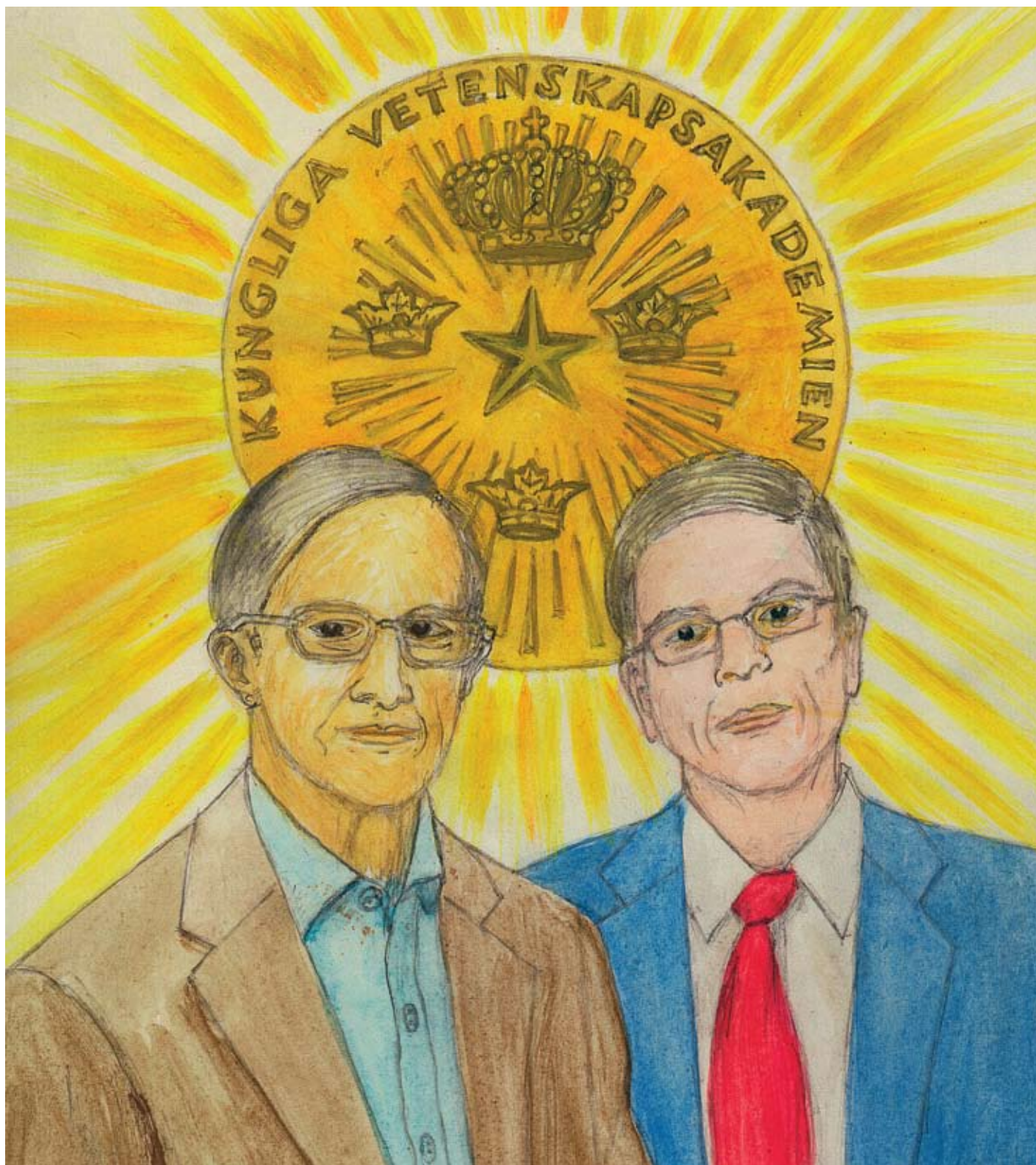


## Георгий Трофимов\*

# Умный рост

Премией Банка Швеции памяти Альфреда Нобеля 2018 года отмечены экономисты, впервые включившие в анализ экономического роста человеческий капитал, инновационную активность и взаимодействие с природной средой



**В**опросы о движущих силах и ограничителях долговременного экономического роста были в центре внимания основателей экономической науки. Адам Смит обосновал ничем не ограниченный прогресс экономики и общества в условиях свободной конкуренции на основе разделения труда, специализации и расширения рынков сбыта. Антиподом Смита был Томас Мальтус, утверждавший, что рост населения устойчиво опережает производство продовольствия, что препятствует экономическому развитию.

