB-SD для исследования проблемы налогового стимулирования устойчивого развития региона

двух популяций: экономико-технологической (представленной предприятиями) и социально-экологической (представленной населением), которые в комплексе составляют общую динамическую экономико-экологическую популяцию данной территории [28]. При этом моделирование экономико-технологической субпопуляции предлагается имитировать на принципах агентного моделирования (AB), а развитие социально-экологической субпопуляции региона — на принципах системно-динамического моделирования (SD). Рабочая гипотеза состоит в том, что концентрация финансовых ресурсов сверх некоторого порогового значения на отдельных точках научно-технического роста способна запустить цепную реакцию технологических нововведений в регионе и улучшить институциональную среду функционирования бизнеса, благодаря чему получится добиться больших успехов в его устойчивом развитии, чем в случае применения неконцентрированных общесистемных мер стимулирования научно-технического прогресса, предназначенных для всех экономических агентов.

Обсуждение результатов

Предложенный синтез методов исследования имеет свои достоинства и недостатки. Основное преимущество состоит в том, что устойчивое развитие целостной экономико-экологической системы региона, свойства которой не сводятся к свойствам ее элементов, можно будет воспроизводить исходя из анализа поведения отдельных экономических агентов, их индивидуальных (в зависимости от типа агента) реакций на вводимые государством налоговые стимулы. Недостатки являются продолжением преимуществ. Во-первых, возникает вопрос корректного выбора правил, используемых экономическими агентами для принятия решений. В связи со сложностью получения и адаптации соответствующей информации, в том числе из смежных с экономикой наук, часто это приходится делать на основе здравого смысла и догадок, что может быть недостаточно для имитации их реального поведения. Во-вторых, как уже отмечалось, гибридные модели AB-SD требуют много разноплановой информации, их трудно калибровать и верифицировать. И, в-третьих, такой сложный подход, основанный на синтезе различных методов моделирования, требует также сложной реализации.

Инструменты для этого есть (например, AnyLogic⁴), они активно используются на практике, но применять их непросто, как и обучать создаваемые модели адекватно предсказывать поведение людей и формируемых ими организаций. Однако, как показывает практика, именно в этом направлении сейчас движется мировая наука [29].

Выводы

В работе обоснована возможность и необходимость использования синтеза методов системной динамики (SD) и агентного моделирования (AB) для формирования политики налогового стимулирования устойчивого развития региона. Такой синтетический подход, уже апробированный в зарубежных исследованиях, но применительно к иным предметным областям, позволяет одновременно учитывать как макропараметры (общую динамику развития региона в различных аспектах: социальном, экологическом, научно-техническом), так и действие микроэкономических факторов, направляющих поведение отдельных экономических агентов под воздействием налоговых стимулов. При этом устойчивое развитие региона предлагается моделировать с помощью системной динамики, а поведение действующих в нем предприятий — с помощью агентного подхода. Это обусловлено тем, что модели системной динамики не улавливают качественных изменений, связанных с особенностями поведенческих реакций экономических агентов, но хорошо подходят для понимания изменений общей ситуации в регионе с учетом обратных связей. И напротив, динамика в агентных моделях определяется не общесистемными трендами, а является непосредственным результатом индивидуальной активности агентов, анализ которой, однако, не способен отразить закономерности развития сферы экологии и демографии как целостной системы. Поэтому есть основания полагать, что предложенный синтез методов исследования проблем устойчивого развития региона позволит преодолеть указанные ограничения и создавать уникальные по постановке вопроса и проработке проблематики модели устойчивого развития регионов, реализация которых будет способствовать повышению качества принимаемых решений с учетом необходимости оптимизации налоговых расходов.

