

# В мире обратных связей (о Нобелевской премии по экономике 2018 года)

**Ю.П. ВОРОНОВ**, кандидат экономических наук, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, Новосибирск

В статье приводятся результаты исследований американских экономистов Уильяма Нордхауса и Пола Ромера, за которые они получили Нобелевскую премию по экономике в 2018 г. Определен общий критерий для двух лауреатов, каким руководствовался Нобелевский комитет – введение обратных связей в экономико-математическое моделирование. Их достижения сравниваются с результатами предшественников: К. Эрроу, Р. Солоу, Дж. Шмуклера и других. В моделях У. Нордхауса и П. Ромера выделены по три блока и рассмотрены функции каждого из них, как и те допущения, которые лежат в основе этих моделей.

Автор отмечает, что в России также строятся модели изменений климата, но в них отсутствуют экономические блоки, формируются модели долгосрочного экономического роста с эндогенным научно-техническим прогрессом, но в них не участвуют представители естественных наук. Из опыта лауреатов следует, что этот разрыв необходимо преодолевать. В статье описаны увлечения обоих лауреатов.

*Ключевые слова:* Нобелевская премия по экономике; математические модели; научно-технический прогресс; изменения климата; обратная связь; эндогенный; экзогенный; патентная система; долгосрочный рост

Есть только два варианта получения Нобелевской премии по экономике: за математические и инструментальные методы либо за результаты исследования психологических основ поведения человека в субъектной («поведенческой») экономике. В 2018 г. Нобелевский комитет Шведской королевской академии наук в части поощрения экономистов превзошел самого себя, предложив почти идентичные формулировки для двух лауреатов: У. Нордхауса наградили «за интеграцию изменений климата в долгосрочный (long-run) макроэкономический анализ», П. Ромера – «за интеграцию технических инноваций в долгосрочный макроэкономический анализ». Но что общего между «изменениями климата» и «техническими инновациями»? На первый взгляд – ничего.

У двух лауреатов не было совместных работ, они никогда не работали в одном университете, хотя оба несколько раз объявляли себя «климатическими оптимистами».

Поначалу климат и научно-технический прогресс кажутся искусственно притянутыми друг к другу. Но Нобелевский комитет в объединении двух лауреатов оказался более чем прав: до У. Нордхауса и П. Ромера исследовали только прямые связи – как наука и техника влияют на экономический рост, и как экономика влияет на климат. В работах двух лауреатов к прямым связям добавлены обратные: влияние роста экономики на развитие науки и техники, а также изменений климата на экономическую динамику.

### **Кто они, лауреаты 2018 г.?**

Уильям Нордхаус (William D. Nordhaus) более всего известен как соавтор Пола Самуэльсона по базовому учебнику «Экономика. Вводный курс», выдержавшему уже 20 изданий [Самуэльсон, Нордхаус, 2014], но и его работы по взаимосвязи климата и экономики специалистам хорошо знакомы. Проблемой изменения климата он начал заниматься с 1970-х годов, а в середине 1990-х создал первую в мире экономико-математическую модель, описывающую глобальное взаимодействие между экономикой и климатом, включающую результаты тогдашних исследований в физике и химии.

Уильям Нордхаус родился в 1941 г. Получил степень бакалавра в Йельском университете и доктора философии в Массачусетском технологическом институте. С 1967 г. преподает в Йеле. На 2014 г. был избран президентом Американской экономической ассоциации. Значительно воздействие его работ на практические международные мероприятия, такие как Киотский протокол, Парижское соглашение по климату или решения ООН по этой же проблеме.

Пол Майкл Ромер (Paul Michael Romer) родился в 1955 г. Получил степени бакалавра математики и доктора философии (экономика) в Чикагском университете. Профессор Стэнфордского и Нью-Йоркского университетов, сотрудник Национального бюро экономических исследований, а с 2016 г. – главный экономист Всемирного банка. Правда, в январе 2018 г. П. Ромер проявил жесткую принципиальность. Он упрекнул своих подчиненных в том, что они необоснованно занизили рейтинг Чили по критерию Doing Business. Произошло это по политическим мотивам – президентом в этой стране в 2014 г. была избрана

Мишель Бачелет, от Социалистической партии Чили. Поскольку шефы встали на сторону подчиненных, Пол Ромер решил покинуть свой пост во Всемирном банке.

