

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ: ХОРОШИЙ, ПЛОХОЙ, ОПТИМАЛЬНЫЙ

В.А. Воробьев, Т.Л. Майборода*

Рассматривается вклад П. Ромера и У. Нордхауса в теорию эндогенного долгосрочного экономического роста на основе модели Солоу. Ромер выявляет положительные внешние эффекты знаний и инноваций. Нордхаус раскрывает взаимную связь климатических изменений и экономического развития, подчеркивает важность борьбы с глобальным потеплением, которое является отрицательной экстерналией экономического роста. Оба исследователя указывают на необходимость выбора определенной экономической политики, способной обеспечить оптимальный долгосрочный экономический рост.

Ключевые слова: макроэкономика, экономический рост, внешние эффекты, знания, инновации, климатические изменения.

JEL-классификация: B22, B31, E02, O41, O43, O44, Q54, Q58, R11.

Материал поступил 8.11.2018 г.

Шведская королевская академия наук вновь обратила взгляд на макроэкономические исследования¹

В октябре 2018 г. принято юбилейное пятидесятое решение о присуждении премии Шведского государственного банка памяти Альфреда Нобеля в области экономических наук. Она поделена между двумя американскими учеными – Пол Ромер награжден «за интеграцию технологических инноваций в долгосрочный макроэкономический анализ», Уильям Нордхаус – «за интеграцию климатических изменений в долгосрочный макроэкономический анализ». Исследования лауреатов посвящены достижению общественно оптимального долгосрочного экономического роста путем государственного регулирования провалов глобального рынка².

¹ Прошло семь лет с тех пор, как Т. Сарджент и К. Симс получили премию «за эмпирические исследования причинно-следственных связей в макроэкономике».

² Здесь и далее под оптимальным экономическим ростом понимается общественно оптимальный рост, предполагающий интернализацию положительных и отрицательных внешних эффектов. При этом цель поддержания общественно оптимального роста может не соответствовать задаче достижения устойчивого долгосрочного экономического роста (или устойчивого развития), так как послед-

Интервью главного научного сотрудника *Nobel Media* с У. Нордхаусом началось на приподнятой ноте, но затем собеседники перешли к обсуждению проблемы недальновидности политиков, игнорирующих последствия глобального потепления и ставящих тем самым под угрозу будущее своих стран и народов. Премия была объяв-

ний подразумевает лишь обеспечение постоянных темпов роста, когда в лучшем случае учитываются интересы будущих поколений, в том числе в процессе эксплуатации природных ресурсов и поддержания приемлемого уровня климатических изменений. Устойчивый рост не гарантирует полного использования потенциала положительных внешних эффектов и игнорирует такое важное условие максимизации функции общественного благосостояния, как инклюзивность роста, под которой понимаются предоставление всем экономическим агентам равных возможностей и рост их благосостояния. Ее роль была подробно раскрыта Асемоглу и Робинсоном при анализе инклюзивных и экстрактивных институтов в исторической перспективе (Acemoglu, Robinson, 2012). Необходимость учета инклюзивности развития подтверждается принятым решением на мировом экономическом форуме в Давосе готовить ежегодные доклады по «Инклюзивному росту и развитию». В разделе показателей инклюзивности анализируются следующие страновые показатели: медианный доход домохозяйств, уровень бедности, индекс неравенства доходов Джини и индекс неравенства богатства Джини. Следует отметить, что в группе показателей по устойчивому межпоколенческому развитию есть показатель углеродной интенсивности ВВП (URL: <http://reports.weforum.org/the-inclusive-development-index-2018/>).

* **Воробьев Виктор Анатольевич** (vorobiev_v@bseu.by), доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономической теории Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь);
Майборода Татьяна Леонидовна (mtv_1@tut.by), кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической теории Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь).

лена через несколько часов после того, как в ООН предупредили, что если в ближайшее десятилетие не удастся удержать глобальное потепление на уровне 1,5 °С, то наводнения, засухи и экстремально высокие температуры могут угрожать сотням миллионов людей. Для противодействия этому необходимы осознание политиками глубины проблемы и международное сотрудничество в ее решении³.

П. Ромер на звонки из Стокгольма не ответил – говорит, что принял их за телефонный спам, но скорее всего он боялся вновь разочароваться⁴. В последние десятилетия Нобелевский комитет редко отмечал макроэкономические исследования: если в 1970–1980-х годах макроэкономистам присуждалась каждая вторая премия, то в 1990–2010-х – только каждая пятая. И у Ромера есть этому свое объяснение. В 2015 г. он опубликовал эссе, в котором подверг критике некоторых получивших ранее Нобелевскую премию экономистов (среди них – Э. Прескотт, Ф. Кидланд) за злоупотребление математикой в экономических исследованиях, которое затрудняет понимание, а не проясняет экономические идеи, что позволяет псевдонаучным теоретическим построениям маскироваться под научные (Romer, 2015). Но проблема даже не в том, что отдельные макроэкономические теории противоречат фактам, а в том, что ученые-макроэкономисты в целом толерантны к ошибочным теоретическим построениям коллег (когда уважение к лидерам превращается в их почитание в ущерб научной истине), и это разрушает науку и ее престиж в большей степени, чем появление ошибочных теорий (Romer, 2016).

В рамках интервью при обсуждении роли инноваций в экономическом развитии Ромер подчеркнул, что его теория оптимистична для стран, которые сегодня отстают в научно-техническом прогрессе. Им

³ URL: <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2018/nordhaus/interview/>

⁴ В Стокгольм П. Ромер перезвонил сам. И в начале беседы ему напомнили о том, что несколько лет назад Нью-Йоркский университет по ошибке выпустил пресс-релиз о получении им премии. Ромер с иронией дополнил, что аналогичный эпизод произошел с ним еще ранее в Стэнфорде. URL: <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2018/romer/interview/>

не нужно изобретать колесо – они могут воспользоваться тем, что уже создано. Необходимо выяснить, какие препятствия в этих странах существуют на пути потока знаний и что могут сделать правительства для их устранения и обеспечения быстрого экономического роста. Важно, например, максимально открыть доступ к системам университетского образования и научиться использовать возможности, которые предоставляет урбанизация.

У. Нордхаус и П. Ромер не ограничивали личную деятельность академическими кругами, а приложили значительные усилия к практическому внедрению своих идей. Нордхаус был одним из первых сторонников налога на выбросы углекислого газа в атмосферу и построил модели оценки стоимости изменения климата, которые можно использовать для разработки экономической политики. Созданный Ромером в 2000 г. образовательный портал «Aplia» убедительно доказывает, что однажды сгенерированные идеи широко и легко распространяются при незначительных предельных издержках. Портал занимается разработкой технологий в сфере образования и предлагает онлайн-обучение по многим университетским курсам с надежной обратной связью – изо дня в день он содействует обучению миллионов людей во всем мире⁵.

Академическая карьера нобелевских лауреатов

Пол М. Ромер родился 7 ноября 1955 г. в Денвере (штат Колорадо). Получил степень бакалавра математики в Чикагском университете (1977), там же в 1983 г. под руководством Х. Шейнкмана и Р. Лукаса защитил докторскую диссертацию (после обучения в аспирантуре Массачусетского технологического института и Университета Куинс в Кингстоне). В настоящее время он – профессор экономики школы бизнеса Леонарда Н. Стерна Нью-Йоркского университета. Здесь же Ромер возглавляет Институт управления городским хозяйством Мэррона, сотрудничающий с гражданскими организациями с целью улучшения управления городами, и руководит про-

⁵ URL: <https://www.aplia.com/>

ектом «Урбанизация», в рамках которого проводятся прикладные исследования возможного использования быстрого роста городов для генерирования новых знаний, ускорения экономического роста и проведения системных социально-экономических реформ в развивающихся странах.

До Нью-Йоркского университета П. Ромер преподавал в Высшей школе бизнеса Стэнфордского университета, еще ранее – на экономических факультетах Калифорнийского университета в Беркли, Чикагского и Рочестерского университетов. Он является научным сотрудником Национального бюро экономических исследований, членом Американской академии искусств и наук. В 2016–2017 гг. был главным экономистом Всемирного банка. Отмечен премией Ректенвальда (2002) за исследования роли идей в поддержании экономического роста⁶.

Уильям Д. Нордхаус родился в Альбурке (штат Нью-Мексико) 31 мая 1941 г. Получил степень бакалавра (1963) и магистра (1973) в Йельском университете. Докторскую диссертацию подготовил и защитил под руководством Р. Солоу в Массачусетском технологическом институте в 1967 г. В этом же году начал преподавать экономику в Йельском университете, а через семь лет стал профессором экономики Йельской школы лесного хозяйства и изучения окружающей среды.

В 2014 г. У. Нордхаус занимал почетную должность Президента Американской экономической ассоциации. Он избран членом Национальной академии наук США, Американской академии искусств и наук, Шведской академии инженерных наук. В течение многих лет входил в Совет директоров Федерального резервного банка Бостона, являлся его председателем. С 1967 г. по настоящее время сотрудничает с Национальным бюро экономических исследований⁷.

В 1985 г. П. Самуэльсон пригласил У. Нордхауса в качестве соавтора двенадцатого издания своего знаменитого учебника «Экономика». К настоящему времени на английском языке учебник выдержал де-

вятнадцать изданий, каждый раз представляя перед читателями обновленным и учитывающим современные тенденции в экономической науке.

Что объединяет научные усилия лауреатов

Работы П. Ромера и У. Нордхауса раздвинули границы экономической науки и обратили внимание на провалы рынка в достижении сбалансированного долгосрочного экономического развития. Они посвящены решению глобальных и долгосрочных макроэкономических проблем, имеют общую методологическую основу и развивают методологию анализа долгосрочного экономического роста⁸. Можно сказать, что в рамках своих исследований оба ученых ищут пути достижения оптимального долгосрочного роста через точную оценку и интернализацию положительных и отрицательных внешних эффектов.