⁴ AnyLogic поддерживает три известных метода имитационного моделирования: дискретно-событийное (процессное), агентное и системную динамику. AnyLogic: имитационное моделирование для бизнеса. 2023. URL: <https://www.anylogic.ru>.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Синенко О.А. Устойчивое развитие территорий: фискальные инструменты обеспечения экологической устойчивости / О.А. Синенко. — DOI 10.37124/20799136_2023_2_54_104. — EDN WMVZAY // Экономика устойчивого развития. — 2023. — № 2 (54). — С. 104–110.
2. Налоговая политика Российской Федерации в контексте целей устойчивого развития / под ред. И.А. Майбунова. — Москва : Юнити-Дана, 2023. — 359 с. — EDN GOJVPJ.
3. Налоговая политика и цели устойчивого развития. Мировой опыт сопряжения / под ред. И.А. Майбунова. — Москва : Юнити-Дана, 2023. — 255 с. — EDN UDWFEN.
4. Mebratu D. Sustainability and sustainable development: historical and conceptual review / D. Mebratu // Environmental Impact Assessment Review. — 1998. — Vol. 18. — P. 493–520.
5. Bossel H. Deriving indicators of sustainable development / H. Bossel. — DOI 10.1007/bf01872150. — EDN QPJVNK // Environmental Modeling and Assessment. — 1996. — Vol. 1, no. 4. — P. 193–218.
6. Luo Y. Heterogeneous impacts of environmental regulations and foreign direct investment on green innovation across different regions in China / Y. Luo, M. Salman, Z. Lu. — DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.143744 // Science of the Total Environment, 2021. — Vol. 759. — P. 143744.
7. Kusumawardani D. The effect of income inequality on carbon dioxide emissions: A case study of Indonesia / D. Kusumawardani, A.K. Dewi. — DOI 10.1016/j.heliyon.2020.e04772 // Heliyon. — 2020. — Vol. 6, iss. 8. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04772>.
8. Consumption-based carbon emissions and international trade in G7 countries: The role of environmental innovation and renewable energy / Z. Khan, S. Ali, M. Umar [et al.]. — DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.138945. — EDN TTLGCV // Science of the Total Environment. — 2020. — Vol. 730. — P. 138945. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138945>.
9. Yuan B. Environmental regulation, industrial innovation and green development of Chinese manufacturing: Based on an extended CDM model / B. Yuan, Q. Xiang // Journal of Cleaner Production. — 2018. — Vol. 176. — P. 895–908.
10. Zhou X. Energy conservation and emission reduction (ECER): System construction and policy combination simulation / X. Zhou, Z. Xu, Y. Xi. — DOI 10.1016/j.jclepro.2020.121969 // Journal of Cleaner Production. — 2020. — Vol. 267. — P. 121969.
11. Liang J. Resilience and sustainable development goals based social-ecological indicators and assessment of coastal urban areas — A case study of Dapeng New District, Shenzhen, China / J. Liang, Y. Li. — DOI 10.1016/j.wsee.2020.06.001 // Watershed Ecology and the Environment. — 2020. — Vol. 2. — P. 6–15.
12. Kazemzadeh E. The impact of income inequality and economic complexity on ecological footprint: an analysis covering a long-time span / E. Kazemzadeh, J.A. Fuinhas, M. Koengkan // Journal of Environmental Economics and Policy. — 2022. — Vol. 11, iss. 2. — P. 133–153. URL: <https://doi.org/10.1080/21606544.2021.1930188>.
