

Макроэкономика

Технологии и человеческий капитал в санкционной экономике

Иван Львович Любимов

ORCID: 0000-0002-0646-7264

PhD (Econ.), старший научный сотрудник Центра экономики непрерывного образования,
Институт прикладных экономических исследований, РАНХиГС
(РФ, 119571, Москва, пр. Вернадского, 82).
E-mail: lioubimovi25@hotmail.com

Аннотация

В работе анализируется реакция абстрактной экономики на экзогенное ограничение доступа к передовым технологиям. Внешнее ограничение, сдерживающее технологическое развитие, оказывает эффект не только на сектор производства, но и на образование. Экономические агенты, ожидая замедления процесса модернизации технологий в результате действия ограничения, теряют мотивацию к накоплению человеческого капитала, при помощи которого они управляют технологиями в процессе производства. В результате человеческий капитал пополняется значительно медленнее, чем в экономике без внешнего ограничения. Теоретические результаты, полученные с помощью абстрактной модели, иллюстрируются данными о сложных производствах и университетском образовании в российских регионах. Инструментарий, применяемый в теории экономической сложности, используется для оценки двух индексов, один из которых отражает развитие сектора сложных производств, а другой — развитость университетского образования. Автор вычисляет меру содержательного соответствия между видами экономической деятельности и университетскими специальностями на региональном уровне. Сделан вывод о том, что регионы, характеризующиеся более развитым сектором сложных производств, отличаются более развитой университетской системой, а также более выраженным соответствием между структурой экономики и системой высшего образования. Именно эти регионы могут в большей мере пострадать от санкционных ограничений, затрудняющих проникновение в российскую экономику более современных технологий, а также от изменения мотивации абитуриентов к изучению соответствующих дисциплин. В качестве меры по уменьшению негативного эффекта на технологическое развитие в таких регионах представляется поиск возможностей для восстановления участия российских компаний в глобальных технологических цепочках.

Ключевые слова: санкции, технологическое развитие, высшее образование.**JEL:** O30, O33, I25.

Macroeconomics

Technology and Human Capital in an Economy Under Sanctions

Ivan L. Lyubimov

ORCID: 0000-0002-0646-7264

PhD (Econ.), Senior Research Fellow, Center for the Economics of Continuing Education,
Institute for Applied Economic Research, Russian Presidential Academy of National Economy
and Public Administration,^a liubimovi25@hotmail.com

^a 82, Vernadskogo pr., Moscow, 119571, Russian Federation

Abstract

The article considers an abstract economy which has limited legal opportunities to modernize its technology. As technology and human capital interact, this limitation also impacts educational choices. Economic agents who are expecting a slowdown in technological modernization become less motivated to augment their human capital. Projecting that model onto Russia's economy under sanctions indicates that the pace will slacken both in technological modernization and in the accumulation of human capital. As it is clearly too early to make predictions in granular detail regarding Russian industries, the article focusses instead on the country's various regions. The theory of economic complexity is employed to calculate indexes reflecting the sophistication of the more complex regional industries and universities. The correlation between types of economic activity and university specialization at the regional level is also estimated. The conclusion is that regional economies featuring a more fully developed complex manufacturing sector also have a more developed university system as well as a tighter correlation between the structure of the economy and of the higher education system. These regions may be more affected by sanctions because it becomes more difficult for the modern technologies which are intensively used in complex industries to penetrate the Russian economy. To reduce the impact of restrictions on technological development and education, efforts should be made to restore the participation of Russian companies in global technology chains.

Keywords: sanctions, technological development, higher education.

JEL: O30, O33, I25.

Введение

Вближайшие годы российской экономике предстоит функционировать в условиях масштабных санкционных ограничений. Часть этих ограничений способна привести к прекращению участия некоторых российских высокотехнологичных компаний в глобальных цепочках добавленной стоимости. Результативность и последствия этих ограничений еще предстоит оценить, поскольку в настоящее время контуры оказавшейся в санкционных условиях российской индустрии только формируются.

Тем не менее ожидается, что определенная часть высокотехнологичных фирм довольно серьезно пострадает от воздействия санкций, в том числе из-за ухода из России иностранных партнеров¹. В результате российская экономика может столкнуться с потерями в уровне экономической сложности. Стоит отметить, что в России этот уровень и прежде не был слишком высоким: ее экономика устойчиво располагалась в шестом десятке стран в соответствии с индексом ECI (economic complexity index), измеряющим уровень экономической сложности в той или иной стране².

Эффект ограничений участия в глобальных технологических цепочках коснется не только соответствующих производителей. Высокотехнологичные компании интенсивно используют человеческий капитал в качестве производственного фактора [Teixeira, Queirós, 2016]. Технологическое упрощение или прекращение выпуска, которые могут затронуть такие компании, приведут к изменениям на рынке труда и могут повлиять на спрос на определенный сегмент образования, поскольку соответствующие рабочие места могут оказаться менее качественными [Acemoglu, 2019]. В результате не только уменьшится уровень технологической оснащенности российской экономики, но и сократится запас человеческого капитала в некоторых секторах.

В настоящей статье рассматривается абстрактная экономика, в которой замедление технологического развития, ставшее реакцией на внешнее изменение, воздействует на решение экономических агентов об инвестициях в человеческий капитал. Структура рассматриваемой абстрактной экономики опирается на работы [Acemoglu, 1994; Acemoglu, Autor, 2010; Goldin, Katz, 2008; Redding, 1996], однако с точки зрения деталей наиболее близка к [Казакова и др., 2016]. В исследовании [Казакова и др., 2016] взаимодействующие репрезентативная фирма и типичный работник в момент принятия решения о вложениях в находящиеся под их контролем

¹ Список покинувших Россию иностранных компаний приводится, например, в: <https://som.yale.edu/story/2022/over-1000-companies-have-curtailed-operations-russia-some-remain>.

² <https://atlas.cid.harvard.edu/rankings>.

факторы производства учитывают вероятный выбор, который делает другая сторона.

В соответствии с полученным результатом негативное влияние внешнего изменения на экономику приводит к замедлению технологического развития, в наименее благоприятном случае — к технологической деградации. В зависимости от тяжести последствий внешнего шока для технологического развития накопление человеческого капитала замедляется, в крайней ситуации — переходит в его сокращение.

В качестве эмпирической иллюстрации результатов, полученных по итогам решения теоретической модели, в настоящей статье, как и в работе [Симачев и др., 2021], рассматривается сектор наиболее сложных производств в российских регионах, выпускающих товары, которые относятся к следующим группам: аддитивное производство, современные материалы, аэрокосмическая промышленность, биотехнологии, электроника, гибкое производство, ИКТ, науки о жизни, ядерные технологии, оптоэлектроника, вооружения.

Выбор сектора определяется тем, что его функционирование представляется более чувствительным к санкционным ограничениям. Дело не столько в том, что эти отрасли требуют импорта инвестиционных и промежуточных товаров, необходимых для организации соответствующего выпуска. Выпуском требующихся инвестиционных благ часто занимаются компании, располагающиеся в странах, которые наложили на российский импорт санкционные ограничения. В особенности это касается сектора машиностроения. Например, ключевое оборудование для производства микрочипов производится в Нидерландах³ и Японии⁴. Более сложные товары выпускаются меньшим числом стран, потому что соответствующие ноу-хау доступны лишь небольшому числу компаний в мире [Hidalgo, 2015]. Найти замену таким производителям или создать соответствующее производство в своей стране крайне сложно, если не невозможно. Параллельный импорт представляет собой плохо предсказуемый канал восстановления разорванных торговых цепочек, потому что в значительной мере зависит от политических, а не технологических факторов. Автор настоящей работы оценивает сектор передовых производств как более уязвимый к санкционным ограничениям.

Используя инструментарий теории экономической сложности [Hausmann et al., 2011], автор настоящей работы оценивает российские регионы с точки зрения развития в них сектора сложных производств. Кроме того, оценивается уровень развития регио-

³ <https://www.asml.com/en/products/euv-lithography-systems>.

⁴ <https://asia.nikkei.com/Business/Electronics/Japanese-companies-fight-for-share-of-EUV-chip-technology-sector>.