Работы нобелевских лауреатов по экономике 2018 года Пола Ромера и Уильяма Нордхауса дали новые ответы на эти вечные вопросы. Двигателем роста служат научные и технологические знания, получаемые целенаправленными усилиями людей. Ограничителем роста в долговременной перспективе являются природные ресурсы, включая не только запасы полезных ископаемых, но и среду обитания человека: воздух, водоемы, биосферу. В обоих случаях ключевое значение имеет способность людей учесть долговременные последствия экономической деятельности. Именно этот аспект объединяет подходы и достижения обоих нобелевских лауреатов текущего года.

Исследователи, внесшие значительный вклад в теорию экономического роста, неоднократно награждались Нобелевской премией по экономике. Достаточно перечислить такие имена, как Пол Самуэльсон (премия 1970 года), Тьяллинг Купманс (1975), Роберт Солоу (1987), Роберт Лукас (1995) и Эдмунд Фелпс (2006). Нынешние лауреаты дополняют этот список принципиально новыми результатами, оказавшими серьезное влияние на развитие экономической науки и на выбор вариантов экономической политики.

### Модель Солоу

До появления работ Пола Ромера основным инструментом теории экономического роста служила модель Роберта Солоу 1956 года. В модели Солоу предполагается, что движущей силой роста служит накопление производственного капитала, причем в каждом периоде времени прирост капитала является постоянной долей ВВП. Сам же ВВП задается неоклассической производственной функцией от базовых факторов производства, прежде всего труда и капитала. Такая функция характеризуется убывающей отдачей: если, например, труд

зафиксирован, то увеличение капитала приносит снижающийся доход.

Естественным следствием убывающей отдачи капитала в модели Солоу является затухание темпов экономического роста. Прирост капитала значительный при низких начальных значениях, но он снижается и в пределе капитал сходится к стационарному уровню. Чтобы модель все же описывала долговременный рост, Солоу ввел предположение об экзогенном, то есть внешнем для модели, техническом прогрессе, который определяет в его модели долговременный темп роста экономики.

Выводы модели Солоу не противоречат данным по отдельным странам, например США, где среднегодовой рост ВВП очень долгое время составляет около 2%, но расходятся с международными данными, свидетельствующими о значительной дифференциации темпов роста. Согласно модели Солоу, бедные страны должны расти быстрее богатых за счет более интенсивных инвестиций, и поэтому в итоге все страны должны прийти к одинаковому темпу экономического роста. В реальности такая сходимость отсутствует. Экономикам одних государств успешно развиваются, другие стагнируют на протяжении длительного времени. Но главное, модель экзогенного роста не раскрывает его фундаментальных причин.

### Теория эндогенного роста

Пол Ромер предложил модели, объясняющие устойчивый долговременный рост и межстрановую дифференциацию темпов. С его точки зрения, источником долговременного роста служит генерирование новых знаний, создающее положительные внешние эффекты, включая экономию масштаба на макроуровне. Такие эффекты возникают благодаря процессам распространения информации или в условиях специализации в производстве знаний. По своей сути идеи двух ранних работ Ромера восходят к классическим трудам Адама Смита и Альфреда Маршалла.

В пионерской статье 1986 года «Возрастающая отдача и долговременный рост» Ромер рассматривает модель своеобразной «экономики знаний», в которой они являются непосредственным фактором производства, то есть создаются и накапливаются по аналогии с физическим капиталом. Отличие состоит в том, что знания становятся в определенной мере общедоступными, например из-за мобильности квалифицированных специалистов. Распространение знаний дает положительный внешний эффект, благодаря которому производительность труда всех участников растет

вместе с суммарным капиталом знаний. В результате влияние убывающей отдачи устраняется, а «экономика знаний» растет с постоянным темпом. В отличие от модели Солоу этот темп является эндогенным, поскольку определяются параметрами модели.

В работе «Рост на основе возрастающей отдачи благодаря специализации» (1987) эндогенный рост обусловлен не распространением знаний, а специализацией в создании технических идей. Рассматривается модель экономики с двумя секторами: конечного продукта, использующего труд и капитал, и промежуточного продукта, специализирующегося на производстве идей. Специализация означает, во-первых, фиксированные затраты в создание рыночной ниши и, во-вторых, монопольное положение, ограниченное рамками этой ниши. Свободный вход в данный сектор ведет к непрерывному увеличению разнообразия идей, которые не устаревают и в совокупности формируют капитал для сектора конечного продукта. При этом фактор разнообразия идентифицируется как общая факторная продуктивность для конечного продукта, растущая с постоянным темпом.