13. Impact of income inequality on CO2 emissions in G20 countries / J. Chen, Q. Xian, J. Zhou, D. Li. — DOI 10.1016/j.jenvman.2020.110987 // Journal of Environmental Management. — 2020. — Vol. 271. — P. 110987.
14. Green loan and subsidy for promoting clean production innovation / Z. Li, G. Liao, Z. Wang, Z. Huang. — DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.03.066 // Journal of Cleaner Production. — 2018. — Vol. 187. — P. 421–431.
15. The impacts of government R&D subsidies on green innovation: Evidence from Chinese energy-intensive firms / Y. Bai, S. Song, J. Jiao, R. Yang. — DOI 10.1016/j.jclepro.2019.06.107 // Journal of Cleaner Production. — 2019. — Vol. 233. — P. 819–829.
16. Borrás S. The choice of innovation policy instruments / S. Borrás, C. Edquist. — DOI 10.1016/j.techfore.2013.03.002 // Technological Forecasting and Social Change. — 2013. — Vol. 80, iss. 8. — P. 1513–1522.
17. Geng Y. Natural resource management and ecological sustainability: Dynamic role of social disparity and human development in G10 Economies / Y. Geng, P. Rao, A. Sharif. — DOI 10.1016/j.resourpol.2022.103050 // Resources Policy. — 2022. — Vol. 79. — P. 103050.
18. Соотношение информационно-технологической и налоговой компоненты для целей устойчивого развития российских регионов / Е.С. Вылкова, Н.Г. Викторова, В.Н. Наумов, Н.В. Покровская. — DOI 10.17223/19988648/60/1. — EDN JVYMQA. // Вестник Томского государственного университета. Экономика. — 2022. — № 60. — С. 6–21.
19. Transition to clean technology / D. Acemoglu, U. Akcigit, D. Hanley, W. Kerr. — DOI 10.1086/684511 // Journal of Political Economy. — 2016. — Vol. 124. — P. 52–104.
20. Carbon taxes, path dependency, and directed technical change: evidence from the auto industry / P. Aghion, A. Dechezleprêtre, D. Hemous [et al.] // Journal of Political Economy. — 2016. — Vol. 124, № 1. — P. 1–51.
21. Forrester J. Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers / J. Forrester // Harvard Business Review. — 1958. — Vol. 36. — P. 37–66.
22. Samara E. The impact of innovation policies on the performance of national innovation systems: A system dynamics analysis / E. Samara, P. Georgiadis, I. Bakouros. — DOI 10.1016/j.technovation.2012.06.002 // Technovation. — 2012. — Vol. 32, № 11. — P. 624–638.
23. Identifying a pathway towards green growth of Chinese industrial regions based on a system dynamics approach / L. Guo, Y. Qu, C. Wu, X. Wang // Resources, Conservation and Recycling. — 2018. — Vol. 128. — P. 143–154.
24. Zhou X. Energy conservation and emission reduction (ECER): System construction and policy combination simulation / X. Zhou, Z. Xu, Y. Xi. — DOI 10.1016/j.jclepro.2020.121969 // Journal of Cleaner Production. — 2020. — Vol. 267. — P. 121969.
25. Meng X. Can renewable energy portfolio standards and carbon tax policies promote carbon emission reduction in China's power industry? / X. Meng, Y. Yu // Energy Policy. — 2023. — Vol. 174. — P. 113461.