Оба лауреата ведут исследования во многих областях, но Нобелевский комитет выделил только две из них.

### **Обратная связь от экономики к науке и технике**

Пол Ромер впервые смоделировал, как условия рынка и экономическая политика влияют на появление новых технологий. До этого в экономико-математических моделях знания и новые технологии были экзогенными, сваливались в экономику как мана на небесная неизвестно откуда и увеличивали отдачу на капитал.

В основе модели П. Ромера лежат представления о том, как именно новые технологии увеличивают отдачу инвестиций, но также и о влиянии инвестиций на развитие науки и техники. Научно-технический прогресс, согласно этой модели, является результатом максимизации прибыли предпринимателями (компаниями) и инноваторами (изобретателями), с которыми предприниматели делятся.

Этот принцип – прямой контраст с более ранней концепцией Макса Вебера, согласно которой постоянно идет диалог такого типа: Изобретатель говорит капиталисту: «Я знаю, как сделать твой бизнес лучше», а капиталист в ответ: «Отойди, не мешай деньги зарабатывать». По П. Ромеру, этот диалог превращается в просьбу предпринимателя к изобретателю: «Заработал приличную прибыль, не можешь ли ты сделать мой бизнес еще лучше? Понятно, что не задаром». В жизни бывает по-разному, в каких-то случаях правым оказывается Макс Вебер, в других – Пол Ромер.

Принципиальным в модели является главный мотив предпринимателя. Он стремится раньше других внедрить новую технологию не для прогресса вообще, а исключительно ради собственных конкурентных преимуществ. Но будучи внедренной в одном бизнесе, новая технология начинает проникать в другие бизнесы и отрасли.

До Пола Ромера в экономико-математических моделях, учитывающих научно-технический прогресс, считалось, что технические инновации приходят в экономику извне, как и эффективность труда, которая задавалась как экзогенный фактор. В модели П. Ромера последний показатель зависит от прироста

количества новых технологических идей, который, в свою очередь, обусловлен доходностью инвестиций.

В этой модели экономика (мира или отдельной страны) делится на три сектора (А, Б, И). В секторе А (фондообразующем) создается капитал. Здесь работают фирмы-монополисты, каждая из которых производит только один вид продукции и продает ее в сектор Б (не фондообразующий, работающий в условиях совершенной конкуренции). В секторе И сосредоточены изобретатели (инновационные фирмы), которые выдают научно-технические идеи, делают изобретения, на которые получают патенты от государства. Свою продукцию они продают в сектор А, а полученные доходы расходуют на потребление и сбережения. Затраты на исследовательское и экспериментальное оборудование считаются частью этих расходов.

Эта модель была разработана не «с нуля». Предшественниками Пола Ромера в моделировании долгосрочного роста считаются два нобелевских лауреата по экономике – Роберт Солоу (премия 1987 г. «за фундаментальные исследования в области теории экономического роста») и Кеннет Эрроу (премия 1972 г. «за новаторский вклад в теорию общего экономического равновесия и теорию благосостояния»). Чаще всего цитируют работу П. Ромера «Возрастающая отдача и экономический рост» (1986 г.), в которой есть ссылки на обоих предшественников. Модель эндогенного экономического роста впервые была представлена в статье Эрроу [Arrow, 1962]. Пол Ромер доработал ее спустя 24 года.

Из модели Р. Солоу в модель П. Ромера вошли следующие допущения:

- прямое государственное вмешательство отсутствует;
- доля занятых в экономике в долгосрочной перспективе постоянна;
- при повышении капиталовооруженности труда отдача от капитала снижается [Solow, 1956].