Модели Ромера позволили увязать темп долговременного роста с фундаментальными характеристиками экономики, отражающими предпочтения потребителей, технологические параметры, а также институциональные факторы. Различия этих характеристик объясняют дифференциацию темпов по странам. Кроме того, модели эндогенного роста выявили принципиальную необходимость государственной политики, так как внешние эффекты не учитываются отдельными участниками, а ограниченное монопольное положение в секторе знаний означает отклонение от оптимума.

Работы Ромера привели к созданию новой теории роста, оказавшей сильное влияние на дальнейшее развитие макроэкономики как научной дисциплины. Здесь следует упомянуть вклад его научного руководителя Роберта Лукаса. В модели эндогенного роста Лукас, опубликованной в 1988 году, одним из факторов производства служит человеческий капитал, то есть уровень образования и технических навыков работников. Человеческий капитал накапливается аналогично физическому, благодаря чему совокупная отдача факторов не уменьшается, что означает долговременный рост экономики на эндогенной основе.

### Рост на основе инноваций

Модели экономики знаний, о которых говорилось выше, оставили за кадром

\*Главный экономист Института финансовых исследований.



ТАСС

Модели Пола Ромера позволили увязать темп долговременного роста с фундаментальными характеристиками экономики, отражающими предпочтения потребителей, технологические параметры, а также институциональные факторы

механизм создания новых технологий. В статье Ромера «Эндогенный технологический сдвиг» (1990), пожалуй, наиболее важной из всех его работ, эта сфера деятельности рассматривается как основной двигатель роста. Ее участники руководствуются рыночными стимулами, а результаты этой деятельности — технологические знания — представляют собой товары с особыми свойствами. Такими товарами могут пользоваться многие лица, но доступ к ним может быть ограничен либо патентным правом, либо техническими средствами.

На основе этих положений Ромер предложил модель инновационного роста для экономики с тремя секторами: конечного продукта, промежуточного продукта и сектора исследований и разработок. Сектор конечного продукта использует спектр технологий, воплощенных в различных видах капитального оборудования. Сектор промежуточного продукта производит это оборудование, покупая технологические патенты в секторе исследований и разработок.

Принципиальное предположение модели Ромера 1990 года состоит в том, что продуктивность последнего сектора растет с увеличением накопленных знаний. Производство новых идей дает динамический внешний эффект, который реализуется во времени, причем неограниченно долго. Исследователи и разработчики новых технологий опираются на полученные ранее знания, то есть «стоят на плечах гигантов». Ромер в своей модели делает формальные допущения, из которых следует, что продуктивность сектора технологических знаний растет с постоянным темпом. Как результат, общая факторная продуктивность для конечного продукта растет с

тем же темпом, что в итоге определяет эндогенный темп роста экономики.

Итак, сектор исследований и разработок генерирует рост, а промежуточный сектор выполняет роль передаточного звена. Это возможно только благодаря монопольному положению, которое гарантируется производителю промежу-

Работы нобелевских лауреатов по экономике 2018 года Пола Ромера и Уильяма Нордхауса дали новые ответы на вечные вопросы экономической науки о движущих силах и ограничителях долговременного роста

точного продукта патентным правом. Покупка патента означает фиксированные затраты на вход в отрасль, которые должны окупаться за счет будущих прибылей. В условиях свободного входа равновесная цена патента устанавливается на уровне приведенной стоимости потока монопольных прибылей.

Отсюда следует, что рынок инноваций в том виде, как его описал в своей модели Ромер, в принципе не может быть рынком совершенной конкуренции, а значит, заведомо не обеспечивает оптимальное распределение ресурсов между секторами. В результате инновационная активность оказывается ниже оптимального уровня. Это происходит по тем же причинам, о которых говорилось выше: из-за игнорирования участниками динамического внешнего эффекта и монопольного положения производителей. По мнению Ромера, недостаточную эффективность рынка инноваций может исправить политика государства, включающая в себя субсидирование исследований и разработок и регулирование в области патентного права.

После публикации статьи Ромера 1990 года были предложены другие модели инновационного роста. Основной альтернативой стали работы, использующие идею «созидательного разрушения», выдвинутую австрийским экономистом Йозефом Шумпетером в 1911 году. В модели Ромера компании, входящие в сектор промежуточного продукта, остаются там навсегда. В моделях шумпетерианского типа, например Агьона и Хоуита (1992), новые участники вытесняют старых из рыночной ниши, предлагая более дешевые или более качественные товары. При этом инновационная активность в направлении созидательного разрушения оказывается выше оптимального уровня, и государству следует принимать меры для ограничения этой активности.