нальных университетских систем, для чего используются данные мониторинга приема в вузы, проводимого НИУ ВШЭ⁵. Оценка, базирующаяся на использовании инструментария теории экономической сложности, принимает во внимание качество, но не масштаб подготовки студентов в рамках той или иной университетской специальности. Такой выбор приоритета в оценивании сложности региональных университетских систем связан с тем, что для сектора наиболее сложных производств прежде всего требуется не массовая, а элитарная подготовка соответствующих специалистов.

В статье не дается эмпирическая оценка сложности образования, которое работник получает на рабочем месте, в силу отсутствия требующихся для этой цели данных в необходимом масштабе. В качестве заменяющей такие данные переменной можно было бы использовать сведения о структуре регионального рынка труда, предположив, что более сложные профессии с большей вероятностью связаны с обучением на рабочем месте. Но такое предположение может показаться — и вполне справедливо — слишком сильным. Поэтому автор статьи ограничивается оценкой стадии обучения, связанной с получением высшего образования, но не знаний на рабочем месте.

Наконец, благодаря привлечению методологии, предложенной в других работах автора (подробнее о ней в Приложении), где с учетом региональных данных устанавливается соответствие между университетскими специальностями и экономической структурой, удастся выяснить, в какой мере такое соответствие обнаруживается в различных российских регионах.

Согласно полученным данным, наиболее развитые с точки зрения сложных производств и университетского образования регионы в значительной мере характеризуются связанностью между структурами университетских специальностей и технологичных производств. Стоит ожидать, что именно такие регионы в наибольшей мере будут подвержены технологическому замедлению и следующему за ним изменению образовательных предпочтений абитуриентов.

Необходимо отметить, что используемые данные не включают сведения о межрегиональной миграции. По этой причине в работе не рассматриваются межрегиональные эффекты, когда возможное сокращение некоторого производства, расположенного в одном регионе, влияет на спрос на образование, которое предоставляется в другом. Таким образом, мы получаем минимальные оценки влияния изменений в сфере сложного производства на университетское образование, позволяющие сформировать представление о наиболее уязвимых к санкциям российских регионах.

⁵ <https://ege.hse.ru/>.

Автор настоящей статьи полагает, что минимизировать санкционный эффект способно только восстановление в том или ином виде участия российских технологичных предприятий в глобальных цепочках добавленной стоимости.

Работа имеет следующую структуру. В первом разделе рассматривается версия модели из работы [Казакова и др., 2016] с добавлением параметра, определяющего легкость проникновения новой технологии в экономику. Содержащееся во втором разделе обсуждение результатов оценок и возможного эффекта санкций, включающее прогноз, какие регионы рискуют пострадать от санкционных ограничений в наибольшей мере, служит продолжением этой работы, а третий раздел, посвященный мерам экономической политики, завершает ее.

1. Базовая модель

В этом разделе представлена теоретическая модель, базовая версия которой содержится в работе [Казакова и др., 2016]. В упомянутой статье решение о затратах на накопление человеческого капитала определяется выбором размера вложений в модернизацию производственной технологии. И наоборот, инвестиции в развитие технологий во многом зависят от того, делаются ли в экономике вложения в накопление человеческого капитала. Новые технологии работают более эффективно в том случае, если подушевой запас человеческого капитала увеличивается. Вследствие взаимного влияния принимаемых решений о размере инвестирования в технологии и человеческий капитал снижение темпов инвестиций в одной сфере негативно сказывается на инвестициях в другой.

Производство

Модель использует упрощенную структуру, ограниченную сектором производства. Включение в модель потребительского сектора добавляет некоторые поведенческие и финансовые параметры, не слишком существенно, однако, помогающие в объяснении процессов, на которых фокусируется эта работа. Поэтому от рассмотрения потребительского сектора в модели решено отказаться.

Предполагается, что в абстрактной экономике выпуск конечного блага становится результатом сочетания в производственном процессе трех факторов: технологий, труда и человеческого капитала. В модели игнорируется физический капитал. В значительной мере это можно объяснить тем, что технологии во многом воплощены в производственном оборудовании, поэтому можно сфокусироваться на них и их взаимодействии с человеческим капиталом.

В производстве конечного блага участвует большое число компаний. В их распоряжении находится идентичная технология. Выпуск также невозможен без участия работников, использующих схожие навыки и знания, которым в модели отводится роль человеческого капитала. У работников нет иных источников дохода, кроме труда, поэтому они неэластично предоставляют свои трудовые услуги и знания фирмам⁶. В работе делается предположение о том, что ни у компаний, ни у работников нет достаточной власти на рынке труда, поэтому конкуренция за рабочие места и работников находится на высоком уровне. В результате доход делится между фирмами и работниками в соответствии с предельными производительностями факторов, которые им принадлежат.

Из-за того что модель не предусматривает разнообразия в свойствах фирм и работников, ее можно решить при помощи анализа поведения репрезентативной фирмы и типичного работника. Выпуск репрезентативной фирмы описывается следующим образом:

$$Y = (A)^{1-\theta} (HL)^{\theta}, \quad (1)$$

где Y служит для обозначения размера выпуска конечного блага, A — используемая во время производства конечного блага технология, принадлежащая фирмам, H — находящийся в собственности у работников человеческий капитал, участвующий в производстве конечного блага, L — количество работников, каждый из которых наделен запасом человеческого капитала H .

Выражение (1) описывает механизм выпуска конечного блага в течение одного периода.

Временная структура модели

Экономика может производить конечное благо Y в течение бесконечного числа периодов; поколения фирм и работников, занимающиеся выпуском, приходят на смену друг друга. Некоторое поколение t , о котором ниже будет сказано более подробно, выпускает конечное благо Y на протяжении двух последовательных периодов — 0 и 1. Каждое новое поколение занимается производством в рассматриваемой экономике только после ухода предшествующего поколения и до прихода следующего.

Таким образом, поколения не пересекаются друг с другом. Это предположение может показаться слишком сильным, поскольку в окружающем мире поколения со всей очевидностью сосуществуют. Однако если поколение в модели выполняет функцию производителя, то последовательная смена поколений выглядит

⁶ Это предположение может быть изменено: в модели могут быть рассмотрены работники разных типов, например различающихся запасом человеческого капитала.

более правдоподобной: на некоторое поколение может ложиться основная производственная нагрузка в экономике, а другие поколения играют в этом процессе периферийную роль. Например, более старшее поколение может уже покидать рынок труда, а более молодое — входить на него.

Участие в производстве на протяжении жизни некоторого поколения можно разбить на два этапа, соответствующих началу трудовой деятельности и ее продолжению:

$$Y_t = (A_{t,0})^{1-\theta} (H_{t,0}L)^\theta + (A_{t,1})^{1-\theta} (H_{t,1}L)^\theta. \quad (2)$$

Выражение (2) отражает суммарный выпуск конечного блага поколением t . Ввиду того что любое поколение занимается выпуском в течение двух периодов, выражение (2) включает два слагаемых, первое из которых отражает механизм производства фирмы, задействованный в выпуске конечного блага в начале жизни поколения t , то есть в период 0, второе — определяет уровень выпуска в период 1.

Инвестиции

В рассматриваемой экономике каждое из поколений, состоящее из фирм и работников, занято выпуском конечного блага Y . Помимо этого, фирмы инвестируют в производственные технологии, в результате чего в экономике происходит технологическое развитие, а работники накапливают человеческий капитал.

Фирмы передают технологию, при помощи которой производится конечное благо Y , следующему поколению фирм и сами получают от предшествующего поколения производственную технологию. После того как работники этого поколения перестают заниматься производством, они передают следующему поколению работников накопленный ими человеческий капитал. В свою очередь поколение, занимающееся производством сегодня, получает человеческий капитал от предшествующего.

Конкуренция является основной силой, определяющей вознаграждение работников за их вклад в выпуск конечного блага. Размеры когорт работников и фирм велики, их относительный размер сохраняет постоянство. Это означает также, что массовая социальная мобильность, позволяющая перемещаться между двумя группами экономических агентов, фирмами и работниками, довольно затруднительна, что в значительной мере соответствует наблюдаемым фактам [Berger, Engzell, 2020]⁷. При этом индивидуальная социальная мобильность в модели допускается: предста-

⁷ <https://www.weforum.org/agenda/2020/09/social-mobility-upwards-decline-usa-us-america-economics/>.