Расширение области экономической науки: знания и природа. Изучение того, как человечество справляется с проблемой ограниченности ресурсов, составляет предмет экономической науки. Наиболее важные ограничения задаются знаниями и природой, которые становятся в работах Ромера и Нордхауса неотъемлемой частью экономического анализа. Исследования обоих лауреатов опираются и накладываются на другие науки. В то время как технические знания обычно воспринимались экономистами как данности, Ромер увидел экономическую обусловленность границы знаний. Аналогичным образом Нордхаус показал, что глобальный климат (в широком смысле – природа) не только влияет на общество и его экономическую деятельность, но и зависит от них.

Провалы рынка. Оба лауреата указывают на существование внешних эффектов, которые при отсутствии продуманного государственного регулирования приведут к

⁶ About Paul Romer. URL: <https://paulromer.net/about-paul-romer/>

⁷ URL: <https://drive.google.com/file/d/1JkpyPHUgb8v-LBSPGa-rbS2gBaY3WolY/view>

⁸ Здесь и ниже используются пресс-релизы Нобелевского комитета: Economic growth, technological change, and climate change. The Committee for the Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel (URL: <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/10/advanced-economic-sciencesprize2018.pdf>); Integrating nature and knowledge into economics. The Committee for the Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel (URL: <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/10/popular-economicsciencesprize2018.pdf>).

неоптимальным результатам. В работах Ромера эти эффекты преимущественно положительны и связаны с распространением знаний – новые идеи могут использоваться всеми для производства новых товаров и других идей. В работах Нордхауса они преимущественно отрицательны – выбросы парниковых газов неблагоприятно влияют на климат. В результате наблюдаются расхождения между частными и общественными выгодами или частными и общественными издержками. Решение проблемы возможно с использованием таких инструментов экономической политики, как корректирующие субсидии или налоги, патенты, стандарты или квоты на выбросы. Для результативных государственных решений необходима количественная оценка наблюдаемых внешних эффектов.

Глобальные и долгосрочные проблемы. Исследования лауреатов связаны с глобальным и долгосрочным ростом. Вне зависимости от места происхождения новые идеи и новые технологии могут использоваться в других странах. Аналогичным образом дополнительная единица выбросов углерода, где бы они ни происходили, влияет на глобальный энергетический баланс, порождая глобальное потепление.

Общая методологическая основа и ее развитие. Исследования обоих лауреатов имеют одну отправную точку – теорию роста Р. Солоу, и каждый из них существенно развивает эту теорию.

В своем подходе к пониманию экономического роста Солоу не обратился к его первопричине – он рассматривал технологии, являющиеся источником роста и благосостояния, как экзогенную переменную. Ромер, напротив, сосредоточил внимание на том, как рыночная экономика обеспечивает разработку новых технологий с помощью ориентированных на прибыль НИОКР (research and development, R&D). Его теория эндогенного роста рассматривает идеи как важнейший источник экономического роста и уточняет их свойства, предпосылки для производства и роль государства в этом процессе.

Вклад Нордхауса в развитие модели Солоу заключается в раскрытии взаимодействия климата и экономики. Он усовершенствовал модель Солоу тремя важными ме-

ханизмами, раскрывающими, в частности, как концентрация углекислого газа в атмосфере обуславливается экономической активностью, насколько глобальная температура зависит от этого процесса и как экономическая активность и благосостояние людей определяются глобальной температурой. Здесь точно так же, как и в случае с НИОКР и созданием знаний, рыночная экономика порождает неэффективные будущие результаты на глобальном уровне. Н. Стерн образно выразил эту идею следующим образом: «Изменение климата является следствием самого большого провала рынка, который видел мир» (Stern, 2007).

II. Ромер – интеграция знаний в теорию долгосрочного экономического роста

Эмпирическая отправная точка исследования. Два последних столетия мировая экономика растет значительными и относительно устойчивыми темпами. Когда несколько процентов экономического роста в год накапливаются на протяжении десятилетий и столетий, жизнь людей преобразуется. Но в течение большей части человеческой истории глобальный экономический рост вообще отсутствовал. Существенно различаются темпы роста и от страны к стране. Ромер наблюдал это в начале своей научной деятельности – существовал большой разрыв (около десяти процентных пунктов) между наиболее быстро и самыми медленно растущими странами, одни бедные страны показывали высокие темпы роста, а другие экономически деградировали. Экономическая наука должна была объяснить причины таких значительных различий в темпах роста, и это мотивировало Ромера в его научном поиске (Romer, 1986, 1987).

Базовая модель и ее недостатки. Модель роста Р. Солоу стала основой для описания задач и постановки узловых вопросов в современной теории экономического роста (Solow, 1956). Важнейший ее вывод состоит в том, что для понимания долгосрочного экономического роста необходимо осмыслить роль накопления капитала, прироста численности населения и технологического прогресса. Это модель с закрытой экономикой, что, как ни удивитель-

но, делает ее удобной для разработки проблем глобального экономического роста.

Согласно модели Солоу увеличение нормы накопления капитала (нормы сбережений) обеспечивает рост уровня выпуска на душу населения, но эффект не является долговременным – после достижения экономикой нового устойчивого уровня капиталовооруженности рост прекратится. При этом в течение перехода к новому устойчивому состоянию темпы роста превышают долгосрочные, что частично объясняет, почему страны с низким начальным запасом капитала (в силу разных причин, например военных действий на их территории или социальных потрясений, приведших к разрушению и деградации физического капитала) могут временно показывать более высокие темпы роста в сравнении с преуспевающими странами.

Увеличение темпов роста населения в модели Солоу хотя и повышает уровень выпуска, сопровождается снижением дохода на душу населения. Это объясняет, почему одни страны богаче других (даже при равных нормах накопления капитала и темпах технологического прогресса): первые имеют более низкие темпы роста населения и, соответственно, более высокий уровень капиталовооруженности и производительности труда.

В качестве единственного фактора устойчивого долгосрочного роста выпуска на душу населения в модели Солоу рассматривается технологический прогресс⁹, но определен он в ней экзогенно, вне влияния на него экономических стимулов. Экзогенными переменными являются и норма сбережений¹⁰ (норма накопления капитала), норма амортизации и темп роста населения. В траектории сбалансированного роста выпуск на душу населения и капиталовооруженность труда растут темпом, равным экзогенно заданному темпу роста технологического прогресса. Изменения в экономической политике, согласно Солоу, мо-

гут обеспечить временное увеличение темпов роста по мере движения экономики к новому устойчивому состоянию, но не воздействуют на долгосрочные темпы роста.

Важнейший прогноз, сделанный на основе модели Солоу, заключался в том, что бедные страны должны расти быстрее и постепенно догонять богатые (из-за более низкой предельной производительности капитала в странах с более высокой капиталовооруженностью и получения развивающимися странами доступа к современным технологиям). Но теоретически обоснованная конвергенция в экономическом развитии стран не подтверждается на практике – наблюдаются постоянные и значительные различия в темпах роста¹¹.

Если технологический прогресс оказывает столь существенное влияние на развитие экономики, правомерно поставить вопросы, какие факторы его определяют, что заставляет некоторые фирмы совершенствовать технологии и каковы условия эффективного использования нововведений. В середине 1980-х годов Ромер приступил к разработке теории эндогенного экономического роста¹², в которой технологические

¹¹ У. Баумоль на основе статистических данных показал наличие конвергенции между одними странами и ее отсутствие среди других. Если же рассматривать большие группы стран, то бедные страны растут не быстрее богатых (Romer, 1986). Только когда нормы накопления капитала, нормы амортизации, темпы роста численности населения и темпы технологического прогресса одинаковы для экономик разных стран, можно наблюдать конвергенцию. Но в действительности экономики различных стран мира имеют неодинаковый устойчивый уровень капиталовооруженности (Джонс, Воллрат, 2018).

¹² В своей первой значительной работе по проблемам экономического роста Ромер рассматривает накопление знаний как процесс, сопутствующий накоплению физического капитала (или росту капиталовооруженности), когда работники компаний обучаются в производстве на собственном опыте (Romer, 1986). Поскольку новые знания являются общественным благом и доступны работникам всех фирм, возникают технологические переливы, схожие с экстерналиями от человеческого капитала, которые позже анализируются в статье Лукаса (Lucas, 1988). Ромер сделал предположение о крупных объемах технологических переливов, что обеспечивает постоянный технологический прогресс и является главным источником экономического роста. Присутствует возрастающая отдача от масштаба, когда большая по размерам экономика (с большим населением) имеет более значительные технологические переливы и больший рост (при отсутствии убывающей отдачи от капитала). Модель накопления знаний (обучения в процессе деятельности) позволяет «эндогенизировать» технологические изменения, но делает это без явной спецификации издержек и выгод от инвестиций в физический капитал или новые технологии (Асемоглу, 2018). Она была развита позднее в работе (Rebelo, 1991).

⁹ Трудосберегающий технологический прогресс в модели Солоу влияет на эффективность труда и ведет к росту количества работников с постоянной эффективностью труда.

¹⁰ Сбережения становятся эндогенной переменной в неоклассической модели роста Рамсея–Касса–Купманса, которая включает строгое описание механизма принятия экономических решений домохозяйствами и конкурентными фирмами.

нововведения становятся результатом целенаправленной рыночной деятельности. Чтобы объяснить постоянный долгосрочный рост (и различия в его темпах), Ромер сделал предположение, что со временем труд становится все более производительным в результате технологических нововведений, хотя и с разной скоростью в различных странах. Он показал, как идеи и новые технологии могут быть созданы в условиях рыночной экономики, как эндогенные технологические изменения обеспечивают рост и какая экономическая политика необходима для содействия этому процессу.

Идеи как неконкурентное и частично исключаемое благо. В теории экономического роста под технологией понимается способ создания товаров и услуг с использованием ограниченных производственных ресурсов. Уровень технологий повышается благодаря появлению новых идей. Применение новых технологий позволяет при заданных ресурсных ограничениях выпускать больше товаров и услуг и улучшать их качество¹³. Ромер раскрыл связь между экономикой идей и экономическим ростом, которая может быть описана следующим образом: *неконкурентность идей* как их важнейшее свойство обуславливает *возрастающую отдачу от масштаба*, а модель, основанная на таком допущении, обязательно предполагает наличие *несовершенной конкуренции*.