**Ресурсные ограничения роста**  
Деструктивные последствия могут также иметь инновации, приводящие к значительному увеличению добычи углеводородных энергоресурсов. Классический пример — так называемый угольный вопрос, рассмотренный в одноименной книге Уильяма Дживонса, вышедшей в 1865 году. Он показал, что технологические нововведения с начала промышленной революции вызвали значительное увеличение потребления и добычи угля в Англии. Дживонс был первым экономистом из ряда выдающихся, осознавшим всю серьезность проблемы исчерпания энергоресурсов. Основоположник маржинализма предложил жесткие меры налоговой политики ради обеспечения

долговременной энергетической безопасности своей страны.

Проблема оптимального использования ограниченных природных ресурсов была сформулирована и исследована Гарольдом Хотеллингом в 1931 году. Его статья «Экономика исчерпаемых ресурсов» стала основополагающей. Это был тот случай, когда одна журнальная статья породила новое научное направление — экономику природных ресурсов. Однако работа Хотеллинга оказалась практически забытой на несколько десятилетий по причине изобилия ресурсной базы развитых экономик и из-за более важных проблем того времени, вызванных Великой депрессией и Второй мировой войной.

Данное направление возродилось лишь в середине 1970-х, и нынешний нобелевский лауреат Уильям Нордхаус внес вклад в воссоздание традиции Мальтуса — Джевонса — Хотеллинга. Тема ресурсных ограничений стала актуальной в период энергетического кризиса, который был спровоцирован нефтяным эмбарго, введенным картелем ОПЕК в 1973 году. Нордхаус в своих работах 1973–1974 годов «Распределение энергетических ресурсов» и «Ресурсы как ограничение роста» призвал к смене парадигм в отношении экономического роста, которое он своеобразно выразил как переход от «ковбойской» экономики к экономике «космического корабля». В первом случае имеет место расточительное поведение, никак не связанное с ресурсными ограничениями, — именно таким был мировой рынок нефти до введения эмбарго. Второй случай характеризует рациональный экономический выбор на длинном временном горизонте с учетом ресурсных ограничений, включая ресурсы воздуха и воды.

Базируясь на теории Хотеллинга, Нордхаус разработал сценарную модель развития мировой энергетики до начала XXII века. Главная идея модели — переход к альтернативной энергетике, которая в течение 150 лет должна была бы полностью заменить углеводородные ресурсы. Нордхаус проводил свои расчеты в дочернобыльскую эру и делал упор на ядерную и термоядерную энергетику. Но, так или иначе, его выводы резко контрастировали с позицией неомальтузианцев (Форрестера, Медоуза и других), работавших под эгидой Римского клуба. Взгляды этой группы отличались катастрофичным видением перспектив полного исчерпания природных ресурсов, они считали, что долговременный рост мировой экономики невозможен. По прогнозам Нордхауса, при достаточно благоприятных сценариях технического прогресса глобальный рост должен был



Идеи Уильяма Нордхауса о смене парадигмы ресурсорасточительного роста нашли воплощение в мерах государственной политики многих стран по экономии энергоресурсов и охране окружающей среды

сохраниться при наличии ресурсных ограничений.

Любопытно отметить, что Нордхаус дал прогноз роста цен энергоносителей в среднем на 2,2% для периода 1970–2020 годов. На данный момент этот прогноз оказался на удивление точным в отношении цены нефти марки WTI: 2,4%. Возможно, сказалось взаимное наложение двух непредвиденных процессов: бурного развития новых регионов нефтедобычи в 1970–1980-х и не менее бурного роста азиатского спроса на энергоносители после 2000 года.

Нордхаус также спрогнозировал начало освоения месторождений дешевой сланцевой нефти в США после 2020 года, то есть с опозданием на двадцать лет. Однако ошибки в сценарных прогнозах неизбежны, важнее принципиальные выводы. Джевонс предсказывал исчерпание запасов угля в Англии в течение ста лет, так как не мог предвидеть переход к нефти в качестве альтернативы углю, но это не умаляет научного значения его труда.

В основе сценарных расчетов Нордхауса лежала идея замещающей (backstop) технологии. Эта идея существенным образом дополнила теорию Хотеллинга и оказалось весьма плодотворной. После 1973 года появилось много теоретических и прикладных исследований, основанных на концепции замещения углеводородных ресурсов альтернативными.