витель некоторого домохозяйства, традиционно относящегося к категории «работники», может стать владельцем фирмы.

Наконец, делается предположение о том, что от поколения к поколению передаются только технология и человеческий капитал, но не потребительское благо Y , которое полностью используется поколением, которое его произвело.

Фирма, являющаяся собственником технологии, имеет возможность использовать принадлежащую ей долю конечного блага для инвестиций в собственное развитие. Предполагается, что фирма может выйти на рынок, где продаются более производительные технологии. Все эти технологии, включая наиболее производительную A_t^L , располагаются за пределами рассматриваемой экономики и, таким образом, не находятся под контролем фирм. Владелец компании может использовать конечное благо для обмена на часть технологической дистанции между национальной технологией и лидирующей — A_t^L .

Та часть дистанции до лидирующей технологии A_t^L , которую покупает фирма, определяется следующим образом: $\mu(x_t)(A_t^L - A_{t,0})$, где доля расстояния между внутренней технологией $A_{t,0}$ и лидирующей технологией A_t^L располагается на отрезке $0 \leq \mu(x_t) \leq 1$. Доля $\mu(x_t)$ определяется частью $0 \leq x_t \leq 1$ дохода, получаемого фирмой в период 0, которая направляется на развитие технологии.

Доля $\mu(x_t)$ удовлетворяет нескольким алгебраическим свойствам: $\mu'(x_t) > 0$, $\mu''(x_t) < 0$. Кроме того, она соответствует условиям Инады: $\lim_{x_t \rightarrow \infty} \mu'(x_t) = 0$, $\lim_{x_t \rightarrow 0} \mu'(x_t) = \infty$. Иными словами, более высокая часть дохода владельца фирмы, инвестируемая в развитие технологий, приводит к более масштабной закупке внешней технологии и развитию национальной, но темп технологического развития становится тем меньше, чем большая доля дохода x_t собственника фирмы используется для инвестиций в улучшение национальной технологии. Таким образом, отдача от инвестирования в технологическое развитие является положительной, но убывающей при увеличении размера x_t .

Благодаря инвестированию в развитие технологий уровень технологии увеличивается с $A_{t,0}$ в период 0 до $A_{t,1} = A_{t,0} + \mu(x_t)(A_t^L - A_{t,0}) = \mu(x_t)A_t^L + (1 - \mu(x_t))A_{t,0}$ в период 1. $A_{t,1}$, таким образом, представляет собой линейную комбинацию между $A_{t,0}$, то есть уровнем национальной технологии в период 0, когда в экономику приходит следующее поколение, и лидирующей технологией A_t^L .

После того как технология послужила созданию потребительского блага Y в период 1, говоря иначе, в последний период, когда поколение t участвовало в производстве, технология $A_{t,1}$ достается поколению $t + 1$, приходящему на смену t . В следующий период, когда производством в экономике начинают заниматься уже фир-

мы, принадлежащие поколению $t + 1$, компании из этого поколения используют модифицированную технологию $A_{t+1,0}^L = A_{t,1}^L$, доставшуюся от предшествующего поколения t .

Изменение лидирующей технологии A_{t+1}^L происходит с некоторым заданным темпом g . Такое улучшение всегда случается в конечный период жизни некоторого поколения, то есть в период 1. Фирмы, принадлежащие поколению $t + 1$, могут заниматься технологическим заимствованием уже относительно улучшенной версии лидирующей технологии $A_{t+1}^L = A_t^L(1 + g)$.

Работники наследуют человеческий капитал от поколения предшественников и используют его для совместного с фирмами производства конечного блага. Кроме того, им доступна возможность, заключающаяся в накоплении человеческого капитала и получении дополнительного образования.

Норма амортизации человеческого капитала предполагается равной ничтожно малой величине. В результате этого предположения размер человеческого капитала не уменьшается при транзите между поколениями. Таким образом системе образования удастся передавать знания между поколениями без утраты⁸. Увеличение нормы износа человеческого капитала до большей величины не воздействует на равновесные решения в рассматриваемой экономике ввиду отсутствия межпоколенческой оптимизации в модели: решения принимаются внутри каждого поколения. Однако высокая норма амортизации человеческого капитала может замедлить его накопление на более длительных временных горизонтах, в результате чего ВВП будет увеличиваться медленнее.

Транзит человеческого капитала от предшествующего поколения к следующему за ним отражает функционирование системы образования еще до того, как работники принимают участие в производстве конечного блага. Такая функция соответствует, например, школьному образованию. Человеческий капитал в модели не уничтожается после появления новой технологии, а накапливается.

В период 0, в начале своей трудовой карьеры, работники имеют возможность задействовать долю ψ_t от полученного ими от предшествующего поколения человеческого капитала для приобретения образования, а оставшуюся часть $1 - \psi_t$ использовать в выпуске конечного блага Y . Долю ψ_t можно интерпретировать как время, которое распределяется между образованием и работой.

Отдача от использования работником в период 0 унаследованного им человеческого капитала $\psi_t H_{t,0}$ для получения дополнительного образования заключается в том, что в следующий пе-

⁸ Шоковая трансформация системы образования вполне может привести к утрате накопленного в некоторой стране знания, как это произошло, например, в Третьем рейхе [Horn, 1976].

риод — период 1 — работник получает возможность использовать для производства конечного блага уже на $\psi_t H_{t,0}$ единиц человеческого капитала больше.

Из-за того что в соответствии со сделанными предпосылками все фирмы в этой экономике идентичны с технологической точки зрения, у работников нет причин для получения уникальных навыков. Навыки, которые работники получают за счет дополнительного образования, являются общими: их использование возможно в любой компании [Becker, 1964].

Выбор собственников фирмы

Ввиду того что фирмы в этой модели идентичны, достаточно рассмотреть задачу оптимизации репрезентативной фирмы. Агрегированный доход репрезентативной фирмы, входящей в поколение t , за оба периода составляет следующую величину:

$$I_t = (1 - \theta)((1 - x_t)(A_{t,0})^{1-\theta}(H_{t,0}(1 - \psi_t)L)^\theta + (A_{t,1}(x_t))^{1-\theta}(H_{t,0}(1 + \psi_t)L)^\theta), \quad (3)$$

где I_t служит для обозначения дохода репрезентативной фирмы, индекс t указывает на поколение, к которому эта фирма принадлежит, x_t — доля дохода фирмы в период 0, которая используется для инвестиций в технологическое развитие. Оставшаяся часть дохода, полученного в период 0, соответствующая доле $1 - x_t$, потребляется компанией. Благодаря издержкам на развитие технологии, понесенным фирмой в период 0, в следующий период 1 она получает возможность использовать более производительную версию технологии $A_{t,1}(x_t)$, за счет чего увеличивает уровень выпуска и свой доход. Напомним, что $A_{t,1}(x_t)$ представляет собой линейную комбинацию между лидирующей технологией и унаследованной от предшествующего поколения фирм национальной технологией $A_{t,1} = \mu(x_t)A_t^L + (1 - \mu(x_t))A_{t,0}$.

Выражение (3) состоит из двух слагаемых: первое отражает доход фирмы в период 0, второе — в период 1. Умножение обоих слагаемых на $1 - \theta$ необходимо, чтобы получить долю фирмы в выпуске. Умножение $1 - x_t$ на долю фирмы в выпуске первого периода требуется для получения дохода за вычетом затрат на инвестиции в обновление технологий.

Поскольку работники имеют возможность использовать долю принадлежащего им человеческого капитала, унаследованного от предшествующего поколения, для накопления знаний, в период 0 в производственную функцию добавляется оставшаяся доля человеческого капитала $1 - \psi_t$, используемая для выработки конечного блага. Поскольку инвестиции в увеличение человеческого

капитала приносят отдачу в следующем периоде в виде возросшего его запаса, $1 + \psi_t$ добавляется в производственную функцию в периоде 1.

Репрезентативная компания занимается поиском значения доли x_t , которая максимизирует доход всего поколения фирм.