В отличие от идей (знаний) физический капитал и человеческий капитал¹⁴ являются конкурентными благами. Одна и та же единица капитала или труда не может использоваться несколькими производителями одновременно. Идеи, напротив, являются неконкурентным благом – применение определенной идеи для увеличения

производительности одной фирмой не препятствует ее использованию другими фирмами и, возможно, приведет к повышению их производительности (Romer, 1986; 1990). Как только идеи появляются, все, кто знаком с ними, могут ими воспользоваться, т. е. обнаруживается положительный внешний эффект, за который разработчики вознаграждения не получают.

Неконкурентность идей предопределяет возрастающую отдачу от масштаба. Конкурентное благо должно производиться каждый раз, когда на него находится очередная покупатель – предполагается постоянная отдача от масштаба. Неконкурентное благо создается один раз, и появление новых потребителей не ухудшает положения предыдущих. Это означает, что в производстве неконкурентных благ предельные издержки равны нулю, т. е. присутствует возрастающая отдача от масштаба. Допустим, для создания новой технологической идеи от фирмы требуются значительные однократные затраты для проведения НИОКР, которым и будут равны издержки производства первой единицы продукта с применением этой технологии. В дальнейшем производство конкурентных продуктов на основе новой технологии с использованием стандартных факторов производства (капитала и труда) будет демонстрировать постоянную отдачу от масштаба по этим ресурсам. Но общие средние издержки на производство продуктов новой технологии будут постоянно снижаться, поскольку первоначальные затраты, связанные с НИОКР, должны распределяться на все большее количество товаров, т. е. агрегированная производственная функция обладает свойством возрастающей отдачи от масштаба по трем факторам производства (капитал, труд, технологии).

Стимул к созданию идеи в модели Ромера зависит от прибыли (частной выгоды)¹⁵, которую собирается получить разра-

¹³ В то время как в модели Ромера технологические изменения представляются как рост разнообразия товаров, доступных в экономике, в альтернативных моделях эндогенного роста (Aghion, Howitt, 1992; Grossman, Helpman, 1991) технологический прогресс основан на повышении качества уже существующих товаров, когда на смену существующим технологиям их производства приходят новые. Эти модели называются шумпетерианскими, поскольку основаны на идеях Й. Шумпетера, рассматривавшего капитализм как процесс созидательного разрушения, в рамках которого более производительные технологии приходят на смену прежним.

¹⁴ Модель Солоу с человеческим капиталом представлена в работе (Mankiw, Romer, Weil, 1992).

¹⁵ Вопрос о том, стимулируются ли инновации научными открытиями в определенных отраслях знаний (экзогенным процессом накопления научных и инженерных знаний) или связаны с мотивом максимизации фирмой прибыли, является дискуссионным. Академический ученый, исследования которого поддерживаются из бюджетного фонда фундаментальных исследований, не мотивирован рыночными стимулами. Но большинство экономистов вслед за

ботчик, а не от общественной полезности нововведения. В условиях возрастающей отдачи от масштаба установление цены на продукт новой технологии на уровне предельных издержек повлечет понесение убытков для ее создателя – ни одна фирма не будет вкладывать средства в НИОКР и не захочет работать на данном рынке. Фирма придет на рынок, только если сможет назначить цену выше предельных издержек, чтобы компенсировать значительные первоначальные затраты на разработку продукта. Стимулом для производства новых идей и новых товаров выступает получаемая в долгосрочном периоде экономическая прибыль, что предполагает наличие у производителя монопольной власти¹⁶. Это позволяет сектору НИОКР функционировать (условия совершенной конкуренции не могут обеспечить инвестиции в развитие новых технологий в достаточном объеме), но и определяет его недостаточную эффективность и необходимость государственного регулирования. Однако поскольку несовершенная конкуренция возникает из-за неконкурентности идей и является необходимым условием экономического роста, постольку антимонопольное регулирование должно учитывать эту особенность рынка НИОКР.

Предположение о наличии у производителей знаний монопольной власти заставляет думать об идеях как исключаемом благе, если есть какая-то возможность пре-

Ромером склонны считать, что мотив получения прибыли играет намного более важную роль, и спрос на инновации является ключевым фактором в понимании технологического прогресса (Romer, 1990). Если стимул получения экономической прибыли – основная причина технологических изменений, то размер рынка, на котором данная технология или продукт будут использованы, становится ключевым фактором, определяющим динамику инноваций (Romer, 1990; Асемоглу, 2018). Кроме того, важную роль играет фактор институционального несовершенства связей между фундаментальными и прикладными исследованиями. Первые выступают источником множества вариаций последних и обеспечивают резкие подъемы в технологических инновациях (длинные циклы Кондратьева), но не всегда есть условия и мотивация для такого перехода, фундаментальные разработки могут не находить своего рыночного применения.

¹⁶ Ромером рассматривается случай монополистической конкуренции (Romer, 1990). Он считает несостоятельной в научном плане критику его подхода со стороны Лукаса и Прескотта, которые даже не рассматривают саму возможность при разработке проблем экономического роста отклоняться от моделей конкурентного ценообразования (Romer, 2015).

дотратить их использование всеми желающими. Для некоторых идей, например результатов фундаментальных исследований, это сложно или даже невозможно¹⁷ – поэтому их производство рынком не может быть обеспечено. Однако потребление многих идей вполне исключается с помощью технических мер (например шифрования¹⁸) или законов о патентах¹⁹, что и определяет несовершенный тип рыночной структуры в сфере НИОКР. Именно патенты делают идеи исключаемым благом и наделяют новаторов монопольным правом на использование изобретений в течение некоторого времени, для того чтобы могли окупиться понесенные ими издержки. Норт считал, что становление системы прав на интеллектуальную собственность в течение последних двух столетий является основной причиной современного экономического роста (Норт, 1997). Неконкурентные и исключаемые идеи предоставляются рынком (хотя и в недостаточном количестве), создание неконкурентных и неисключаемых знаний невозможно без участия государства (например через финансирование им фундаментальных научных исследований в университетах).

Ключевое отличие модели Ромера от модели Солоу заключается во введении в нее уравнения, описывающего динамику технологического прогресса. В неоклассической модели уровень технологий рос экзогенно заданным постоянным темпом. В модели Ромера общее количество инноваций находится в прямой зависимости от численности населения: чем она выше, тем больше число исследователей, соответственно, больше новых открытий (при этом наблюдается поло-

¹⁷ И конкурентные, и неконкурентные блага могут различаться по степени исключаемости (Romer, 1993). Неконкурентные блага, отличающиеся высокой степенью неисключаемости, являются чистыми общественными благами. Часть результатов фундаментальных научных исследований по своей природе неисключаема, например теорема Пифагора или чикагское уравнение количественной теории денег.

¹⁸ Под шифрованием понимается преобразование информации в целях сокрытия от неавторизованных лиц с предоставлением авторизованным пользователям доступа к ней.

¹⁹ Патент на изобретение, полезную модель, промышленный образец удостоверяет авторство, приоритет изобретения, полезной модели, промышленного образца и исключительное право на их использование. Срок действия патента в Республике Беларусь составляет от 5 до 20 лет.

жительный эффект масштаба, поскольку более широкий набор идей облегчает поиск новых), которые они могут совершить, и выше темпы технологического прогресса и дохода на душу населения.

Но наличия большой численности населения недостаточно для генерирования экономического роста. Еще одним важным следствием неконкурентности идей является так называемый эффект размера рынка. Если новую идею, после того как она была создана, могут использовать многие фирмы одновременно, то размер рынка будет основным фактором, определяющим прибыльность применения этого знания и стимулы фирм проводить исследования – неконкурентную идею можно использовать для производства сколь угодно большого количества товаров без дополнительных издержек. Поэтому выход на мировые рынки важен для увеличения темпов экономического роста (Romer, 1990).

Выводы и результаты, полученные на основе модели Ромера, хорошо согласуются с историческими фактами. В течение последних двух столетий наблюдается беспрецедентный устойчивый быстрый рост численности населения, уровня технологий и дохода на душу населения (Jones, Romer, 2010). А историю человечества до промышленной революции характеризуют именно отсутствие системы прав собственности и близкий к нулю рост населения²⁰.

Рыночные несовершенства и политика. Несмотря на то, что вознаграждение предпринимателей и новаторов за изобретения, которое обеспечивает рынок, существенно, оно меньше, чем выгоды общества от новых знаний, созданных успешными НИОКР²¹.

²⁰ Фундаментальной причиной межстрановых различий в темпах экономического роста и уровнях дохода на душу населения являются экономические институты. Они обеспечивают функционирование механизма экономических стимулов в обществе. В отсутствие четко определенных прав собственности у агентов нет стимулов к внедрению более эффективных технологий. Общества, в которых экономические институты способствуют инновациям, будут более богатыми, чем общества, в которых подобные институты отсутствуют. Технология как непосредственный источник экономического роста и институты, которые оказывают влияние на стимулы к инвестированию в технологии, рассматриваются теориями эндогенного роста как его причины (Асемоглу, 2018).

²¹ Рынок не гарантирует, что уровень занятости в инновационном секторе будет оптимальным, поскольку суще-

Кроме того, поскольку рыночные стимулы для НИОКР приходят в форме монопольной прибыли, наблюдается недопроизводство новых товаров как следствие несовершенной конкуренции. Для решения этой проблемы необходимы хорошо разработанные меры государственного регулирования, такие как субсидии на НИОКР²² и компетентное патентное регулирование. Ромер убежден, что такая политика имеет жизненно важное значение для долгосрочного роста не только внутри страны, но и во всем мире. При этом очень важно, чтобы законодательные акты о патентах обеспечили правильный баланс между мотивацией к созданию новых идей, предоставляя некоторые монопольные права разработчикам, и возможностью для других использовать их, ограничивая эти права во времени и пространстве.