Среди теоретических работ можно упомянуть статьи таких авторов, как Стиглиц, Дасгупта, Ньюбери, Салант, Гилберт, Хил, Хоел, Ульф, Фолье, Чакраворти, Ванг и многих других. Идея замещающей технологии привлекательна своей реалистичностью, поскольку такие технологии всегда есть в наличии, но они до определенного времени менее

выгодны, чем традиционные. Хотеллинг этой возможности не учитывал. Кроме того, использование предположения о замещающей технологии позволяет установить верхний предел роста цены энергоресурса. В этом очень важное отличие от знаменитого правила Хотеллинга, диктующего экспоненциальный рост цены с темпом, равным реальной процентной ставке.

Кроме того, картель ОПЕК не может поднять планку цены нефти слишком высоко, иначе замещающие технологии станут рентабельными, и тогда ОПЕК потеряет часть рынка. В реальности замещение происходит как постепенный процесс, так как альтернативные энергоресурсы — биотопливо, солнце, ветер — уже широко используются. В этом отношении ядерная энергетика, на которую возлагал основные надежды Нордхаус в работах 1973–1974 годов, представляет собой наиболее важный пример.

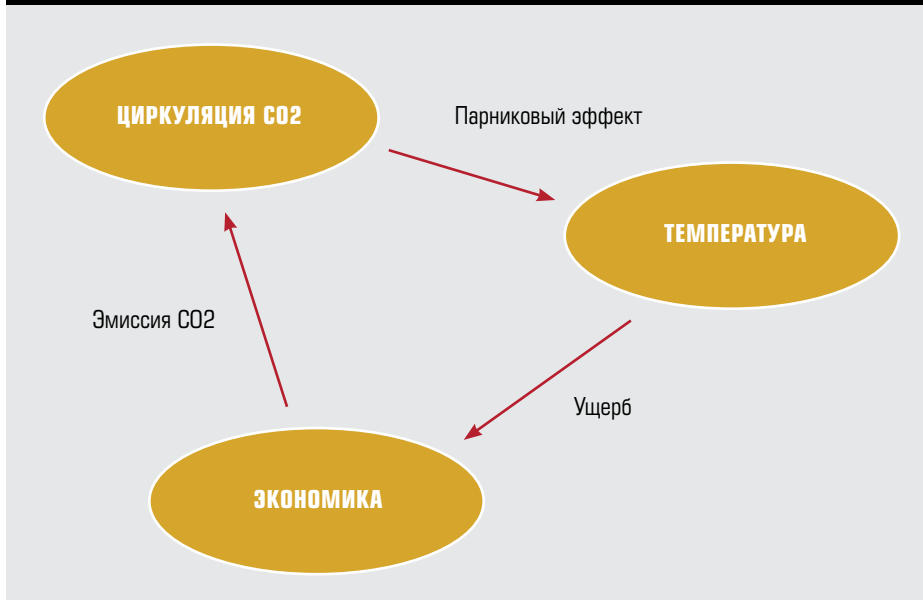
Мысли Нордхауса о смене парадигмы роста и переходе к экономике «космического корабля» нашли воплощение в мерах государственной политики многих стран по экономии энергоресурсов и охране окружающей среды. Сам же Нордхаус с середины 1970-х годов сфокусировал свои усилия на теме загрязнения атмосферы и парникового эффекта.

Если учитывать вклад Нордхауса в экономику природных ресурсов, то его, наверное, стоило бы поставить рядом с Солоу, который, как и Нордхаус, опубликовал в 1974 году две очень важные работы в этой области.

## Экономический рост и изменение климата

Изменение приоритетов экономистов в отношении к природным ресурсам обозначилось после 2000 года. Проблема

## Динамическая интегрированная модель экономики и климата

Расчетные ставки налога на углеродные выбросы (долл. на тонну CO<sub>2</sub>)

Норма дисконта (%)	2015 год	2020 год	2025 год	2030 год
1,5	29,5	35,3	49,1	64,0
0,1	256,5	299,6	340,7	381,7

Источник: Нордхаус (2014)

ограниченных запасов энергоносителей отошла на второй план благодаря открытию огромного количества новых месторождений, включая нетрадиционные источники. По данным ВР, за последние тридцать пять лет мир потребил около триллиона баррелей нефти, но при этом доказанные резервы увеличились более чем на триллион баррелей. Иначе говоря, на каждый баррель потребленной нефти добавилось два барреля новых резервов. Поэтому на первый план вышла проблема ограниченных возможностей окружающей среды абсорбировать выбросы от использования энергоресурсов. Наиболее важным вопросом была широко признана эмиссия углекислого газа и других парниковых газов, которая, согласно доминирующим ныне представлениям, способствует повышению средней температуры нижних слоев атмосферы.