Выбор работников

Работники ищут тот уровень расходов на образование, что позволит им максимизировать доход в течение двух периодов. Иными словами, они ищут оптимальную долю ψ_t контролируемого ими человеческого капитала, которая используется для накопления этого фактора. Агрегированные доходы поколения работников выглядят следующим образом:

$$W_t = \theta((A_{t,0})^{1-\theta}(H_{t,0}(1 - \psi_t)L)^\theta + (A_{t,1}(x_t))^{1-\theta}(H_{t,0}(1 + \psi_t)L)^\theta). \quad (4)$$

Выпуск за два периода умножается на долю θ , в результате получается доход работников. Используя в период 0 часть ψ_t находящегося под их контролем человеческого капитала для инвестиций в образование, работники сокращают выпуск, потому что используют в производстве лишь долю $1 - \psi_t$. В результате того что для целей выпуска используется только часть человеческого капитала, доход становится меньше. Однако в следующем периоде используется уже $1 + \psi_t$ от первоначального запаса человеческого капитала. Если $1 + \psi_t > 1$, что соответствует накоплению человеческого капитала, то результатом инвестиций в образование в период 0 становится рост дохода в период 1. Поиск доли ψ_t , максимизирующей доход поколения t работников, составляет процесс решения оптимизационной задачи для этой группы экономических агентов.

Оптимизация

Собственники фирм решают задачу максимизации выражения (3) по доле x_t в доходе от выпуска в период 0, которая направляется на улучшение полученной от предшествующего поколения компаний технологии. Работники, в свою очередь, максимизируют выражение (4) по доле ψ_t человеческого капитала. Эта доля используется для получения образования.

Решение соответствующих оптимизационных задач для выражений (3) и (4) приводит к получению следующих промежуточных результатов в виде условий первого порядка:

$$\left(\frac{A_{t,1}(x_t)}{A_{t,0}} \right)^{1-\theta} \left(\frac{1 + \psi_t}{1 - \psi_t} \right)^\theta = \frac{A_{t,1}(x_t)}{(1 - \theta) \frac{\partial A_{t,1}(x_t)}{\partial x_t}}, \quad (5)$$

$$\frac{A_{t,1}(x_t)}{A_{t,0}} = \frac{1 + \psi_t}{1 - \psi_t}. \quad (6)$$

После подстановки выражения (5) в (6) получается следующий результат:

$$\frac{\partial A_{t,1}(x_t)}{\partial x_t} = \frac{A_{t,0}}{1 - \theta}. \quad (7)$$

Совмещая (7) с $A_{t,1}(x) = \mu(x_t)A_t^L(g) + (1 - \mu(x_t))A_{t,0}$, получаем следующее выражение:

$$\mu'(x^*) = \frac{1}{(1 - \theta) \left(\frac{A_t^L(g)}{A_{t,0}} - 1 \right)}. \quad (8)$$

Необходимо напомнить, что лидирующая технология A_t^L меняется во времени: она развивается с постоянным темпом g на протяжении жизни каждого поколения в период 1. Таким образом, развитие лидирующей технологии определяется следующим выражением: $A_t^L(g) = A_{t-1}^L(1 + g)$.

Динамика x_t^* зависит от соотношения $A_t^L(g)/A_{t,0} = A_{t-1}^L(1 + g)/A_{t,0}$. При высокой дистанции до лидирующей технологии доля x_t^* также будет высокой, что имеет своим следствием приближение национальной технологии $A_{t,1}(x)$ к лидирующей технологической границе $A_t^L(g)$. Наоборот, при небольшом уровне дистанции до лидирующей технологии $A_t^L(g)/A_{t,0}$ инвестиции в технологическое заимствование невелики, ввиду чего экономика может увеличить отставание от передовой технологии. В результате уровень национальной технологии сходится к такому, при котором дистанция с лидирующей технологией в среднем становится постоянной, а темп развития национальной технологии в среднем равен темпу изменения лидирующей технологии. Стоит обратить внимание на то, что национальная технология полностью догоняет лидирующую только в том случае, когда $g = 0$, то есть когда лидирующая технология стагнирует.

При $g > 0$ национальная технология остается позади лидирующей. Для того чтобы догнать лидирующую технологию, требуется еще один источник технологического развития. Таким источником может быть внутренний технологический прогресс. Благодаря ему темп технологического развития может превышать темп изменения лидирующей технологии. Однако, если судить по данным Atlas of Economic Complexity, Россия все время, что проводятся измерения, располагается ниже 50-й позиции в рейтинге экономической сложности, отражающем технологическую сложность и разнообразие экспортируемых страной товаров. Такое

место в рейтинге указывает на большое отставание от технологических лидеров, следовательно, предположение, что технологическое заимствование является основным способом развития национальной технологии, не лишено оснований.

После небольших преобразований выражение (6) принимает следующий вид:

$$\psi_t = \frac{A_{t,1}(x_t) - A_{t,0}}{A_{t,1}(x_t) + A_{t,0}}. \quad (9)$$

Поговорим о содержательном наполнении выражений (8) и (9). Выражение (8) отражает механизм принятия решений об инвестировании в технологическое развитие, полностью определяемое рядом параметров. Тривиальная часть этого механизма заключается в положительном влиянии на x_t^* — долю дохода фирмы, которая инвестируется в заимствование технологий, параметра $1 - \theta$, отражающего важность для выпуска технологического фактора. Если технология важнее для выпуска, чем фактор труда, то большая часть выпуска достается собственнику производства, поэтому в период 0 он мотивирован инвестировать большую долю своего дохода в технологическое развитие.

Более высокий темп развития g лидирующей технологии мотивирует вкладывать большую часть дохода в улучшение национальной технологии. Для этого результата можно предложить вполне правдоподобную интерпретацию. Более быстрый темп развития лидирующей технологии означает и более быстрое устаревание уже разработанных технологий. Устаfeвающие технологии становятся доступными быстрее, чем при более медленном процессе технологического развития. Поэтому собственники фирм могут позволить себе покупать больше технологий и развивать собственную производственную технологию быстрее.

Стоит еще раз отметить, что в динамике национальная экономика никогда не может достигнуть лидирующего технологического уровня, поскольку сохраняется дистанция между передовой технологией и национальным технологическим уровнем.

Санкции

Добавим к процессу копирования технологий, который отражается при помощи уже упоминавшейся линейной комбинации $A_{t,1}(x) = \mu(x_t)A_t^L + (1 - \mu(x_t))A_{t,0}$, параметр $\tau \leq 1$, отвечающий за сложность проникновения новых технологических решений в национальную экономику. Чем труднее проникновение новых технологий, тем ниже значение параметра τ . Включение в модель параметра τ происходит следующим образом: τ добавляет-

ся в выражение $A_{t,1}(x) = \mu(x_t)A_t^L + (1 - \mu(x_t))A_{t,0}$, в результате чего оно трансформируется в выражение $A_{t,1} = A_{t,0} + \tau\mu(x_t)(A_t^L - A_{t,0}) = \tau\mu(x_t)A_t^L + (1 - \tau\mu(x_t))A_{t,0}$.

Включение меры затруднения проникновения новых технологических решений в экономику приводит к следующим изменениям в выражении (8):

$$\mu'(x_t^*) = \frac{1}{(1 - \theta)\tau \left(\frac{A_{t-1}^L(1 + g)}{A_{t,0}} - 1 \right)}. \quad (10)$$

Если параметр τ , отражающий затруднения в перетоке технологий (например, юридического характера), принимает меньшие значения, это приводит к росту затрат на развитие национальной технологии. Тот же масштаб технологического заимствования, какой возможен при отсутствии затруднений в процессе перетока технологий, то есть при $\tau = 1$, достигается за счет значительно более высоких затрат при $\tau < 1$. При более жестких ограничениях на технологическое развитие, например при $\tau = 0$, инвестиций в покупку новых технологий и технологической модернизации не происходит: выбор собственника фирмы составляет $x_t^* = 0$, что следует из выражения (10) благодаря действию следующего условия Инады: $\lim_{x_t \rightarrow 0} \mu'(x_t) = \infty$.

Наиболее неприятные для экономики ограничения связаны со случаями, подчиняющимися неравенству $\tau < 0$. Если действует это неравенство, инвестирование в модернизацию технологий приводит к потере накопленного экономикой технологического уровня. Если экономику ожидают санкции, инвестирование в технологическую модернизацию (например, за счет участия в глобальных цепочках добавленной стоимости) не имеет смысла, потому что достигнутый за счет этих цепочек более высокий технологический уровень будет утрачен.