«Стилизованные» факты Калдора. В 1961 г. Н. Калдор сформулировал шесть «стилизированных» фактов²³, чтобы проверить разработанные к тому времени теоретические модели экономического роста на соответствие эмпирическим закономерностям экономического роста и определить повестку дня будущих исследований. В 2010 г. Ромер

стуют положительные и отрицательные внешние эффекты, связанные с производством инноваций. Во-первых, рыночная оценка не учитывает того, что нововведение может использоваться для создания следующих инноваций, т. е. позволит ученым в будущем работать с большей отдачей. Во-вторых, поскольку стимул для инноваций (экономическая прибыль несовершенного конкурента) меньше, чем выгоды общества, постольку исследований будет меньше, нежели общество желало бы иметь. В-третьих, когда ученые параллельно создают одну и ту же идею (например, Солоу и Сван почти в одно и то же время независимо друг от друга разработали основы неоклассической теории роста), это снижает общую производительность исследований – количество ученых больше по сравнению с оптимальным (Джонс, Воллрат, 2018). В модели Ромера полагается, что положительные эффекты от создания НИОКР в точности компенсируют отрицательные (Romer, 1990).

²² Как и в модели Солоу, в модели Ромера увеличение нормы накопления капитала или доли населения, занятого в секторе НИОКР, влияет только на уровень дохода на душу населения, а не на темпы его роста. Государственное субсидирование, которое приведет к росту доли рабочей силы, занимающейся исследованиями и разработками, вызовет увеличение темпов роста экономики, но только временно, пока она переходит к новому устойчивому состоянию (Джонс, Воллрат, 2018).

²³ «Стилизованные» факты Калдора: устойчивые темпы роста производительности труда и капитала на одного работника; стабильные реальная ставка процента, соотношение капитала и объема выпуска, доли капитала и труда в национальном выпуске; среди быстрорастущих стран мира отличия в темпах роста выпуска и производительности труда достигают порядка 2–5% (Jones, Romer, 2010).

и Джонс проделали то же самое, чтобы прогресс в развитии теории экономического роста от 1960-х годов до 2000-х стал для всех более очевиден (Jones, Romer, 2010):

1) рост масштаба рынка для всех экономических субъектов: глобализация и урбанизация увеличили потоки товаров, идей, финансов и людей внутри стран и между ними;

2) относительно высокие темпы роста населения и выпуска на душу населения в последние два столетия и практически нулевые – в течение многих предшествующих веков;

3) меньшие отклонения в темпах роста ВВП на душу населения в группе самых богатых стран в сравнении с группой беднейших стран – среди последних одни отличаются очень высокими темпами роста, другие демонстрируют огромные упущенные возможности;

4) значительные межстрановые различия в ВВП на душу населения менее чем наполовину могут быть объяснены различиями в совокупной факторной производительности;

5) быстро растет во всем мире человеческий капитал на одного работника;

6) долгосрочная стабильность относительной заработной платы квалифицированных и неквалифицированных работников, несмотря на рост доли первых в общей численности занятых.

В отличие от фактов Калдора, которые вращались вокруг одной переменной – физического капитала, обновленные «стилизированные» факты отражают эмпирические зависимости между такими переменными, как идеи, институты, население и человеческий капитал. Именно эти переменные включены в современные динамические модели роста, чтобы объяснить главную эмпирическую закономерность последних столетий, состоящую в ускорении роста.

Мета-идеи Пола Ромера. В последние годы Ромер сосредоточился на разработке мета-идей, которые содействовали бы ускорению экономического роста в развивающихся странах. Если идеи помогают создавать новые технологии и новые продукты, то мета-идеи поощряют производство и передачу идей, это – идеи об идеях. Для

развивающихся стран приоритет заключается в том, чтобы найти способ применить проверенные стратегии, успешно использованные развитыми странами. К мета-идеям Ромер относит:

1) идею о роли быстрого роста городов в создании и распространении новых знаний и ускорении экономического роста;

2) идею об исключительной роли рыночного механизма в организации сотрудничества живущих в городах больших групп людей, которые производят новые идеи, делятся ими и учатся друг у друга;

3) идею о необходимости государственной поддержки системы исследовательских университетов, преуспевших в создании фундаментальных знаний и делающих их доступными для всех.

Мегаполисы, по мнению Ромера, генерируют разнообразные положительные внешние эффекты для огромного круга экономических агентов, создают питательную среду для научно-технического прогресса и новых форм предпринимательства. Одна из основных проблем, над которой работают исследователи Нью-Йоркского университета в рамках проекта «Урбанизация», – это желание сотен миллионов людей переселиться в большие города. Они не бьют тревогу, а считают это хорошей идеей и находятся в поиске путей ее реализации, которой можно достичь двумя способами: расширением существующих или построением новых городов. В выступлении на TED в 2009 г. Ромер обосновывает предпочтительность второго варианта для многих развивающихся стран²⁴. Он раскрывает свою инновационную идею *города хартии*, в соответствии с которой в тех развивающихся странах, правительства которых погрязли в коррупции, бюрократии и сталкиваются с «плохими» законами, важно создавать большие города с нуля. Эти города будут жить по собственному гражданскому кодексу – хартии. Они смогут импор-

²⁴ TED (*technology, entertainment, design*) – американская некоммерческая организация, миссия которой – распространять уникальные идеи. На TED.com создан информационно-просветительский центр свободно распространяемых знаний от самых глубоких современных мыслителей, представляющих более чем 100 стран. URL: https://www.ted.com/talks/paul_romer

тировать институты и рыночные механизмы развитых стран по своему усмотрению, создадут привлекательные условия для инвесторов и бизнеса, станут центрами инноваций. Города хартии привлекут инициативных и наиболее творческих людей, а также предоставят остальному населению страны, на территории которой будут создаваться, возможность попробовать свои силы в иных экономических условиях.

Успех подобных городов может затем распространиться на всю страну, способствуя ускорению экономического роста. Для подтверждения своей идеи Ромер обращается к экономической истории Китая, где с 1970-х годов происходила постепенная смена правил, регулировавших экономическую деятельность, что обеспечило значительный экономический рост. Два самых интересных прецедента для города хартии – Гонконг и Шэньчжэнь. В случае Гонконга законы были написаны британскими колонIALИСТАМИ. В Шэньчжэне само китайское правительство захотело проверить возможности рыночных механизмов.

Ромер подчеркивает, что для некоторых развивающихся стран города хартии – острая необходимость, а не абстрактная концепция, поскольку граждане этих стран из-за бедности, безработицы и беззакония стремятся переехать жить и работать в другие страны (сегодня более 700 млн человек во всем мире хотели бы куда-то переехать). Именно для этих потенциальных экономических мигрантов необходимо строить города хартии. Неблагополучным странам стоит сдавать часть своих земель в аренду более развитым, чтобы те устраивали там поселения с принципиально другой инфраструктурой, экономикой и законами. Такие города хартии были бы своего рода анклавами, а коренное население могло бы заимствовать их институты и рыночные механизмы для улучшения экономики всей страны – человечество уделяет много внимания новым технологиям, однако чтобы попасть в будущее, нужны еще и новые законы, и новые правила игры.

Нередко идею города хартии рассматривают как очередное навязывание бога-

тыми нациями бедным своих законов с помощью подконтрольных им политических сил. Свобода от принуждения, предоставление выбора – основной аргумент Ромера против обвинений его проекта в пропаганде идей неокOLONIALИЗМА. «Единственным абсолютным принципом является приверженность прозрачности», – подчеркивает он. Практического воплощения эта концепция пока не получила. Эксперимент с созданием города хартии в Гондурасе с участием Ромера провалился на раннем этапе осуществления. «The New York Times» следующим образом описывает проблемы, с которыми идея Ромера столкнулась на практике: «Чтобы основать новый город с ясными новыми законами, вам сначала придется иметь дело с государствами, которые погрязли в старых»²⁵. В пресс-релизе Нобелевского комитета данная мета-идея идея Ромера не упоминается.

У. Нордхаус – интеграция природы в теорию долгосрочного экономического роста

Тогда как экономическая наука долгое время развивалась в русле «экономического империализма», захватывая другие гуманитарные научные направления, У. Нордхаус пошел другим путем – путем кооперации. Он смог найти точки соприкосновения с естественнонаучными исследователями, что ранее представлялось маловероятным ввиду совершенно разных методологических подходов. Его научный вклад в экономическую мысль заключается в обосновании сложной взаимосвязи экономического роста и климатических изменений.

Созданная Нордхаусом *модель комплексной оценки (IAM)* включает в себя следующие подсистемы: циркуляции углерода, изменения климата и экономическую модель, в которой глобальное потепление влияет на экономику и, наоборот, деятельность экономических агентов приводит к изменению выбросов углерода. Уникальность IAM состоит в сочетании уравнений, отражающих естественнонаучные процессы,

²⁵ URL: <https://www.nytimes.com/2012/10/01/world/americas/charter-city-plan-to-fight-honduras-poverty-loses-initiator.html>

которые развиваются по своим принципам, и уравнений, описывающих на основе неоклассических предпосылок и положений человеческое поведение²⁶. Ценой этого сочетания стали линейность модели и чрезмерное упрощение ее естественнонаучной составляющей, что может приводить к ненадежности выводов, как подчеркивал сам автор.

Полезность данной модели заключается не только в ее описательной способности раскрыть влияние той или иной экономической политики на климатические изменения, но и в возможности выбрать нормативные цели и определить оптимальный путь их достижения с минимальными издержками. Вероятные стратегии экономической политики ранжированы исходя из заданных показателей благосостояния: изменение их весов и величин будет определять те усилия, которые должны быть предприняты для оказания влияния на выбросы углерода.