Динамическая интегрированная модель климата и экономики, разработанная Нордхаусом в 1994 году и представленная в монографии «Управляя глобальными общностями: экономика климатических изменений», состоит из нескольких взаимосвязанных модулей, представленных на схеме. Экономика использует энергию как фактор производства и как источник выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу. Далее происходит циркуляция CO<sub>2</sub>, и часть уходит в другие сферы окружающей среды: атмосферу, верхний и нижний слои океана и биосферу. Остаток CO<sub>2</sub> в атмосфере дает эффект

повышения температуры, который воздействует на экономику, нанося ущерб. Изменение температуры является ключевым процессом с физической точки зрения. Нордхаус использовал формулу Аррениуса, связывающую прирост концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере с приростом энергии, а также линеаризованные уравнения энергобаланса, которые, помимо прочего, учитывают выход тепловой энергии в космическое пространство.

Модуль «Экономика», изображенный на схеме, позволяет дать количественную оценку эмиссии CO<sub>2</sub> и экономического ущерба. Этот модуль представлен моделью экзогенного роста, включающей в себя домохозяйства и предприятия, которые используют труд, капитал и энергию. Потребление предприятиями энергоресурсов дает величину эмиссии парниковых газов. Для оценки экономического ущерба применяется показатель общей факторной продуктивности, который дисконтируется с учетом отрицательного внешнего эффекта повышения температуры. Параметры для нормы такого дисконта оценивались Нордхаусом для различных сфер жизнедеятельности человека на основе разнообразных источников информации, включая экспертные мнения.

### Налог на выбросы

Модель Нордхауса позволяет дать ответ на широкий круг вопросов, таких как оценки ущерба, динамика эмиссии CO<sub>2</sub>, ВВП и других показателей при раз-

личных значениях параметров модели. В качестве иллюстрации рассмотрим, как приоритеты в отношении к будущим поколениям влияют на выбор инструментов государственной политики. В экономическом анализе интересы будущих поколений учитываются на основе критерия дисконтированной функции общего благосостояния. Чем ниже норма дисконта, тем более важно будущее для настоящего.

Приоритеты политики могут быть реализованы с помощью налога на выбросы. На основе модели Нордхауса можно вычислить ставку оптимального налога на эмиссию CO<sub>2</sub>. Согласно принципу Пигу, такой налог должен нивелировать отрицательные внешние эффекты, которые не учитывает каждый эмитент в отдельности. Поскольку выбросы в атмосферу дают неограниченный во времени кумулятивный эффект, то оптимальная ставка налога рассчитывается по формуле приведенной дисконтированной стоимости предельного ущерба для всех будущих периодов.

Ставка налога, рассчитанного по такому принципу, сильно зависит от выбора нормы дисконта. Приведем два варианта, рассчитанные Нордхаусом в статье 2014 года «Оценки общественных издержек углеводородов: концепции и результаты на основе модели DICE-2013R и альтернативных подходов». В первом используется дисконт 1,5% годовых, который характерен для индивидуальных временных предпочтений. Во втором варианте применяется так называемый дисконт Стерна 0,1%, практически выравнивающий настоящие и будущие поколения по критерию благосостояния. Например, для дисконта 1,5% весовой коэффициент поколений, которые будут жить через 500 лет, составит 0,0005, а для дисконта 0,1% он равен 0,6. Это означает, что в первом варианте столь отдаленное будущее не играет никакой роли, а во втором оно достаточно значимо.

Расчеты ставки оптимального налога приведены в таблице. Налог повышается с течением времени по обоим вариантам благодаря кумулятивному эффекту. Но ставки отличаются на порядок. Налог умеренный для обычного дисконта и драконовский для дисконта Стерна. В первом варианте эмиссия CO<sub>2</sub> достигает пика около 2050 года, и затем происходит постепенное снижение. Во втором обеспечивается декарбонизация атмосферы к 2040 году, то есть глобальная экономика как бы возвращается в доиндустриальную эру, но за счет очень высокой налоговой нагрузки. Модель Нордхауса позволяет сравнивать такие варианты на основе критерия благосостояния. ■