В то же время в базовую модель К. Эрроу П. Ромер внес свои формализующие допущения<sup>1</sup>:

- в модели существует переток навыков и умений, который бесплатен, по крайней мере, внутри фирм, а также в связи

---

<sup>1</sup> Из-за этого модель Ромера иногда называют моделью Эрроу-Ромера.

с текучестью кадров (переходя из одной фирмы в другую, работники переносят с собой накопленные ими знания и опыт);

– прямое государственное вмешательство действительно отсутствует, за исключением финансирования фундаментальной науки, результаты деятельности которой бесплатны и общедоступны (данная корректировка допущения К. Эрроу – самая принципиальная для концепции П. Ромера).

Из этого набора допущений следует несколько выводов, которые из-за недостаточного подтверждения их эмпирическими исследованиями также можно считать допущениями. В частности, чем больше экономика страны, тем больше у нее конкурентных преимуществ в темпах роста ВВП.

Несмотря на заимствованные и собственные упрощения действительности, модель Ромера была избрана корпорацией РЭНД как базовый инструмент прогнозирования долгосрочного развития экономики США сначала в экспериментальном варианте в 2014 г., а затем окончательно – в 2017-м.

Экзогенная переменная у П. Ромера становится эндогенной следующим образом. Сначала он делит капитал и труд по секторам, сумма их и составляет общие капитал и труд. Затем он делает три допущения.

1. Динамика основных фондов инновационного сектора пропорциональна численности работающих в этом секторе. Основные фонды науки и техники оценить сложнее, чем количество занятых. Соотношение труда и капитала в этом секторе не меняется кардинально, поэтому роль численности работающих считается в модели определяющей.

2. Динамика труда (численности работающих) и зависящего от него капитала в инновационном секторе определяет поток инноваций с распределенным лагом.

3. Динамика эффективности производства зависит только от инновационного сектора (то есть только от численности занятых в нем).

С учетом этих трех допущений строятся уравнения, для определения коэффициентов в которых решается обратная задача. Выводы из расчетов по модели нетривиальны, хотя и не противоречат здравому смыслу. В частности, установлена зависимость прироста численности занятых в инновационном секторе от ВВП и инвестиций в реальный сектор экономики. Но только

в долгосрочном периоде, в краткосрочном такой зависимости нет [Ulku, 2004].

В свою очередь численность занятых наукой влияет на динамику ВВП с распределенным лагом. Непосредственное (на следующий год) или с детерминированным лагом (через два или три года) воздействия статистика не подтверждает. Увеличение численности занятых в инновационном секторе оказывает только краткосрочное воздействие на рост ВВП.

И, наконец, с помощью модели показано, что в сфере научно-технического прогресса «чистые» законы спроса и предложения не работают. Здесь правят бал принципы монополистической конкуренции [Romer, 1986], которые действуют не в ценовой области, а в сфере разнообразия производимых товаров и оказываемых услуг.

Результаты исследований Пола Ромера во многих странах послужили основой для разработки нормативных документов, стимулирующих инновации. Его многочисленные последователи вводят в модель и некоторые другие параметры, например, неравенство в доходах [Zamparelli, 2011].

### **Поток патентов как измеритель НТП**

Итак, значимым элементом модели П. Ромера является поток патентов от инновационного сектора (хотя отношение лауреата к патентной системе было не просто отрицательным – он считал ее одним из тормозов научно-технического прогресса). Здесь опять нужно вспомнить его предшественника, К. Эрроу, который еще в 1962 г. выдвинул мысль, что моделирование НТП должно исходить из того, что знание как общественное благо имеет нулевую стоимость и доступно всей экономике. Распространение знаний, в свою очередь, можно описать как процесс диффузии, с помощью перколяционных моделей.

Идею учета уровня знаний и накопленного инновационного опыта с помощью потока патентов задолго до П. Ромера предложил Джейкоб Шмуклер (1917–1967), которого Нобелевская премия обошла, несмотря на то, что он признан теоретиком происхождения инноваций [Schmookler, 1966], благодаря своей концепции спроса на инновации, так называемой «рыночной тяги». У Дж. Шмуклера много последователей, но среди них, к сожалению, нет российских ученых, хотя из его работ можно

было бы извлечь немало полезного, что и сделал нобелевский лауреат П. Ромер.