В одной из первых своих статей по анализу влияния выбросов углекислого газа на климат и экономику Нордхаус подчеркивает необходимость перехода с локального уровня анализа проблемы на глобальный, осознания важности контроля над выбросами CO₂ (Nordhaus, 1975) в условиях, когда краткосрочное и долгосрочное влияние этих выбросов на человеческую деятельность плохо изучено. В статье дана оценка стоимости введения определенных ограничений на выбросы, которые оказываются достаточно небольшими (0,2% мирового ВВП), что свидетельствует о наличии относительно дешевых технологических способов сокращения выбросов, нужно лишь определить желаемые сроки, результаты и приложить политическую волю к решению этих вопросов. Основной акцент в ранних работах Нордхаус делает на количественные оценки выгод и издер-

жек влияния климатических изменений на человеческую деятельность²⁷.

Двадцать лет спустя Нордхаус представил первую версию *динамической интегрированной модели климата и экономики* (DICE), позже дополненную *региональной моделью* (RICE). Эти модели сочетают описание в динамике процессов циркулирования углерода, формирования энергетического баланса, изменения температур путем введения в модель Солоу (наряду с другими факторами выпуска – капиталом и трудом) переменной ископаемого углерода. Преимущество этих моделей заключается в их открытости и динамичности – возможность использования стандартных программных пакетов задает легкость их доработки и применения специалистами разных стран. В частности, на основе современных модификаций DICE/RICE сделаны расчеты Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК)²⁸.

В естественнонаучной части модели есть важная переменная, которая определяет угрозы для развития планеты – *равновесная чувствительность климата* (РЧК)²⁹. Это понятие отражает степень реакции климатической системы на изменение выбросов углерода и определяется как глобальное среднее приземное потепление вследствие удвоения

²⁷ Несмотря на консенсус специалистов в том, что негативные эффекты климатических изменений (подъем уровня океанов, сокращение биоразнообразия, учащение ураганов и наводнений) преобладают над положительными последствиями (повышение производительности ресурсов в сельском хозяйстве, расширение пригодных для хозяйственной деятельности земель в северных регионах), необходимо последние также принимать в расчет при построении корректной IAM-модели.

²⁸ МГЭИК (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) была создана в 1988 г. с целью предоставления всеобъемлющей оценки состояния знаний об изменении климата, его причинах, потенциальных последствиях и стратегиях реагирования. МГЭИК подготовила пять оценочных докладов, в настоящее время (до 2022 г.) идет шестой оценочный цикл. МГЭИК и Альберт Гор были награждены Нобелевской премией мира в 2007 г. за работу в области изучения изменения климата.

²⁹ Чем выше значение РЧК, тем большие прогнозируемые температурные изменения вызовет удвоение уровня концентрации CO₂, при этом каждый градус потепления приведет к существенному снижению осадков и другим последствиям для экологической системы. Следствием потепления на 3 °С, по некоторым оценкам, будет потеря 100 тыс. км² водно-болотных угодий и засушливых земель (URL: <https://hi-news.ru/research-development/prognozy-poglobalnomu-potepleniyu-stali-tochnee.html>).

²⁶ Основная сложность состоит в том, что если для экономических моделей существуют некие наборы (иногда произвольные) вводных предпосылок и условий, которыми должна соответствовать модель, то модель циркуляции выбросов имеет характер рекурсии и соответствует имеющимся данным о состоянии природной системы. Решение проблемы совместности и было основным прорывом в области изучения влияния климатических изменений на экономику.

концентрации CO₂. По оценкам МГЭИК³⁰, чувствительность климата, вероятно, находится в диапазоне 2–4,5 °С. Именно от величины РЧК зависят критический уровень температур, выбираемый в рамках международных соглашений, и последующие усилия по его недостижению.

Ключевым отличием моделей DICE и RICE от прошлых поколений IAMs стала *оценка экономического эффекта от глобального потепления*. Нордхаус применил индуктивный подход, собрав исторические микроэкономические данные о последствиях роста глобальной температуры для сельского хозяйства³¹, прибрежных районов, стоимости капитала, биоразнообразия и здоровья человека. Это позволило провести альтернативную оценку экономического эффекта и получить более точные результаты, которые особенно важны в междисциплинарных исследованиях. Как показал опрос коллег Нордхауса в области социально-экономических и естественнонаучных исследований, и те и другие склонны к большому разбросу во мнениях и могут как сильно недооценивать вероятности определенных событий (экономисты), так и крупно переоценивать их (климатологи) (Nordhaus, 1994).

Используя индуктивный подход, Нордхаус разделил физическую карту мира на клетки в 1° широты и долготы, собрал всевозможные экономические и естественнонаучные данные и создал базу данных G-Econ, вместившую информацию о более

чем 25 тысячах таких клеток. Это позволило проверить ряд гипотез о влиянии географического расположения и температур на экономическую активность (Nordhaus, 2006). В результате был получен «переворот связи климат–выпуск»: отрицательная связь между температурой и выпуском на душу населения (пик выпуска наблюдается при 12 °С среднегодовой температуры), и положительная – между температурой и выпуском на квадратный километр. Нордхаус затрудняется определить причинность этих связей, но подчеркивает, что география и климат выступают важными детерминантами региональных различий в доходах³². Кроме того, исследуя меры адаптации населения в разных странах к изменениям климата, многие отмечают возрастающее миграционное давление на более развитые страны с умеренным климатом.

В результате дальнейших исследований был выявлен такой компонент модели, как «катастрофическое влияние», выраженное в доле потерянного выпуска, уменьшающего возможности как потребления, так и инвестиций (все другие потери – жизней, активов – также выражены через него). Именно этот показатель в экономической части комплексной модели отражает негативные экстерналии изменения климата, так как решения отдельных экономических агентов в рамках модели Солоу повлиять на глобальное потепление не могут. Поскольку выбросы каждой фирмы малы и не оказывают воздействия на ее собственную производительность, а кумулятивный отрицательный эффект распространяется в рамках глобальной экономической системы, то в результате фирмы не интернализируют этот внешний эффект и наблюдается провал рынка, который нуждается в регулировании.

³⁰ Сам Нордхаус оценил РЧК в 2,9 °С, новое исследование (Cox, Huntingford, Williamson, 2018) позволило определить РЧК точнее: ее диапазон составляет 2,2–3,4 °С, что является более оптимистичным прогнозом по глобальному потеплению, чем прогноз МГЭИК.

³¹ Применив «рикардианский» подход к анализу влияния глобального потепления на сельское хозяйство США на примере изучения 3 тыс. фермерских хозяйств, авторы исследования проверили традиционную модель производственной функции, что позволило выявить значительную переоценку ею возможного ущерба от глобального потепления по сравнению с оценкой на основе IAMs. Во многом это связано со статичностью поведения фермеров в традиционной модели, тогда как если учитывать их способность к адаптации (переход к возделыванию теплолюбивых культур, смена стратегии ирригации и внесения удобрений, изменение целевого назначения земель), то прогнозируемый ущерб гораздо меньше, если изучаемой переменной выступает стоимость пахотных земель. В случае выбора другой итоговой переменной – чистого дохода фермеров – наблюдается положительное влияние потепления на сельское хозяйство (Mendelsohn, Nordhaus, Shaw, 1994).

³² Как и в более ранних работах других экономистов по исследованию Африки, Нордхаус подтверждает, что ее неудачное географическое расположение в тропическом поясе, вызванные этим болезни являются важными факторами экономической активности. Географический фактор объясняет 20% различий между африканскими странами и индустриально развитыми регионами в темпах экономического роста и 12% – по сравнению со странами с умеренным климатом. Различия в институтах и экономической политике – также важные факторы дифференциации (Acemoglu, Robinson, 2012), но их влияние не должно переоцениваться: статистически они объясняют лишь одну треть изменений.

В рамках анализа соответствующей экономической политики трудным выбором для исследователей и политиков может стать выбор между исторически наблюдаемой нормой дисконтирования (определяющей распределение благ и последствий между текущим и будущим поколениями) и желательной с этической точки зрения ее величиной. Кроме того, IAMs допускают возможность анализа с разными нормами дисконтирования для индивидуальных домохозяйств и общества в целом, что может быть оправдано при анализе связи экономики и климата, так как будущий период гораздо продолжительней, чем в обычных экономических моделях. Разные нормы дисконтирования будут оказывать влияние на оптимальный уровень налогообложения, субсидии для домохозяйств и фирм с целью стимулирования сбережений и инвестиций³³.

При анализе различных регионов возникает проблема справедливого распределения благосостояния, так как одни регионы могут влиять на другие, что создает проблемы определения весов компонентов благосостояния в модели, оптимального налогообложения выбросов, международных субсидий и трансфертов. Региональная модель RICE особенно важна при рассмотрении выбора оптимального уровня выбросов разными странами в рамках некооперативной игры. Каждый регион³⁴, максимизируя только свою функцию благосостояния и принимая уровень выбросов других стран как заданный, будет склонен к перепроизводству выбросов, так как негативный эффект от них только частично оказывает влияние именно на этот регион. Ожидаемо, что при сравнении кооперативных и некооперативных стратегий регионов в первом случае удастся достигнуть гораздо большего снижения выбросов, но страны с высоким доходом понесут наибольшие потери (Nordhaus, Yang, 1996).

³³ Еще одним вариантом может стать попытка достичь Парето-эффективного состояния модели, но сам Нордхаус при поиске оптимальной экономической политики исходит из исторически сложившихся норм дисконтирования.

³⁴ В RICE мир состоит из восьми регионов: США, ОЭСР-Европа, другие страны с высоким доходом, Россия и Восточная Европа, страны со средним доходом, страны с доходом ниже среднего, Китай и страны с низким уровнем дохода.

Итоговая экономическая модель может быть решена двумя способами: исходя из рыночного равновесия, игнорирующего отрицательный внешний эффект изменения климата, и далее возможно рассчитать налог Пигу по текущей дисконтированной стоимости выбросов; с позиции централизованного управления, где негативные эффекты в виде эндогенного фактора учитываются «планировщиком» в процессе максимизации агрегированной функции благосостояния. Для достижения равновесия необходимо применение налогов или разрешений на выбросы. Если говорить о конкретных инструментах, то IAMs не дают ответа, что будет работать эффективнее – налоги на выбросы (контроль цен) или разрешения на выбросы (контроль объемов).