Похожее уже произошло в результате санкций в российском автомобилестроении, где уход зарубежных партнеров с российского рынка, а также отказ некоторых китайских производителей от поставок двигателей российским компаниям⁹ сделали инвестиции в выпуск более современных моделей малоэффективными или даже безрезультатными. Испытывают трудности и другие производства транспортной отрасли: так, в июле 2022 года не выпущено ни одного вагона метро¹⁰. Нет уверенности, что соответ-

⁹ Китайская *Weichai* перестала поставлять «КамАЗу» газовые двигатели из-за санкций // Ведомости. 2022. 1 сентября. <https://www.vedomosti.ru/business/news/2022/09/01/938683-weichai-perestala-postavlyat-kamaz-u-dvigateli>.

¹⁰ Коренько А. Вагонная агония // РБК. 2022. 5 сентября. <https://www.rbc.ru/newspaper/2022/09/06/631207639a7947c9a996ea48>.

ствующие цепочки добавленной стоимости удастся восстановить в ближайшем будущем.

Если значение $\tau < 0$ анонсируется заранее, то собственники фирм отказываются от инвестиций в модернизацию технологии. Если же $\tau < 0$ имеет шоковую природу, иначе говоря, ограничение накладывается неожиданно, экономика утрачивает часть технологического запаса.

Более медленные темпы технологического развития приводят и к сокращению темпов пополнения человеческого капитала. Это следует из выражения (9). Например, при полном запрете на переток технологий ($\tau = 0$) технологической модернизации не происходит, то есть $A_{t,1}(x) = A_{t,0}$. Следовательно, в соответствии с выражением (9) у работников нет стимулов и для получения дополнительного образования. Поскольку запас человеческого капитала передается из поколения в поколение, следующему поколению будет передан тот же запас человеческого капитала, что достался поколению настоящему, без увеличения его размера.

Стоит обратить внимание, что $\tau < 0$ приводит к большей потере в $A_{t,1} = A_{t,0} + \tau \mu(x_t)(A_t^L - A_{t,0})$ в случае экономики со значительной дистанцией между национальной и лидирующей технологиями. Следовательно, в соответствии с конструкцией модели технологическое обрушение менее развитой экономики в случае введения санкций выше, чем более развитой.

Перечислим еще раз основные результаты теоретической модели. Доля дохода x_t^* , используемая для инвестиций в улучшение технологий, связана положительной зависимостью с дистанцией $A_t^L/A_{t,0}$ между национальной технологией $A_{t,0}$ и лидирующей технологией A_t^L . Старт технологического развития с низкой технологической базы, при которой дистанция между национальной $A_{t,0}$ и лидирующей A_t^L технологиями велика, стимулирует фирму направлять большую долю дохода в период 0 в технологическую модернизацию. Сходный эффект наблюдается при быстром развитии лидирующей технологии, то есть при высоких значениях параметра g , а также низком уровне ограничений на переток технологий τ .

Из выражения (9) следует, что оптимальная доля ψ_t^* человеческого капитала, используемая для инвестиций в образование, положительна, когда фирмы модернизируют национальную технологию. В таком случае выполняется неравенство $A_{t,1} > A_{t,0}$, в результате чего $\psi_t^* > 0$. При отсутствии технологического развития (при выполнении условия $A_{t,1} = A_{t,0}$) инвестирования в человеческий капитал не происходит, или $\psi_t^* = 0$. В случае технологической деградации (при $A_{t,1} < A_{t,0}$) накопление человеческого капитала становится отрицательным, то есть $\psi_t^* < 0$. Работники расстаются

с частью человеческого капитала, поскольку отдачи от его использования получить не смогут.

Таким образом, шоковое изменение, которое прежде всего затрагивает процесс накопления технологий, затем распространяет свое влияние и на решения о накоплении человеческого капитала.

2. Дискуссия

В 2022 году на российскую экономику были наложены санкции, значительная часть которых заключается в остановке технологических связей с другими производителями — связей, образовавшихся ранее в рамках глобальных цепочек добавленной стоимости. В результате экономика столкнулась с новым структурным ограничением, которое содержательно отличается от того, что рассматривается в статье [Казакова и др., 2016]. В работе [Казакова и др., 2016] основными факторами, сдерживающими технологический прогресс и накопление запаса человеческого капитала, являлись недостатки корпоративного управления и/или слабой защиты прав собственности. Такие ограничения становились причиной экономического развития, напоминающего движение пригородного электропоезда, который делает регулярные остановки после непродолжительного движения. Из-за потерь, к которым приводило неэффективное инвестирование или нарушение прав собственности, компании регулярно останавливали процесс технологической модернизации и возобновляли его, когда лидирующая технология оказывалась далеко впереди национальной, ввиду чего процесс заимствования технологий, утративших лидерство, становился дешевле.

При санкциях у процесса технологического развития нет определенного образца. Исключение российских производителей из существующих глобальных технологических цепочек соответствует случаям, при которых $\tau < 0$. Результатом таких ограничений становится не только отсутствие технологического развития, но и снижение текущего технологического уровня, поскольку без взаимодействия с производителями из других стран соответствующая технология не функционирует.

Однако нет никакой уверенности, что именно сценарий $\tau < 0$ станет итогом санкционных ограничений. Для этого есть несколько причин. Во-первых, усилия, направленные на поиск альтернативных международных партнеров или организацию каналов параллельного импорта, могут сделать санкционный эффект менее жестким и в большей мере соответствующим случаю $0 < \tau < 1$. Во-вторых, многие глобальные компании прерывали партнерские отношения с российскими производителями под влиянием обще-

ственного мнения. Однако общественное мнение со временем может изменить вектор, после чего поведение части глобальных партнеров не будет связанным соответствующими ограничениями. Из последнего не следует, что эти компании обязательно возобновят сотрудничество с российскими партнерами или сделают это в том же масштабе, что и прежде, ведь им, возможно, придется иметь дело с рынками меньшего размера из-за сокращения доходов населения. Но помимо усилий, направленных на поиск новых партнеров, именно таким образом может происходить восстановление прерванных цепочек добавленной стоимости.

Школа управления при Йельском университете ведет каталог иностранных компаний, продолжающих работу в России (таких на 25 октября 2022 года насчитывается 236), не исключающих возможности возвращения на российский рынок (499 компаний) или перенесших запланированные ранее инвестиции на будущее (160 компаний) и т. д.¹¹ Как следует из самого факта существования подобного списка, возвращение или интенсификация работы довольно большого числа зарубежных компаний на российском рынке вполне возможны.

Если подобные сценарии будут реализовываться, проникновение более совершенных технологий в экономику продолжится, однако происходить это будет медленнее, чем в случае $\tau = 1$, при отсутствии санкций.

В целом вследствие разнообразия возможных исходов можно предположить самый общий сценарий, состоящий в том, что новые технологии смогут проникать в российскую экономику медленнее, чем могли бы при отсутствии санкций. Это соответствует множеству случаев $\tau < 1$.

На замедление технологического развития будет реагировать и образование. В соответствии с выражением (9) $\psi_t = (A_{t,1}(x_t) - A_{t,0}) / (A_{t,1}(x_t) + A_{t,0})$ уменьшается. Накопление человеческого капитала замедляется из-за того, что падают темпы технологической модернизации. Случай $A_{t,1}(x) = A_{t,0}$ означает отсутствие технологической модернизации. Такой результат становится возможным при $\tau = 0$. При отсутствии технологического развития останавливается и процесс накопления человеческого капитала. При самом неблагоприятном сценарии $\tau < 0$ экономика сталкивается с технологической деградацией $A_{t,1}(x) < A_{t,0}$, и в итоге происходит уменьшение запаса человеческого капитала, то есть $\psi_t < 0$.

Стоит подчеркнуть, что в этой модели негативное влияние санкций на образование, в том числе в случае, когда $\psi_t < 0$, состоит

¹¹ <https://som.yale.edu/story/2022/over-1000-companies-have-curtailed-operations-russia-some-remain>.

в снижении мотивации к инвестированию в человеческий капитал. Интуитивно понятно, что если экономика лишается технологичных производств, обеспечивающих качественные рабочие места, то мотивация к приобретению образования, являющегося билетом для входа в соответствующий сегмент рынка труда, и получению или сохранению за работником соответствующих рабочих мест становится ниже.