26. Multi-objective optimization of environmental tax for mitigating air pollution and greenhouse gas / S. Li, N. Jia, Z. Chen [et al.]. — DOI 10.1016/j.jmse.2022.02.001 // Journal of Management Science and Engineering. — 2022. — Vol. 7, iss. 3. — P. 473–488.
27. A dynamic feasibility analysis of public investment projects: An integrated approach using system dynamics and agent-based modeling / H. Jo, H. Lee, Y. Suh [et al.]. — DOI 10.1016/j.ijproman.2015.07.002 // International Journal of Project Management. — 2015. — Vol. 33, iss. 8. — P. 1863–1876.
28. Половян А.В. Регулирование коэволюции экономико-экологических популяций в контексте устойчивого развития. — EDN YRRPDX / А.В. Половян, Е.Н. Вишневская // Экономика и математические методы. — 2017. — Т. 53, № 2. — С. 101–117.
29. Miller T. Explanation in artificial intelligence: Insights from the social sciences / T. Miller. — DOI 10.1016/j.artint.2018.07.007 // Artificial Intelligence. — 2017. — Vol. 267. — P. 1–38.

REFERENCES


1. Sinenko O.A. Sustainable Development of Territories: Fiscal Instruments for Ensuring Environmental Sustainability. *Ekonomika ustoychivogo razvitiya = The Economics of Sustainable Development*, 2023, no. 2, pp. 104–110. (In Russian). EDN: WMVZAY. DOI: 10.37124/20799136_2023_2_54_104.
2. Maiburov I.A. (ed.). *Tax policy of the Russian Federation in the context of sustainable development goals*. Moscow, Yuniti-Dana Publ., 2023. 359 p. EDN: GOJVPJ.
3. Maiburov I.A. (ed.). *Tax policy and sustainable development goals. World experience of pairing*. Moscow, Yuniti-Dana Publ., 2023. 255 p. EDN: UDWFFEN.
4. Mebratu D. Sustainability and Sustainable Development: Historical and Conceptual Review. *Environmental Impact Assessment Review*, 1998, vol. 18, pp. 493–520.
5. Bossel H. Deriving Indicators of Sustainable Development. *Environmental Modeling and Assessment*, 1996, vol. 1, no. 4, pp. 193–218. EDN: QPJVNK. DOI: 10.1007/bf01872150.
6. Luo Y., Salman M., Lu Z. Heterogeneous Impacts of Environmental Regulations and Foreign Direct Investment on Green Innovation across Different Regions in China. *Science of the Total Environment*, 2021, vol. 759, pp. 143744. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.143744.
7. Kusumawardani D., Dewi A.K. The Effect of Income Inequality on Carbon Dioxide Emissions: A Case Study of Indonesia. *Heliyon*, 2020, vol. 6, iss. 8. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04772>. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04772.
8. Khan Z., Ali S., Umar M., Kirikkaleli D., Jiao Z. Consumption-based Carbon Emissions and International Trade in G7 Countries: The Role of Environmental Innovation and Renewable Energy. *Science of the Total Environment*, 2020, vol. 730, pp. 138945. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138945>. EDN: TTLGCY. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.138945.
9. Yuan B., Xiang Q. Environmental regulation, industrial innovation and green development of Chinese manufacturing: Based on an extended CDM model. *Journal of Cleaner Production*, 2018, vol. 176, pp. 895–908.
10. Zhou X., Xu Z., Xi Y. Energy Conservation and Emission Reduction (ECER): System Construction and Policy Combination Simulation. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 267, pp. 121969. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121969.
11. Liang J., Li Y. Resilience and Sustainable Development Goals Based Social-ecological Indicators and Assessment of Coastal Urban Areas — A Case Study of Dapeng New District, Shenzhen, China. *Watershed Ecology and the Environment*, 2020, vol. 2, pp. 6–15. DOI: 10.1016/j.wsee.2020.06.001.
12. Kazemzadeh E., Fuinhas J.A., Koengkan M. The Impact of Income Inequality and Economic Complexity on Ecological Footprint: an Analysis Covering a Long-time Span. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 2022, vol. 11, iss. 2, pp. 133–153. URL: <https://doi.org/10.1080/21606544.2021.1930188>.
13. Chen J., Xian Q., Zhou J., Li D. Impact of Income Inequality on CO₂ Emissions in G20 Countries. *Journal of Environmental Management*, 2020, vol. 271, pp. 110987. DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.110987.
14. Li Z., Liao G., Wang Z., Huang Z. Green Loan and Subsidy for Promoting Clean Production Innovation. *Journal of Cleaner Production*, 2018, vol. 187, pp. 421–431. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.03.066.
15. Bai Y., Song S., Jiao J., Yang R. The Impacts of Government R&D Subsidies on Green Innovation: Evidence from Chinese Energy-intensive Firms. *Journal of Cleaner Production*, 2019, vol. 233, pp. 819–829. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.06.107.
16. Borrás S., Edquist C. The Choice of Innovation Policy Instruments. *Technological Forecasting and Social Change*, 2013, vol. 80, iss. 8, pp. 1513–1522. DOI: 10.1016/j.techfore.2013.03.002.
17. Geng Y., Rao P., Sharif A. Natural Resource Management and Ecological Sustainability: Dynamic Role of Social Disparity and Human Development in G10 Economies. *Resources Policy*, 2022, vol. 79, pp. 103050. DOI: 10.1016/j.resourpol.2022.103050.
18. Vylkova E.S., Victorova N.G., Naumov V.N., Pokrovskaya N.V. The Correlation of the Information Technology and Tax Components for the Sustainable Development of Russian. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika = Tomsk State University Journal of Economics*, 2022, no. 60, pp. 6–21. (In Russian). EDN: JVYMQA. DOI: 10.17223/19988648/60/1.
19. Acemoglu D., Akcigit U., Hanley D., Kerr W. Transition to Clean Technology. *Journal of Political Economy*, 2016, vol. 124, pp. 52–104. DOI: 10.1086/684511.
20. Aghion P., Dechezleprêtre A., Hemous D., Martin R., Van Reenen J. Carbon Taxes, Path Dependency, and Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry. *Journal of Political Economy*, 2016, vol. 124, no. 1, pp. 1–51.