В современных исследованиях «климатической экономики» существует множество вариаций моделей, похожих на исходную модель Нордхауса. Он сам после тридцатилетнего поиска и развития IAMs подытожил ключевые полезные приложения этих моделей (Nordhaus, 2014). Они позволяют:

создавать прогнозы с согласованными компонентами входа и выхода;

вычислять, как альтернативные предпосылки формируют наиболее важные переменные – выпуск, выбросы, изменение глобальной температуры и ущерб;

отслеживать альтернативные стратегии экономической политики и оценивать затраты и выгоды от них;

проводить оценку неопределенностей, связанных с альтернативными переменными и стратегиями;

вычислять эффекты сокращения неопределенности относительно ключевых параметров или переменных, а также оценивать стоимость исследований и новых технологий.

Ввиду высокой степени неопределенности многих параметров моделей сложилась практика использовать *сценарный подход* к анализу различных вариантов экономической политики. Это позволяет прогнозировать дальнейшую траекторию развития (вероятности их наступления в рамках модели не рассчитываются), зависимость от вводных предпосылок. Практическая ценность их состоит в нахождении оптималь-

ного варианта действий при заданных внешних ограничениях, например чтобы не превысить определенный уровень глобального потепления.

Жизнеспособность этих сценариев во многом зависит от возможности компенсировать ущерб сторонам, которые проигрывают при изменении текущей политики. Однако отсутствие глобальной системы согласования интересов и выплат компенсаций делает на практике почти невозможным достижение всеобщего согласия по любым предложенным реформам. Поэтому важным является анализ хотя бы «второго наилучшего» сценария при заданных ограничениях с использованием моделей IAM. Имея несколько сценариев экономического развития, можно построить тренды на основе наилучшего приближения, медианной оценки параметров модели.

В качестве примера можно привести анализ Нордхаусом четырех сценариев: базовый (текущий объем выбросов остается без изменений, новые ограничения или налоги не вводятся), оптимальный (максимизация функции общественного благосостояния), температурно-ограничивающий (не более 2,5 °C глобального потепления) и сценарий Стерна (норма дисконтирования составляет 0,1% в год, сокращение текущего уровня выбросов CO₂ – 80% для стабилизации энергетического баланса в определенных пределах)³⁵. Для каждого из сценариев получен тренд роста выбросов CO₂ и температур (Nordhaus, 2017). Так или иначе, базовый сценарий демонстрирует, что если ничего не предпринимать, то будет

достигнут худший результат из всех возможных. Наличие такого сценария очень важно в моделировании возможных направлений экономической политики, так как позволяет увидеть разницу между тем, что есть, и тем, что желательно сделать.

Для того чтобы определить оптимальную ставку экологического налога, рассчитывается показатель *социальной стоимости углерода* (ССУ). Он отражает текущую дисконтированную стоимость ущерба от дополнительной единицы выбросов от ископаемого топлива и должен быть равен ставке налога для того, чтобы полностью интернализировать отрицательный внешний эффект от выбросов. Его оценка очень сильно зависит от выбранного для анализа сценария. В базовом сценарии на 2017 год лишь Европейский союз среди крупных игроков ввел налогообложение выбросов на уровне в 6 долл/т CO₂³⁶. Для сравнения, оптимальный сценарий предполагает глобальный налог на уровне в 30 долл/т CO₂, температурно-ограничивающий – в 181 долл/т CO₂ и сценарий Стерна требует налогообложения в размере 257 долл/т CO₂. Размер этих налогов будет быстро расти со временем, чтобы соответствовать темпам роста мирового ВВП и реальных заработных плат.

Неопределенность большинства параметров модели и колебания их величин в большом диапазоне значений представляет трудность не только для прогнозирования, но и для формирования обоснованных предложений для экономической политики. Сам Нордхаус подчеркивает, что эта слабость модели наибольшим образом проявляется в оценке

³⁵ 660-страничный отчет Стерна вышел в 2007 г., сильно повлиял на практику в области регулирования климата в Великобритании и вызвал продолжительные дебаты среди специалистов. Отчет подчеркивает необходимость немедленных и очень больших усилий со стороны правительств по сокращению выбросов, так как потенциальные потери в 5–20% мирового ВВП в будущем от климатических изменений значительно больше затрат на осуществление этой политики (1–2% мирового ВВП). Этот алармистский доклад подчеркивает необходимость большого объема инвестиций в решение проблемы в течение ближайших 10–20 лет, иначе последствия глобального потепления будут необратимыми (Stern, 2007). Полученные выводы и методы расчета вызвали критику со стороны многих специалистов, так как норма дисконтирования нереалистично низкая; оценки ущерба сильно отличаются от других подобных оценок в худшую сторону, тогда как оценка затрат слишком низкая; приоритет экологии перед другими глобальными проблемами для будущих по-

колений не обоснован; основные экологические последствия придутся на вторую часть XXI века, что ставит под вопрос достоверность хотя бы приблизительных значений параметров в таком долгосрочном прогнозировании. Сам Нордхаус считает, что следовало бы использовать более реалистичные рыночные оценки на основе текущих рыночных реальных ставок и норм сбережений (в DICE/RICE моделях – 1,5%). Кроме того, с его точки зрения, не были получены ответы на главные вопросы – «как быстро, как сильно и как затратно» должна быть проведена политика противодействия глобальному потеплению (Nordhaus, 2007).

³⁶ Расчет ССУ до 2018 г. вело Американское агентство защиты окружающей среды (EPA) для того, чтобы использовать этот показатель в анализе выгод и издержек федеральной политики регулирования выбросов. Использовалась модель DICE с различными значениями нормы дисконтирования, последняя доступная оценка составляла 36 долл/т CO₂ для нормы дисконтирования в 3%, 56 долл/т CO₂ – для 2,5%.

таких экономических переменных, как будущий выпуск, ущерб, ССУ. Но несмотря на то, что заманчивым представляется отложить решения по экологической политике на будущее, когда «туман неопределенности» рассеется, технологии и знания будут совершеннее, вывод из научных исследований прямо противоположен: с учетом неопределенности будущего усилия, выраженные в ССУ и соответствующих налогах, должны быть больше, а не меньше (Nordhaus, 2014). С этой позицией согласны и другие исследователи, считающие, что строгая политика в области климатических изменений должна работать как «страхование» от самых опасных, хоть и маловероятных, исходов, имеющих катастрофические последствия для человечества и планеты в целом (Wagner, Weitzman, 2015). В последних вариациях DICE/RICE-моделей учитывается существование «переломных моментов», когда негативные изменения становятся необратимыми, что увеличивает оценку ССУ минимум на 50% (Lontzek, Cai, Judd, Lenton, 2015).

Нордхаус уделяет большое внимание тому, чтобы модели DICE и RICE постоянно эволюционировали, оставались доступными, прозрачными, имели дружественный интерфейс и позволяли отражать все полученные новые знания. Изменения, внесенные в модель за 2018 г. (меньший уровень абсорбции океанами атмосферного углерода, экономическая оценка последствий тающих ледников и др.), повышают предполагаемый уровень ССУ, хотя его возможный диапазон остается чрезмерно широким (для 2016 г. 6–93 долл/т CO₂ для доверительного интервала в 95%) (Nordhaus, 2018).

Как в решении экологических проблем могут помочь технологии, исследования и знания, изучаемые Ромером и его последователями? В последних поколениях IAM-моделей технологии встроены как эндогенный фактор, выступающий формой реакции на климатические изменения и мерой экономической политики для борьбы с ними³⁷. Технологические изменения, сокра-

щающие стоимость предложения энергии и выбросы углерода, происходят путем «обучения через практику», но изменения осуществляются слишком медленно, если положительный эффект новых знаний не интернализируется. Вторым путем, как полагает Ромер, может стать поощрение целенаправленных исследований в области энергосбережения, биотоплива, что позволит с определенным временным лагом распространить эти знания в других регионах.

Как видно из данного обзора, исследование связи климатических изменений и экономики являются очень динамичной сферой сотрудничества специалистов в области естественных наук и экономистов, в которой еще слишком много вопросов и нерешенных задач. Главной целью представляется своевременное нахождение ответов на эти вопросы и принятие необходимых активных мер, чтобы климатические изменения не стали самым большим и печальным примером «трагедии общих ресурсов», исследованной первой женщиной-лауреатом премии памяти А. Нобеля по экономике Э. Остром.

Приоритетность кооперативной стратегии борьбы с климатическими изменениями

Опасность климатических изменений – предмет серьезного беспокойства многих специалистов и политиков. В частности, на «часах Судного дня»³⁸ в 2018 г. выставлено самое близкое к полуночи положение стрелок за всю историю (аналогичное значение было только в 1953 г.). Поводом для перевода стрелок условных часов вперед стали рост на-

логических инноваций, т. е. таких технологических и продуктовых инноваций, которые бы оказывали благоприятное воздействие на окружающую среду в долгосрочной перспективе с акцентом на сохранение природного капитала. К сожалению, текущий уровень развития технологий не позволяет сохранить весь имеющийся природный капитал, поэтому необходимо достичь хотя бы слабой устойчивости экологических инноваций, обеспечив институциональные условия компенсации истощения природно-ресурсного потенциала другими видами капитала (URL: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/56778/1/Vasilieva.pdf>).

³⁸ Проект журнала Чикагского университета, начатый в 1947 г. Время, оставшееся до полуночи (момент ядерного взрыва), символизирует напряженность международной обстановки и прогресс в развитии ядерного вооружения. Решение о переводе стрелок принимает совет директоров журнала и эксперты, среди которых, в частности, 18 лауреатов Нобелевской премии.