Развитие данного направления исследований началось с так называемой гипотезы Шмуклера, которую можно выразить следующими двумя тезисами:

- способность порождения инноваций широко распространена и зависит от возможности получения дохода от нее;
- чем обширнее реальный или потенциальный рынок, тем более ориентирована на него инновационная активность – отчасти по той причине, что доходность инноваций увеличивается с ростом размеров рынка, отчасти из-за того, что повышается вероятность встречи инноватора и бизнесмена, имеющего потребность в инновациях, то есть более реальным становится спрос на инновации.

Справедливость гипотезы Шмуклера многократно проверялась, но, как это часто бывает в экономике, однозначно и гарантированно подтверждения добиться не удалось [Abernathy, 1978]. Однако именно благодаря его гипотезе был нащупан баланс между двумя императивами «инновации от знаний» и «инновации от спроса». В пользу первого свидетельствуют те факты, что знания, считавшиеся бесполезными, в итоге оказывались востребованными. В пользу второго – многочисленные примеры открытий и изобретений в рамках масштабных проектов. Случается и то, и другое, и разобраться в этом помогает поток патентов, свидетельств интеллектуальной собственности на инновации.

Сам Шмуклер по кодам выделял 23 отрасли и 443 крупные американские корпорации, в которых генерировалась основная часть изобретений, и строил регрессионные уравнения для периода с 1936 г. по 1950 г., показывающие зависимость темпов роста числа патентов с двухлетним лагом от темпов роста инвестиций в соответствующую отрасль. У него почти всегда получалась линейная регрессия с коэффициентом корреляции вокруг 0,9. Кроме того, он выделял патенты, изобретения по которым использовались только внутри отрасли или отдельной компании, и те, права на которые продавались, и показал, что чем интенсивнее общий поток патентов, тем выше доля патентов, поступающих на рынок.

Чтобы использовать патентную информацию как показатель научно-технического прогресса, требуется выделять из всех патентов те, что связаны с инвестициями в физический капитал.

Есть множество и других проблем. В частности, дороговизна и длительные сроки патентования отсекают немало важных изобретений и открытий (в США, например, патентование занимает в среднем два года, а за поддержание прав на патент нужно ежегодно платить 3000 долл.). К тому же отмечается, что не все изобретения патентоспособны, а из патентоспособных далеко не все патентуются. Нередки и такие случаи, когда патентами защищают изобретения, главная функция которых – подкосить конкурента, а не произвести новую продукцию [Кравцов, 2017].

Несмотря на все недостатки, показатель числа патентов активно используется во многих рейтингах, а также в экономических моделях долгосрочного роста (учитывающих многолетние потоки патентов). Для моделей краткосрочного роста он все-таки не подходит.

Следует отметить, что в работах П. Ромера поток патентов приобрел особую трактовку: он рассматривается уже не как элемент предложения технических новинок, а как показатель того, что некая сфера НТП (страна или отрасль) будут развиваться. Чем больше патентов, тем сильнее эта сфера привлекает новых ученых и инженеров; а это и означает существование спроса на дальнейшие НИОКР. Таким рассуждением отчасти решается дилемма, что определяет инновации: предложение или спрос.

В связи с этим нужно упомянуть еще одного предшественника П. Ромера – Кейта Павитта (Keith Pavitt; 1937–2002). Этот британский экономист, профессор университета Сассекса, разработал классификацию инноваций, привязанную к четырем типам фирм.

1. Преимущественно потребители инноваций (компании традиционного производства в легкой промышленности и сельском хозяйстве), которые редко поставляют на рынок инновации, а чаще используют их внешние источники.

2. Масштабные компании массового производства, которые могут быть как потребителями, так и поставщиками инноваций; к таким относятся производители основных материалов и товаров длительного пользования (металлургия, автомобильная промышленность и прочее).

3. Специализированные поставщики инноваций – малые инновационные фирмы, разрабатывающие новые технологии и виды наукоемкой продукции для продажи их другим компаниям.