21. Forrester J. Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers. *Harvard Business Review*, 1958, vol. 36, pp. 37–66.
22. Samara E., Georgiadis P., Bakouros I. The Impact of Innovation Policies on the Performance of National Innovation Systems: A System Dynamics Analysis. *Technovation*, 2012, vol. 32, no. 11, pp. 624–638. DOI: 10.1016/j.technovation.2012.06.002.
23. Guo L., Qu Y., Wu C., Wang X. Identifying a Pathway Towards Green Growth of Chinese Industrial Regions Based on a System Dynamics Approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 2018, vol. 128, pp. 143–154.
24. Zhou X., Xu Z., Xi Y. Energy Conservation and Emission Reduction (ECER): System Construction and Policy Combination Simulation. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 267, pp. 121969. DOI:10.1016/j.jclepro.2020.121969.
25. Meng X., Yu Y. Can Renewable Energy Portfolio Standards and Carbon Tax Policies Promote Carbon Emission Reduction in China's Power Industry? *Energy Policy*, 2023, vol. 174, pp. 113461.
26. Li S., Jia N., Chen Z., Du H., Zhang Z., Bian B. Multi-objective Optimization of Environmental Tax for Mitigating Air Pollution and Greenhouse Gas. *Journal of Management Science and Engineering*, 2022, vol. 7, iss. 3, pp. 473–488. DOI: 10.1016/j.jmse.2022.02.001.
27. Jo H., Lee H., Suh Y., Kim J., Park Y. A Dynamic Feasibility Analysis of Public Investment Projects: An Integrated Approach Using System Dynamics and Agent-based Modeling. *International Journal of Project Management*, 2015, vol. 33, iss. 8, pp. 1863–1876. DOI: 10.1016/j.ijproman.2015.07.002.
28. Polovyan A.V., Vishnevskaya E.N. Regulating Co-evolution of the Economic and Environmental Populations in the Context of Sustainable Development. *Ekonomika i matematicheskie metody = Economics and Mathematical Methods*, 2017, vol. 53, no. 2, pp. 101–117. (In Russian). EDN: YRRPDX.
29. Miller T. Explanation in Artificial Intelligence: Insights from the Social Sciences. *Artificial Intelligence*, 2017, vol. 267, pp. 1–38. DOI: 10.1016/j.artint.2018.07.007.

Информация об авторе

Синенко Ольга Андреевна — кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник Школы экономики и менеджмента, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Российская Федерация, e-mail: sinenko.aa@dvfu.ru,  <https://orcid.org/0000-0001-7497-9475>, SPIN-код: 5361-8176, AuthorID РИНЦ: 239045.

Author

Olga A. Sinenko — Ph.D. in Economics, Associate Professor, Senior Researcher, School of Economics and Management, Far Eastern Federal University, Vladivostok, the Russian Federation, e-mail: sinenko.aa@dvfu.ru,  <https://orcid.org/0000-0001-7497-9475>, SPIN-Code: 5361-8176, AuthorID RSCI: 239045.

Для цитирования

Синенко О.А. Моделирование налогового стимулирования устойчивого развития территорий / О.А. Синенко. — DOI 10.17150/2500-2759.2023.33(3).466-474. — EDN MKTDUA // Известия Байкальского государственного университета. — 2023. — Т. 33, № 3. — С. 466–474.

For Citation

Sinenko O.A. Modeling Tax Incentives for Sustainable Development of Territories. *Izvestiya Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Baikal State University*, 2023, vol. 33, no. 3, pp. 466–474. (In Russian). EDN: MKTDUA. DOI: 10.17150/2500-2759.2023.33(3).466-474.