³⁷ Примером такой модели выступает мировая гибридная модель индуцированных технологических изменений (Bosetti, Carraro, Galeotti, Massetti, Tavoni, 2006). Как отмечает Е.Э. Васильева, существующие технологии и инновации часто имеют негативные экологические последствия, поэтому остро стоит вопрос поиска устойчивых эко-

пряженности в мире и проблема климатических изменений. В частности, 2017 год был самым теплым за 140-летнюю историю наблюдений: мировая температура на 0,84 °C превысила среднюю за данный период³⁹. Эти изменения зафиксированы в рамках общего тренда повышения глобальной температуры, начиная с 2014 г. Особенно тревожна такая динамика в условиях сокращающихся возможностей достижения цели в рамках Парижского соглашения: поддержание мировой температуры не более чем на 1,5–2 °C выше доиндустриального уровня.

Дополнительным осложнением на пути к этой цели стало несогласие некоторых мировых лидеров принять на себя эти обязательства – США вышли из Парижского соглашения, хотя являются второй экономикой в мире по эмиссии CO₂ в 2016 г. (16% от мирового объема). К сожалению, планетарный масштаб негативных последствий вредных выбросов не приводит к полному осознанию правительствами разных стран необходимости кооперации. «Проблема безбилетника» может уничтожить весь проект, если крупные игроки-лидеры будут избегать расходов на охрану окружающей среды, получая конкурентные преимущества в мировой торговле. Нордхаус отмечает, что на текущее время большинство стран придерживается некооперативной стратегии «обычного роста» (BAU: business-as-usual)⁴⁰. Вместе с тем достижение даже менее амбициозной цели в 2,5 °C технически возможно только в условиях беспрецедентной и нереалистично высокой кооперации стран в принятии жестких мер по борьбе с глобальным потеплением (Nordhaus, 2014). Дополнительную проблему создает очевидное несовпадение горизонта планирования и стандартных политических циклов в национальных экономиках.

Доклад «Обновление возможно», подготовленный в 2018 г. Шведским исследовательским центром *The Stockholm Resilience Institute*, изучает прогресс стран по ряду показателей и повторяет основную идею

³⁹ URL: <https://www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2018/01/18/2017-was-among-the-planets-hottest-years-on-record-government-scientists-report/>

⁴⁰ По расчетам (Nordhaus, Yang, 1996), оптимальный по Нэшу налог на выбросы при некооперативной стратегии составит всего лишь 1/25 от глобально оптимальной величины.

доклада 1972 г. «Пределы роста» – миру необходимы разработка, реализация и внедрение новых экономических моделей, способных обеспечивать устойчивое и социально справедливое развитие⁴¹. Авторы предложили четыре сценария мирового развития до 2050 г.: «Оставить как есть», «Ускорение», «Работаем усерднее», «Будем умнее», из которых лишь последний, самый маловероятный, способен предотвратить экологическую катастрофу полностью. В рамках этого сценария придется вводить поведенческие и социальные изменения, в том числе снижать уровень потребления в более обеспеченных странах мира. Необходимо будет также трансформировать систему ценностей в пользу самоограничений и экологического мышления⁴². Неизбежные последствия – замедление процессов глобализации и темпов роста – выступают скрытой ценой дополнительного государственного регулирования экономических субъектов.

В рамках данного доклада ученые рассматривают и новые экономические модели, в том числе модель *экономики нулевого или отрицательного роста (антироста)*. Важную роль в ней должны играть системные технологические и управленческие реформы и нововведения в глобальном масштабе. Но если концепция антироста представляется сугубо теоретической и непродуктивной на настоящий момент, сторонники *теории декаплинга* уверены, что можно сократить нагрузку на природную среду, сохранив экономический рост. Условием успешной реализации декаплинга считается усиление роли городов, так как плотные популяции можно более эффективно обеспечивать транспортом, отоплени-

⁴¹ URL: https://www.stockholmresilience.org/download/18.51d83659166367a9a16353/1539675518425/Report_Achieving%20the%20Sustainable%20Development%20Goals_WEB.pdf

⁴² В рамках поведенческой экономики уже предложен ряд интересных идей по изменению потребительских привычек: например, информирование о важности переработки мусора в долгосрочном разрезе более эффективно, чем финансовое стимулирование (Iyer, Kashyap, 2007). Кроме того, для любого экологического поведения важна обратная связь и не менее важна социальная норма – объем мусора, который люди отдавали на переработку, тесно связан с тем, что об этом думают другие (Brekke, Kverndokk, Nyborg, 2003). Анализ западных практик и предложения по изменению потребительских привычек в Республике Беларусь рассматривает А.А. Кравченко (URL: <https://www.sb.by/articles/puti-otkhodov.html>).

ем и жильем. Шаги к его реализации мы видим уже сейчас – темпы мирового экономического роста в XXI в. быстрее роста потребления природных ресурсов. Самый успешный декарбонизация по углеродному топливу отмечается в Сингапуре – здесь удалось удвоить ВВП, сократив выбросы CO₂ на 46%⁴³. Обязательства по декарбонизации принимают на себя не только страны, но и ТНК, крупные фирмы в развитых странах.

Аргументация несогласных с необходимостью уменьшения объема выбросов сводится к обременительным финансовым ограничениям и негативным экономическим последствиям для национальной экономики. Необходимость этих экономических потерь выглядит неубедительно по причине того, что ряд расчетов доказывают невыполнимость целевых показателей, например таких, которые установлены в рамках Парижского соглашения. То есть, при определении величины доступного эмиссионного бюджета (будущих совокупных выбросов CO₂ каждой из стран) игнорируется тот факт, что сама по себе задача нереалистична. Моделирование климата некоторыми учеными показывает, что на грани возможного находится уже 50%-ная вероятность удерживать глобальное потепление в пределах 2 °С, а эмиссионный бюджет для 80%-ной вероятности не достигнуть глобального потепления в 1,5 °С равен нулю⁴⁴.

Ежегодный отчет Всемирного банка дает более оптимистичную картину мирового прогресса в регулировании выбросов углерода – количество различных механизмов их ценового регулирования в разных странах растет с высоким темпом, собранные от них доходы увеличились за один последний год на 58%. В целом эти меры охватывают 20% мирового объема эмиссии углерода, а наибольшие успехи достигнуты в ЕС – 45% эмиссии внутри Европейского союза⁴⁵. На настоящий момент цена прав

на выбросы слишком низка, но Евросоюз тестирует дополнительные механизмы, сокращающие объем доступных прав на выбросы, приближая цену на них к оптимальной. Ожидается, что внедрение аналогичной системы в Китае в ближайшие годы позволит ему создать такой же по объему рынок прав на выбросы, как в Евросоюзе.

Приобретают популярность идеи геоинженерии (климатического инжиниринга) – направленного воздействия на климат Земли для борьбы с антропогенным потеплением. В частности, массовое распыление в стратосфере аэрозолей, содержащих соединения серы, должно замедлить глобальное потепление. Но результаты моделирования разных ученых противоречивы: многие указывают на возможность непредвиденных побочных эффектов и предостерегают от таких мер до получения более надежной информации о последствиях (Fasullo, Tilmes, Richter, Kravitz, MacMartin, Mills, Simpson, 2018).

Несмотря на то, что многие исследования весьма пессимистичны по отношению к оценкам возможности кооперации стран и целенаправленного противодействия глобальному потеплению, уже есть успешные примеры таких усилий. В частности, озоновый слой Земли с 2000 г. восстанавливается на 1–3% в десятилетие благодаря Монреальскому протоколу, который запрещает производство озоноразрушающих соединений, что позволит озоновому слою полностью восстановиться к 2060 г.⁴⁶ Кроме того, с начала 2019 г. в силу вступит поправка к протоколу, ограничивающая производство гидрофторуглеродов, которые являются мощными парниковыми газами, что, по оценкам специалистов, при максимальном участии стран позволит избежать роста глобальной средней температуры на 0,4 °С.

Страны постсоветского региона довольно сильно отличаются по своим подходам к глобальному потеплению, его последствиям и необходимости проведения соответствующей экономической политики. Россияне, поляки и литовцы менее всего согласны с утверждением, что климат меняется, и только

⁴³ URL: <http://greenbelarus.info/articles/06-03-2017/koncepciya-dekaplinga-i-antirosta-kak-sokratit-nagruzku-na-okruzhayushchuyu>

⁴⁴ Carbon Tracker and The Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. 2013. URL: <http://carbontracker.live.kiln.digital/Unburnable-Carbon-2-Web-Version.pdf>

⁴⁵ World Bank. 2018. State and Trends of Carbon Pricing. Washington, DC: World Bank Group. 58 p.

⁴⁶ Согласно отчету Всемирной метеорологической организации (URL: [http://conf.montreal-protocol.org/meeting/mop/mop30/presentation/Background-Documents/SAP-2018-Assessment-ES-October 2018.pdf](http://conf.montreal-protocol.org/meeting/mop/mop30/presentation/Background-Documents/SAP-2018-Assessment-ES-October%202018.pdf)).

14–15% опрошенных обеспокоены этой проблемой, по данным *European Social Survey (ESS)*⁴⁷. Также жители нашего региона меньше других уверены в негативных последствиях этих изменений, соответственно, и оценка личной ответственности за их предотвращение у них самая низкая (4 из 10 баллов). Неудивительно, что респонденты из этих стран, в отличие от европейцев, не считают нужным переключаться с ископаемого топлива, атомной энергетики на возобновляемые источники энергии (ВИЭ) (и выделять бюджетные средства на этот переход), не поддержали они и идею налога на топливо. В большинстве же стран Европы в среднем 76% респондентов поддерживают субсидии на ВИЭ, хотя только 30% – налоги на топливо. По данным опроса жителей Республики Беларусь в 2017 г., несмотря на то, что 80% респондентов заявили, что их волнуют экологические проблемы, на практике они не обсуждают их в повседневной жизни и не участвуют в экологических инициативах⁴⁸. Только треть опрошенных считают эти проблемы серьезными и более двух третей полагают, что следование экологическим нормам должно быть добровольным.