4. Базирующиеся на науке компании, которые имеют собственные исследовательские подразделения и одновременно привлекают к своим разработкам университеты и другие организации, а также приобретают патенты (лицензии), промышленные секреты и ноу-хау [Pavitt, 1984].

Как видим, эта таксономия сделана не по отраслевому, а по некоторому комплексному принципу, где присутствуют и отрасль, и размер фирмы, и масштабы производства. Однако предложенные критерии вполне операциональны и могут быть использованы в эмпирических исследованиях.

### **Обратная связь от климата к экономике**

Перейдем к работам другого лауреата. Со времен создания Римского клуба, впервые жестко обозначившего проблему воздействия экономики на климат, исследователи уделяли внимание только этой связи. Считалось даже, что это воздействие – наиболее наглядный пример дефектов рыночной экономики. Достижением У. Нордхауса Нобелевский комитет посчитал формализацию обратной связи – воздействия климата на экономику. В его модели обратная связь – принудительная, она вводится с целью снизить ущерб от изменений климата, вызываемых хозяйственной деятельностью человека.

Модель Нордхауса состоит из трех блоков (модулей).

Модуль циркуляции углерода описывает, как идет кругообращение  $\text{CO}_2$  между основными его резервуарами (атмосфера, биосфера, поверхность и глубины океана), и как глобальная эмиссия  $\text{CO}_2$  влияет на концентрацию его в атмосфере.

Модуль изменений климата описывает динамику глобальной энергии – каким образом концентрация  $\text{CO}_2$  и других парниковых газов влияет на баланс потоков энергии к Земле и от нее. Результат расчетов – глобальная температура на поверхности планеты.

Модуль экономического роста описывает экономику мира с выделением энергии как особого ресурса и той ее части, что получается в результате сжигания топлива. Здесь можно задавать различные варианты экономической политики в отношении изменений климата (налоги, кредиты и прочее), а также влияние их на экономику и эмиссию  $\text{CO}_2$ . Результат расчетов по модулю – динамика ВВП, уровня благосостояния и глобальной

эмиссии  $\text{CO}_2$ , а также динамика ущерба, наносимого экономике изменениями климата.

В начале 1990-х гг. У. Нордхаус по своей модели рассчитал, что оптимальное для экономики мира повышение температуры на Земле к 2100 г. (за 110 лет) должно находиться в диапазоне  $4^\circ\text{C}$ , что предполагало значительное снижение выбросов  $\text{CO}_2$  относительно текущих значений.

Основываясь на выводах У. Нордхауса, 195 стран и международных организаций 12 декабря 2015 г. подписали Парижское соглашение по климату и согласились с тем, что нужно удерживать повышение температуры на уровне существенно менее  $2^\circ\text{C}$ , а желательно – не более  $1,5^\circ\text{C}^2$ , для чего к середине века необходимо полностью прекратить эмиссию  $\text{CO}_2$ . Модель Нордхауса использовалась и для расчетов платы за выбросы углекислого газа по Киотскому протоколу.

Модель Нордхауса существует в двух вариантах. Первый – Dynamic Integrated model of Climate and the Economy (DICE), второй – Regional Integrated model of Climate and the Economy (RICE). Оба они с 1990 г. сильно изменились. Последние расчеты по RICE проведены в 2010 г., по DICE – в 2016-м, уже в пакете имитационного моделирования GAMS.

В DICE мировая экономика рассматривается как единое целое, в RICE она разделена на 12 регионов, каждому из которых можно приписать собственную стратегию. В обеих моделях потребление сейчас сокращается ради увеличения его в будущем. Сам У. Нордхаус считает модель DICE не прогностической, а качественной, позволяющей лишь увидеть риски «глобального потепления» из-за выбросов  $\text{CO}_2$  [Nordhaus, 2004].