Ряд российских производств уже готовятся к переходу к устаревшим технологическим решениям, в том числе в сфере безопасности и экологического контроля¹². Похожие изменения затрагивают и сферу технологичных услуг. Например, ограничение на экспорт в Россию серверного оборудования¹³ приводит к его дефициту, который может компенсироваться покупкой устаревших б/у серверов. Такого рода оборудование едва ли способно решать передовые задачи в области информационных технологий. Управление или работа с технологиями, отстающими от передовых на многие годы или даже десятилетия, не требуют продвинутого человеческого капитала, связанные с такими технологиями профессиональные задачи едва ли могут привлечь как наиболее подготовленных профессионалов, так и абитуриентов, в чьи профессиональные планы входит работа с современными технологиями.

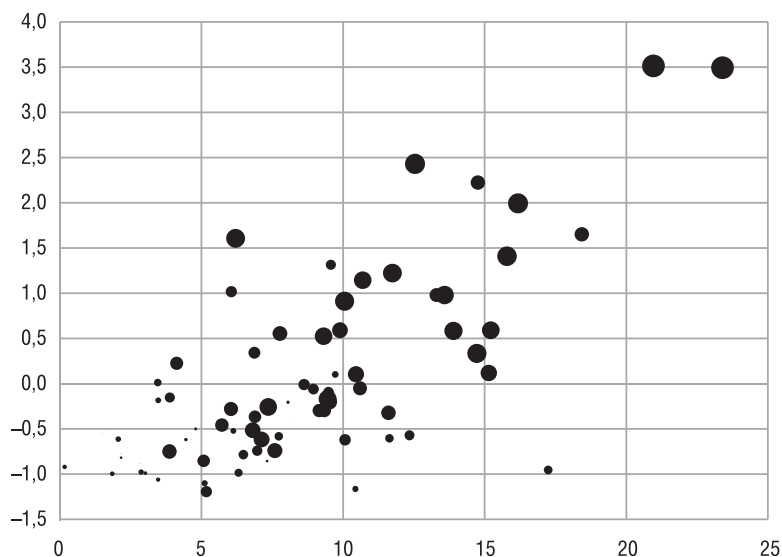
Однако ввиду того, что отраслевые эффекты для санкций пока не имеют отчетливых очертаний, в том числе из-за того, что масштаб санкционных эффектов пока определить непросто, большей прогностической силой обладают рассуждения о влиянии санкций с точки зрения регионального измерения.

Результаты оценки развития технологически сложного сектора, университетской системы и связей между ними для российских регионов могут быть компактно отражены при помощи рис. 1 (методика оценки и соответствующие данные описаны в Приложении).

Из рис. 1 следует, что развитость регионального сектора сложных производств (ECI) и регионального университетского образования (HEDI) соседствуют (соответствующий коэффициент корреляции составляет 0,707). Регионы, в которых сектор сложных производств представлен более широко с точки зрения разнообразия и размера выпуска соответствующей продукции, отличаются и более развитой системой высшего образования. Кроме того, в регионах, где высоки показатели ECI и HEDI, наблюдается более высокое соответствие между специальностями, на которые поступают абитури-

¹² Ильин С. Власти России разрешили автозаводам пренебречь экологией и безопасностью // Motor.ru. 2022. 16 мая. <https://motor.ru/news/n855-official-doc-15-05-2022.htm>.

¹³ <https://www.forbes.ru/tekhnologii/459003-rossia-mozet-stolknut-sa-s-deficitom-servernogo-oborudovania-v-blizajsie-mesacy>.



Примечание. Размер точки маркирует соответствие структуры сложных производств структуре специальностей, которым обучают в том или ином регионе.

Рис. 1. Связь показателей ECI (ось ординат) и HEDI (ось абсцисс) в региональной экономике

Fig. 1. The Relation Between ECI (Y-Axis) and HEDI (X-Axis) for Regional Economies

енты, и корреспондирующими с ними видами экономической деятельности, относящимися к сектору сложных производств.

Такая ассоциативная связь между сектором передовых производств и университетской сферой дает основания предполагать, что санкционные ограничения могут привести не только к сокращению определенных (наиболее технологичных) видов экономической деятельности, но и значительно снизить мотивацию к получению соответствующего образования. Стоит обратить внимание на то, что в отличие от модели, рассмотренной выше, на рис. 1 использованы только данные, относящиеся к обучению в университете. Хотя модель подразумевает также обучение, которое получает уже работающий индивид, из-за отсутствия соответствующих данных оценить региональное распределение этого вида образования не представляется возможным.

Для многих абитуриентов получение качественных рабочих мест является ключевой мотивацией при выборе соответствующей специальности, и утрата такой мотивации может повлиять на выбор абитуриентов, включая наиболее подготовленных из них [Acemoglu, 2019; Rodrik, Stancheva, 2021]. Такой возможный результат будет означать сложности с воспроизводством и распространением соответствующих специалистов на российском рынке труда.

Москва и Московская область, Санкт-Петербург и Ленинградская область, Республика Татарстан, Новосибирская, Свердловская и Томская области входят в десятку регионов, чей сектор сложных производств и соответствующие университетские программы могут в наибольшей мере пострадать от введения санкционных ограничений. Республики Адыгея, Ингушетия, Карелия, Хакасия, Костромская и Псковская области, напротив, входят в число регионов, подверженных наименьшему риску потерь, связанных с ограничениями на технологическое развитие и накопление человеческого капитала.

3. Экономическая политика

Какие меры смягчения этого результата могут быть предложены в настоящее время? С точки зрения функционирования глобальных цепочек добавленной стоимости эффект от введения санкций напоминает влияние пандемии COVID-19. Напомним, что в начале пандемии произошло временное разрушение ряда глобальных технологических цепочек. Реакция на эти трудности различалась в разных странах, но наиболее результативным с точки зрения сохранения экономической структуры представляется решение немецких властей, направленное на сохранение персонала остановившихся фирм за счет выплаты их работникам зарплат¹⁴. Благодаря соответствующим шагам удавалось предотвратить распад трудовых коллективов и частичную утрату человеческого капитала. Предполагалось, что технология, которую использовали эти коллективы, скоро вновь станет доступной благодаря возобновлению функционирования глобальных цепочек добавленной стоимости.

Однако в случае санкционных ограничений такие меры работают только там, где цепочки добавленной стоимости можно будет восстановить за относительно короткое время. В других же случаях сохранение трудовых коллективов за счет субсидий на выплату зарплат сотрудникам может потребовать значительно более длительного времени, что едва ли представляется возможным.

Стоит отметить, что шансы на то, что восстановить утраченный из-за санкций уровень технологической сложности и обеспечить его развитие удастся за счет внутренних технологических и образовательных ресурсов, незначительны. Догоняющие экономики модернизируют технологии преимущественно благодаря заимствованиям [Acemoglu et al., 2006], а мнение о том, что такого рода страны могут проделать путь до технологической зрелости

¹⁴ Germany Extends Coronavirus Pay Top-Up Scheme // BBC. 2020. August 26. <https://www.bbc.com/news/business-53918560>.

самостоятельно, иначе говоря — преимущественно за счет внутренних исследований и разработок, является, скорее, идеологическим [Krementsov, 1997; Sutton, 1968].

Серьезные сложности с импортозамещением связаны еще и с тем, что многие российские рынки очень невелики. Представим, что российская промышленность получает всё необходимое для выпуска линейного ускорителя — сложного медицинского оборудования, используемого при лечении онкологических заболеваний¹⁵. В российской системе здравоохранения используется всего сто единиц такого оборудования — рынок слишком мал, чтобы окупить внушительные затраты, которые нужны для формирования соответствующего производства и обеспечения требующихся НИОКР.

Поэтому основное направление мер экономической политики должно заключаться в поиске каналов, восстанавливающих разорванные цепочки добавленной стоимости. К этим каналам относятся альтернативный импорт, который может поступать из стран, не присоединившихся к санкционной кампании, и импортные товары, которые доставляются российским потребителям через транзитные страны без разрешения правообладателей. Без этих мер снижение темпов технологической модернизации, — а при наименее благоприятных сценариях и падение уровня технологической оснащенности, — может сказаться и на мотивации к получению образования и пополнению запаса человеческого капитала.