В 2016 г. Беларусь признана одной из лучших стран в Панъевропейском регионе по доступности экологической информации, она в числе первых присоединилась к Парижскому соглашению, приняв обязательства поддерживать уровень выбросов углерода не выше 28% к уровню 1990 г. В Республике Беларусь принято решение развивать собственную ядерную энергетику, более предпочтительную с точки зрения снижения вредных выбросов углерода по сравнению с получением энергии от ископаемого топлива. Однако потенциальные экологические риски всех направлений традиционной электроэнергетики достаточно высоки, поэтому в мире растет привлекательность «зеленой» экономики. Эксперты отмечают проблемы, затрудняющие прогресс белорусской экономики по соответ-

ствию экологическим международным стандартам: 1) сдерживание развития возобновляемой энергетики путем квотирования строительства ВИЭ, что препятствует привлечению в Беларусь международного климатического финансирования и является недостаточно обоснованным для долгосрочного периода; 2) снижение стимулов для внедрения энергосберегающих технологий после ввода Белорусской АЭС в эксплуатацию из-за возможного значительного дисбаланса между предложением электроэнергии и спросом на нее⁴⁹.

* * *

Отметим несколько интересных заключений, вытекающих из исследований Ромера, Нордхауса и их последователей. Во-первых, урбанизация рассматривается как положительный процесс, позволяющий как держать под контролем выбросы углерода, так и ускорять экономический рост. Во-вторых, в связи с провалами рынка достижение оптимального долгосрочного экономического роста предполагает усиление государственного регулирования, что является сигналом о возможных будущих «провалах» государства. В-третьих, локальное мышление политиков и ученых, учитывающих только интересы своих стран и регионов, должно смениться глобальным, кооперативным мышлением для эффективного решения возникающих проблем. Только в таком случае «хороший» герой, вступая в кооперацию с другими, победит «плохого» в борьбе за сокровище (оптимальный долгосрочный экономический рост) и арена этой борьбы не станет громадным кладбищем, в которое превратится Земля из-за климатической катастрофы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

Асемоглу Д. 2018. *Введение в теорию современного экономического роста*. В 2 книгах. Москва: Издательский дом «Дело» РАНХиГС. Книга 1. 928 с. Книга 2. 736 с. [Acemoglu D. 2018. *Introduction to Modern Economic Growth*. In 2 books. Moscow: Izdatel'skiy dom «Delo» RANHiGS. Book 1. 928 p. Book 2. 736 p. (In Russ.)]

⁴⁷ Опросы в Республике Беларусь по этим вопросам не проводились, подробнее с отчетом можно ознакомиться здесь: URL: http://www.europeansocialsurvey.org/docs/findings/ESS8_toplines_issue_9_climatechange.pdf

⁴⁸ Презентация исследования Satio об интересе граждан Беларуси к экологической тематике и деятельности ЭНГО (URL: <http://greenbelarus.info/library/7199>).

⁴⁹ URL: <http://greenbelarus.info>

- Джонс Ч.И., Воллрат Д.** 2018. *Введение в теорию экономического роста*. Москва: Издательский дом «Дело» РАНХиГС. 296 с. [Jones C.I., Vollrath D. 2018. *Introduction to Economic Growth*. Moscow: Izdatel'skiy dom «Delo» RANHiGS. 296 p. (In Russ.)]
- Норт Д.** 1997. *Институты, институциональные изменения и функционирование экономики*. Москва: Фонд экономической книги «Начала». 180 с. [North D. 1997. *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Moscow: Fond ekonomicheskoy knigi «Nachala». 180 p. (In Russ.)]
- Acemoglu D., Robinson J.A.** 2012. *Why Nations Fail: The Origins of Power, Prosperity, and Poverty*. New York: Crown Publishing Group. 544 p.
- Aghion P., Howitt P.** 1992. A Model of Growth Through Creative Destruction. *Econometrica*. Vol. 60. No 2. PP. 323–351.
- Bosetti V., Carraro C., Galeotti M., Massetti E., Tavoni M.** 2006. WITCH. A World Induced Technical Change Hybrid Model. *The Energy Journal*. Vol. 27. Special Issue: Hybrid Modeling of Energy-Environment Policies: Reconciling Bottom-up and Top-down. PP. 13–37.
- Brekke K.A., Kverndokk S., Nyborg K.** 2003. An Economic Model of Moral Motivation. *Journal of Public Economics*. Vol. 87. No 9–10. PP. 1967–1983.
- Cox P., Huntingford C., Williamson M.** 2018. Emergent Constraint on Equilibrium Climate Sensitivity from Global Temperature Variability. *Nature*. Vol. 553. PP. 319–322.
- Fasullo J., Tilmes S., Richter J., Kravitz B., MacMartin D., Mills M., Simpson I.** 2018. Persistent Polar Ocean Warming in a Strategically Geo-engineered Climate. *Nature Geoscience*. URL: <https://www-nature-com.cucar.idm.oclc.org/articles/s41561-018-0249-7>
- Grossman G.M., Helpman E.** 1991. Quality Ladders in the Theory of Growth. *Review of Economic Studies*. Vol. 58. No 1. PP. 43–61.
- Iyer E., Kashyap R.** 2007. Consumer Recycling: Role of Incentives, Information, and Social Class. *Journal of Consumer Behaviour*. Vol. 6. No 1. PP. 32–47.
- Jones C., Romer P.M.** 2010. The New Kaldor Facts: Ideas, Institutions, Population, and Human Capital. *American Economic Journal: Macroeconomics*. Vol. 2. No 1. PP. 224–245.
- Lontzek T., Cai Y., Judd K.L., Lenton T.M.** 2015. Stochastic Integrated Assessment of Climate Tipping Points Indicates the Need for Strict Climate Policy. *Nature Climate Change*. Vol. 5. No 5. PP. 441–444.
- Lucas R.** 1988. On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*. Vol. 22. No 1. PP. 3–42.
- Mankiw N.G., Romer D., Weil D.N.** 1992. A Contribution to the Empirics of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*. Vol. 107. No 2. PP. 407–437.
- Mendelsohn R., Nordhaus W.D., Shaw D.** 1994. The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis. *American Economic Review*. Vol. 84. No 4. PP. 753–771.
- Nordhaus W.D.** 1975. Can We Control Carbon Dioxide? *IIASA Working Paper 75-063*. URL: <https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/365/1/WP-75-063.pdf>
- Nordhaus W.D.** 1994. Expert Opinion on Climate Change. *American Scientist*. Vol. 82. PP. 45–51.
- Nordhaus W.D.** 2006. Geography and Macroeconomics: New Data and New Findings. *PNAS*. Vol. 103. No 10. PP. 3510–3517. URL: <http://www.pnas.org/content/pnas/103/10/3510.full.pdf>
- Nordhaus W.D.** 2007. A Review of the Stern Review on the Economics of Climate. *Journal of Economic Literature*. Vol. 45. No 3. PP. 686–702.
- Nordhaus W.D.** 2014. Estimates of the Social Cost of Carbon: Concepts and Results from the DICE-2013R Model and Alternative Approaches. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*. Vol. 1. No 1–2. PP. 273–312.
- Nordhaus W.D.** 2017. Projections and Uncertainties about Climate Change in an Era of Minimal Climate Policies. *NBER Working Paper 22933*. URL: <https://www.nber.org/papers/w22933.pdf>
- Nordhaus W.D.** 2018. Evolution of Modeling of the Economics of Global Warming: Changes in the DICE Model, 1992–2017. *Climatic Change*. Vol. 148. No 4. PP. 623–640.
- Nordhaus W.D., Yang Z.** 1996. A Regional Dynamic General-Equilibrium Model of Alternative Climate-Change Strategies. *American Economic Review*. Vol. 86. No 4. PP. 741–765.
- Rebelo S.** 1991. Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*. Vol. 99. No 3. PP. 500–521.
- Romer P.M.** 1986. Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*. Vol. 94. No 5. PP. 1002–1037.
- Romer P.M.** 1987. Crazy Explanations for the Productivity Slowdown. *NBER Macroeconomics Annual*. Vol. 2. PP. 163–210.
- Romer P.M.** 1990. Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*. Vol. 98. No 5. Part 2. PP. S71–S102.
- Romer P.M.** 1993. Two Strategies for Economic Development: Using Ideas and Producing Ideas. *Proceedings of the World Bank Annual Conference of Development Economics 1992*. Washington, DC: World Bank. PP. 63–91.
- Romer P.M.** 2015. Mathiness in the Theory of Economic Growth. *American Economic Review*. Vol. 105. No 5. PP. 89–93.
- Romer P.M.** 2016. *The Trouble with Macroeconomics*. URL: <https://paulromer.net/wp-content/uploads/2016/09/WP-Trouble.pdf>
- Solow R.M.** 1956. A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*. Vol. 70. No 1. PP. 65–94.

Stern N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. London, UK: Cambridge University Press. 662 p.

Wagner G., Weitzman M. 2015. *Climate Shock: The Economic Consequences of a Hotter Planet*. Princeton: Princeton University Press. 264 p.

In citation: *Belorusskiy Ekonomicheskii zhurnal*. 2018. No 4. PP. 15–34.

Belarusian Economic Journal. 2018. No 4. PP. 15–34.

LONG-TERM ECONOMIC GROWTH: THE GOOD, THE BAD AND THE OPTIMAL

Victor Vorobiev¹, Tatiana Maibarada¹

Authors affiliation: ¹ Belarus State Economic University (Minsk, Belarus).

Corresponding author: Victor Vorobiev (vorobiev_v@bseu.by).

ABSTRACT. The contribution of P. Romer and W. Nordhaus to the theory of endogenous long-term economic growth based on the Solow model is considered. Romer reveals positive externality of knowledge and innovations. Nordhaus discloses the interrelationship of climate change and economic development, emphasizes the importance of combating global warming, which is a negative externality for economic growth. Both researchers point to the need to choose a specific economic policy that can ensure optimal long-term economic growth.

KEYWORDS: macroeconomics, economic growth, externalities, knowledge, innovations, climate change.

JEL-code: B22, B31, E02, O41, O43, O44, Q54, Q58, R11.

Received 8.11.2018