По мнению лауреата, загрязнение окружающей среды приводит к необоснованной экономической выгоде, если оно не связано с оплатой социальных издержек, которые общество несет в форме расходов на медицину и прочее. И точно так же, как существует налогообложение доходов, по всему миру должен действовать налог на вредные выбросы. Для дальнейшего понимания связи экономики и климата нужно определить цену единицы загрязнения, например, кубометра выброшенного в атмосферу углекислого газа. Эти принципы и были оформлены Киотским протоколом.

---

<sup>2</sup> К концу 2010-х годов эта цель составляет  $1,5^\circ\text{--}2^\circ\text{C}$ .

Последовавшее за ним Парижское соглашение продемонстрировало, как принято говорить, «отсутствие политической воли». В этом смысле Нобелевская премия У. Нордхауса может расцениваться не только как признание заслуг ученого, но и как способ подтолкнуть страны мира к продолжению работ по сокращению воздействия экономики на природу.

В России разными научными коллективами строятся модели изменений климата, но в них отсутствуют экономические блоки, а следовательно, экономисты остаются в стороне от этих исследований. Не менее активно формируются модели долгосрочного экономического роста с эндогенным научно-техническим прогрессом, но в этих изысканиях не принимают участие представители естественных наук. Опыт лауреатов премии 2018 г. говорит о том, что такие разрывы нужно преодолевать.

Нужно отметить, что когда физики создают модели изменений климата без экономической составляющей, они отслеживают изменяющуюся физическую картину мира. Для экономистов же не принципиально, какой фактор в текущем понимании антропогенных климатических изменений играет главную роль: углекислый газ, метан или озонные дыры в атмосфере. В любом из этих случаев с «антропогенным изменением климата» нужно бороться. И У. Нордхаус может считаться создателем моделей, позволяющих аргументировать цели такой борьбы.

## Отвлечения У. Нордхауса

Каждый настоящий ученый занимается чем-то для души. Так, Уильям Нордхаус, помимо экономических материй (динамика производительности и оплаты труда, динамика цен), изучал политические бизнес-циклы для двухпартийной системы, был автором проекта G-Ecop, в котором предлагалась новая система измерителей для мировой экономики.

Но наибольший разброс мнений он получил по теме «производительность компьютеров». Известны шесть тезисов Нордхауса на этот счет:

- перед Второй мировой войной мир был готов к появлению компьютеров;
- за XX век стоимость вычислений снизилась в два триллиона раз;
- если считать в деньгах, рост получается больше, чем в операциях;
- с 1971 г. этот рост идет без особого изменения архитектуры компьютеров;
- за XX век в расчете на 1 час работы среднего работника объемы расчетов увеличились в  $10^{12}$  раз;
- почему-то благосостояние росло существенно меньшими темпами.

Наибольшие сомнения у многих вызывает последний тезис. Но именно он стимулирует два направления исследований, которые ищут ответы на вопросы: «Почему потребность в вычислениях удовлетворяется такими быстрыми темпами?» и «Чем можно объяснить, что усилия тратятся на то, что напрямую благосостояние не повышает?». А этот вопрос охватывает

более широкий круг проблем, чем скорость компьютерных вычислений: от строительства египетских пирамид до освоения Марса. Зачем-то такие виды деятельности нужны, хотя экономических обоснований им нет.

## Города-хартии Пола Ромера

Некоторые исследователи считают, что увлечение П. Ромера созданием наукоградов связано с его основным профессиональным интересом – эндогенизацией научно-технического прогресса. К тому же в бизнес-школе Штерн Нью-Йоркского университета он отвечает именно за это направление. Однако при присуждении Нобелевской премии его работы в области урбанизации не были учтены.

Пол Ромер выдвинул концепцию города-хартии<sup>3</sup>, который исключен из юрисдикции каких-либо государств и существует сам по себе. Сеть таких городов, по замыслу П. Ромера, составит основу мирового сектора НИОКР. Их будут населять ученые из разных стран, подчиняющиеся законам тех стран, из которых они прибыли (за исключением хозяйственных). Управлять таким городом будет частная компания с участием тех государств, которые решились вложить в такой город земли или капиталом.