Заключение

В работе рассмотрена экономика, действующая в условиях санкционных ограничений. Помимо негативного эффекта на технологическое развитие, которое может включать сценарий технологической деградации, санкционные ограничения могут оказать воздействие на человеческий капитал. Последнее становится результатом того, что упрощение экономики снижает стимулы к получению знаний, востребованных для решения задач, связанных с продвинутыми технологиями.

Для анализа использована абстрактная экономика, в которой действуют санкционные ограничения, замедляющие технологическое развитие и накопление человеческого капитала и в худшем случае приводящие к деградации в этих сферах.

Затем с использованием инструментария теории экономической сложности [Hidalgo, 2021] даны эмпирические оценки уровня развития сложных производств и связанных с ними универси-

¹⁵ <https://ims.uniklinik-freiburg.de/ru/diagnostika-i-lechenie/sostav-kliniki/luchevaja-terapija/chto-takoe-i-kak-rabotaet-lineinyi-uskoritel.html>.

тетских специальностей на уровне российских регионов. Сделан вывод о том, что регионы, характеризующиеся более развитым сектором сложных производств, лучшей университетской подготовкой и большей связанностью между сектором сложных производств и специальностями, к которым готовят вузы, в наибольшей мере рискуют столкнуться с негативными эффектами от санкций, ограничивающих технологическое развитие.

В качестве ключевого инструмента снижения негативного эффекта от санкционных ограничений представляется восстановление участия российских сложных производств в глобальных цепочках добавленной стоимости. Соответствующие шаги могут состоять как в восстановлении участия в привычных технологических цепочках, так и в поиске новых. Альтернативные решения, состоящие, например, в интенсификации расходов на внутреннее НИОКР, представляются недостаточно результативными и не способными компенсировать сокращение участия российских компаний в глобальных технологических цепочках. К тому же сейчас крайне сложно более точно оценить результативность усилий, направленных на импортозамещение. Теория экономической сложности предоставляет инструменты для ответов на соответствующие вопросы [Hausmann et al., 2011], однако для них необходимо знание структуры экспортной корзины. Из чего состоит сегодняшняя российская экспортная или хотя бы производственная корзина — сказать не представляется возможным. Процесс негативной структурной трансформации продолжается, и оценок придется подождать до тех пор, пока не будет достигнута новая, более устойчивая производственная/экспортная структура.

П р и л о ж е н и е

Методика расчета индексов ECI и HEDI

В Приложении представлена методика получения эмпирических оценок взаимосвязи между накоплениями технологий и человеческого капитала для российской экономики на региональном уровне.

В качестве метрики уровня технологического развития используется развитость высокотехнологичного сектора; предполагается, что для его функционирования требуется наряду с прочим наличие соответствующего ноу-хау на территории региона. Что касается человеческого капитала, в разделе используются данные не по запасу, а по его потоку. Метрика, в которой задействованы данные, отражающие поток, выбрана таким образом, чтобы оценить реакцию абитуриентов на изменение в структуре сектора сложных производств соответствующего региона.

Напомним, что в модели, рассмотренной выше, работники сходным образом реагировали на изменение темпов технологического развития. Однако из-за отсутствия данных по обучению на рабочем месте в статье учитываются только сведения о выборе абитуриентами соответствующего вуза.

Для оценки развитости сектора передовых производств и университетского образования в российских регионах использована методика, разработанная с участием автора статьи. Методика представляет собой развитие стандартного подхода к оценке экономической сложности, содержащегося в [Hausmann et al., 2011].

В подходе модифицируется стандартная метрика для выявления сравнительных преимуществ в экспорте определенного товара, которыми обладает то или иное государство, — индекс выявленных сравнительных преимуществ (RCA), предложенный в [Balassa, 1965].

В предшествующих статьях автора работы индекс модифицируется таким образом, чтобы учитывать не только товары, но и географическое направление экспорта, в котором соответствующая экономика обладает выявленными сравнительными преимуществами. При помощи модифицированного индекса, описание которого содержится в статье, оценивается индекс экономической сложности, учитывающий не только продуктовую сложность той или иной экспортной корзины, но и географическое разнообразие экспорта. С помощью модифицированного индекса экономической сложности ECI, определенного в работе, получаем рейтинг российских регионов с точки зрения развитости в них сектора сложных производств.

Оценка развитости университетской системы региона также производится при помощи специально разработанной при участии автора статьи методики. Одним из результатов ее применения становится индекс сложности регионального университетского образования HEDI. Эта же методика помогает установить соответствие между сектором передовых производств и университетской системой региона. В последнем случае рассчитывается соотношение между классифицированными по ФГОС университетскими специальностями и видами экономической деятельности, отмеченными в некотором регионе. Специальности и виды экономической деятельности содержательно связаны, однако точность этой связи ограничена, поскольку ее удастся установить лишь на уровне агрегированных видов экономической деятельности и направлений подготовки. Чем лучше регион обеспечен образованием, необходимым для реализации соответствующих видов экономической деятельности, тем выше значение соответствующего показателя.

Для получения оценок экономической сложности в работе одновременно используются распределение сложных товаров по группам высокотехнологичного экспорта¹⁶, отраженное в статьях [Симачев и др., 2021; Foster-McGregor et al., 2019], и данные ФТС России по экспорту на региональном уровне¹⁷. Благодаря распределению, описанному в работах [Симачев и др., 2021; Foster-McGregor et al., 2019], появляется возможность оценить российские регионы с точки зрения развития высокотехнологичных производств. Автором настоящей работы выбраны наиболее технологичные отрасли, чтобы получить иллюстрацию, в большей мере соответствующую механизму теоретической модели.

В настоящей статье оценивается существование выявленных сравнительных преимуществ в сфере производства. Автор ограничивается рассмотрением сектора передовых производств; товары, относящиеся к другим секторам, исключены.

Данные мониторинга приема в вузы, проведенного НИУ ВШЭ¹⁸, используются для получения оценки развития региональных университетских систем. Сведения, включенные в мониторинг, позволяют узнать, по каким специальностям / направлениям подготовки, классифицированным по ФГОС, готовят студентов в том или ином вузе, какой средний балл ЕГЭ требуется для поступления на соответствующую специальность. На основании этих двух показателей получены оценки разнообразия сфер знаний, к которым готовит конкретный университет, а также оценки качества предоставляемых образовательных услуг. Сведения о специальностях / направлениях подготовки служат мерой диверсифицированности образования в том или ином вузе, а баллы ЕГЭ при поступлении измеряют качество предоставляемого образования. Для получения этих данных использован подход, ранее подробно описанный автором настоящей статьи. В рамках этого подхода оценивается показатель HEDI, отражающий развитость университетских систем.

Баллы ЕГЭ при поступлении служат несовершенной метрикой качества образования. Вуз, обладающий монополией в некотором регионе, но предлагающий не слишком качественные образовательные услуги, может установить высокие требуемые баллы ЕГЭ. А сильный университет, сталкивающийся с проблемой оттока абитуриентов из региона, может быть вынужден идти на компромиссы и устанавливать меньшие пороговые значения баллов ЕГЭ

¹⁶ Аддитивное производство, современные материалы, аэрокосмическая промышленность, биотехнологии, электроника, гибкое производство, ИКТ, науки о жизни, ядерные технологии, оптоэлектроника, вооружения.

¹⁷ <http://stat.customs.ru/>.

¹⁸ <https://ege.hse.ru/>.

при поступлении. В настоящей статье предполагается, что подобные проблемы маргинальны и в среднем баллы ЕГЭ могут служить метрикой качества образования в том или ином университете.

Для установления соответствия между сферой образования и региональным сектором передовых производств используется цепь классификаторов. Экспортные данные отражаются при помощи товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД). Этот классификатор необходимо связать с ФГОС — федеральными государственными образовательными стандартами, которые служат для описания образовательных программ различных вузов. Решению этой задачи поможет ряд классификаторов, систематизирующих виды экономической деятельности. Речь идет об общероссийском классификаторе продукции по видам экономической деятельности (ОКПД2). Этот классификатор связан таблицами соответствия с ТН ВЭД¹⁹. Далее ОКПД2 связывается с ОКВЭД — общероссийским классификатором видов экономической деятельности. Совпадение первых цифр в кодах ОКВЭД и ОКПД2 упрощает установление такого соответствия.