П. Ромер считает, что пора внедрять в жизнь принцип: «Наука не имеет границ» и от национальных академгородков переходить к экстерриториальным международным наукополисам. Прототипом подобного города он считает Гонконг, но с оговорками относительно существующей над ним юрисдикции КНР. Ученый даже пытался создать такие города на Мадагаскаре и в Гондурасе. Правда, без особого успеха.

Предшественниками городов-хартий в юридическом плане являются еврорегионы – форма хозяйственного управления трансграничными территориями, когда государства передают права на такое управление специально созданным структурам. Наиболее известен еврорегион «Дунай», которому все государства, расположенные на берегах этой реки, передали права на экологический контроль, регулирование речного трафика и т.д. Россия участвует в 12 подобных еврорегионах.

Пока городов-хартий на Земле нет, но, видимо, их появление не за горами, если уж за их создание взялся нобелевский лауреат. Впрочем, по мнению некоторых исследователей, работа Пола Ромера над концепцией городов-хартий, скорее отдаляла, чем приближала вручение ему Нобелевской премии.

## Литература/References

*Кравцов А. А.* Развитие исследований инновационных процессов на основе патентной статистики: аналитический обзор // Журнал Новой экономической ассоциации. 2017. № 3 (35). С. 144–167. / *Kravcov A. A.* (2017). Razvitie issledovaniy innovacionnykh processov na osnove patentnoj statistiki: analiticeskij obzor. *Jurnal Novej ekonomiceskoj asociacii*. No. 3. Pp. 144–167. (In Russ.).

*Самуэльсон П., Нордхаус У.* Экономика – Economics, 19-е издание, М.: «Вильямс», 2014. 1360 с. / *Samuelson P., Nordhaus W.* (2014). Economics. Moscow. Vilyams Publ. 1360 p. (In Russ.).

Arrow K. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies*. June. Pp. 155–173.

---

<sup>3</sup> Charter city иногда переводят как «чартерный город», но термин «чартер» в русском языке уже занят.

- Solow R. A. (1956). Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, February. Pp. 65–94.
- Ulku H. (2004). R&D, Innovation, and Economic Growth: An Empirical Analysis. IMF Working Paper.
- Romer P. M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *The Journal of Political Economy*. October. Pp. 1002–1037.
- Zamparelli L. (2011). Induced Innovation, Endogenous Growth, and Income Distribution: a Model Along Classical Lines. CeLEG Working Paper Series, No. 2.
- Schmookler J. (1966). *Invention and Economic Growth*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Abernathy W. J. (1978). The Productivity Dilemma: Roadblock to Innovation in the Automobile Industry, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Pavitt K. (1984). Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory. *Research Policy*. 13: 343–373. Doi:10.1016/0048-7333(84)90018-0
- Nordhaus W. (2004). The Climate Casino: Risk, Uncertainty and Economics for a Warming World.

Статья поступила 17.11.2018.

## Summary

*Voronov Yu.P., Institute of Economics and Industrial Engineering, SB RAS, Novosibirsk*

### **In the World of Feedbacks (About Nobel Prize on Economics 2018)**

The results of American economists William Nordhaus and Pol Romer investigations are described in the article. They have got Nobel prize on economics for them. The general criterion for two winners is defined by which the Nobel Committee was guided really. It is introduction of feedbacks in economic and mathematical modeling. Methods of comparison of Nobel 2018 laureates' achievements with the results of their predecessors (K. Arrow; R. Solow; J. Schmookler and others) are used. The progress made by the laureates themselves is noted. Three blocks in the models of W. Nordhaus and P. Romer are distinguished; and the functions of each of them are considered. The assumptions that underlie the models constructed by them are also considered.

The author notes that climate change models are also being built in Russia; but there are no economic blocks in them; models of long-term economic growth with endogenous scientific and technological progress are formed in Russia also; but representatives of natural Sciences do not participate in them. It follows from the experience of the laureates that this gap should be bridged. The article also describes the hobbies of both winners.

*Nobel prize on economics; mathematical models; scientific and technological progress; climate change; feedback; endogenous; exogenous; patent system; long-run development*