Оставшаяся часть звеньев классификаторов состоит в использовании справочника профессий, разработанного Министерством труда и социальной защиты Российской Федерации²⁰. Справочник позволяет установить соответствие между специальностями / направлениями подготовки, классифицированными по ФГОС, и отраслями экономики, классифицированными по ОКВЭД. Таким образом, удастся ответить на вопрос, насколько полно представлены в регионе университетские специальности / направления подготовки, позволяющие готовить кадры для профессий, задействованных в соответствующих производствах. Соответствие между сферой образования и выпуском отражается в виде доли специальностей, востребованных в передовых производствах, среди всех передовых производств.

В работе не используются данные о межрегиональной миграции выпускников, хотя такие данные могут играть важную роль в оценке влияния замедления технологического развития на образовательные решения. Таким образом, используемые данные позволяют получить представление о том, как замедление развития технологий влияет на решение о получении соответствующих специальностей в том же регионе. В свете сказанного в работе идет речь о минимальном эффекте от санкционных ограничений для региональной университетской системы.

¹⁹ [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwil8L65pef6AhXBDewKHRZ_DxEQFnoECCUQAQ&url=https%3A%2F%2Fsertiki.ru%2Fuserfiles%2F%2Ffiles%2Ftnved_okpd2%2520\(1\).xls&usg=AOvVaw3bi5pSghq4GWV73W40vBmu](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwil8L65pef6AhXBDewKHRZ_DxEQFnoECCUQAQ&url=https%3A%2F%2Fsertiki.ru%2Fuserfiles%2F%2Ffiles%2Ftnved_okpd2%2520(1).xls&usg=AOvVaw3bi5pSghq4GWV73W40vBmu).

²⁰ <https://spravochnik.rosmintrud.ru/>.

Литература

1. Казакова М. В., Любимов И. Л., Нестерова К. В. Гарантирует ли успех отдельной реформы ускорение экономического роста? Недостаточно развитые институты как причина провала реформ // Экономический журнал ВШЭ. 2016. Т. 20. № 4. С. 624–654.
2. Симачев Ю., Федюнина А., Юревич М., Кузык М., Зудин Н., Городный Н. Россия на рынках передового производства: доклад к XXII Апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества. М.: Изд. дом НИУ ВШЭ, 2021.
3. Acemoglu D. It's Good Jobs, Stupid. Economics for Inclusive Prosperity. Policy Brief No 13. 2019.
4. Acemoglu D. Search in the Labour Market, Incomplete Contracts and Growth. CEPR Discussion Paper. No 1026. 1994.
5. Acemoglu D., Aghion Ph., Zilibotti F. Distance to Frontier, Selection and Economic Growth // Journal of the European Economic Association. 2006. Vol. 4. No 1. P. 37–74.
6. Acemoglu D., Autor D. Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings // Handbook of Labor Economics / D. Card, O. Ashenfelter (eds.). Vol. 4. Part B. Amsterdam: Elsevier, 2010. Ch. 12. P. 1043–1171.
7. Balassa B. Trade Liberalization and “Revealed” Comparative Advantage // The Manchester School. 1965. Vol. 33. No 2. P. 99–123.
8. Becker G. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education. Chicago: The University of Chicago Press, 1964.
9. Foster-McGregor N., Nomaler O., Verspagen B. Measuring the Creation and Adoption of New Technologies Using Trade and Patent Data. Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology Working Papers. No 2019-053. 2019.
10. Goldin C., Katz L. The Race between Education and Technology. Cambridge, MA; London: Belknap Press, 2008.
11. Hausmann R., Hidalgo C. A., Bustos S., Coscia M., Chung S., Jimenez J., Simoes A., Yildirim M. A. The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity. Cambridge, MA: Center for International Development at Harvard University and MIT, 2011.
12. Hidalgo C. Economic Complexity Theory and Applications // Nature Reviews Physics. 2021. No 3. P. 92–113.
13. Hidalgo C. Why Information Grows: The Evolution of Order, From Atoms to Economies. New York, NY: Basic Books, 2015.
14. Horn D. The Hitler Youth and Education Decline in the Third Reich // History of Education Quarterly. 1976. Vol. 16. No 4. P. 425–447.
15. Krementsov N. Stalinist Science. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1997.
16. Redding S. The Low-Skill, Low-Quality Trap: Strategic Complementarities between Human Capital and R&D // Economic Journal. 1996. Vol. 106. No 435. P. 458–470.
17. Rodrik D., Stantcheva S. Fixing Capitalism's Good Jobs Problem // Oxford Review of Economic Policy. 2021. Vol. 37. No 4. P. 824–837.
18. Teixeira A. C., Queirós A. S. Economic Growth, Human Capital and Structural Change: A Dynamic Panel Data Analysis // Research Policy. 2016. Vol. 45. No 8. P. 1636–1648.
19. Sutton A. Western Technology and Soviet Economic Development 1917 to 1930. Stanford, CA: Hoover Institution Press, 1968.

References

1. Kazakova M. V., Lyubimov I. L., Nesterova K. V. Garantiruet li uspekhn otel'noy reformy uskorenne ekonomicheskogo rosta? Nedostatochno razvitye instituty kak prichina provala reform [Does a Single Reform's Success Ensure Faster Growth? Weak Institutions as a Cause of Reform Failure]. *Ekonomicheskii zhurnal VShE [HSE Economic Journal]*, 2016, vol. 20, no. 4, pp. 624–654. (In Russ.)

2. Simachev Yu., Fedyunina A., Yurevich M., Kuzyk M., Zudin N., Gorodnyy N. *Rossiya na rynkakh peredovogo proizvodstva: doklad k XXII Aprel'skoy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii po problemam razvitiya ekonomiki i obshchestva* [Russia in the Advanced Manufacturing Markets: Presentation at the XXII April International Academic Conference on Economic and Social Development]. Moscow, HSE Publishing House, 2021. (In Russ.)
3. Acemoglu D. It's Good Jobs, Stupid. *Economics for Inclusive Prosperity*. Policy Brief no. 13, 2019.
4. Acemoglu D. Search in the Labour Market, Incomplete Contracts and Growth. *CEPR Discussion Paper*, no. 1026, 1994.
5. Acemoglu D., Aghion Ph., Zilibotti F. Distance to Frontier, Selection and Economic Growth. *Journal of the European Economic Association*, 2006, vol. 4, no. 1, pp. 37-74. DOI:10.1162/jeea.2006.4.1.37.
6. Acemoglu D., Autor D. Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. In: Card D., Ashenfelter O. (eds.). *Handbook of Labor Economics*, vol. 4, part B. Amsterdam, Elsevier, 2010, chapter 12, pp. 1043-1171. DOI:0.1016/S0169-7218-(11)02410-5.
7. Balassa B. Trade Liberalization and "Revealed" Comparative Advantage. *The Manchester School*, 1965, vol. 33, no. 2, pp. 99-123. DOI:10.1111/j.1467-9957.1965.tb00050.x.
8. Becker G. *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education*. Chicago, The University of Chicago Press, 1964.
9. Foster-McGregor N., Nomaler O., Verspagen B. Measuring the Creation and Adoption of New Technologies Using Trade and Patent Data. *Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology Working Papers*, no. 2019-053, 2019.
10. Goldin C., Katz L. *The Race between Education and Technology*. Cambridge, MA, London, Belknap Press, 2008.
11. Hausmann R., Hidalgo C. A., Bustos S., Coscia M., Chung S., Jimenez J., Simoes A., Yildirim M. A. *The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity*. Cambridge, MA, Center for International Development at Harvard University and MIT, 2011. DOI:10.7551/mitpress/9647.001.0001.
12. Hidalgo C. Economic Complexity Theory and Applications. *Nature Reviews Physics*, 2021, no. 3, pp. 92-113. DOI:10.1038/s42254-020-00275-1.
13. Hidalgo C. *Why Information Grows: The Evolution of Order, From Atoms to Economies*. New York, NY, Basic Books, 2015.
14. Horn D. The Hitler Youth and Education Decline in the Third Reich. *History of Education Quarterly*, 1976, vol. 16, no. 4, pp. 425-447. DOI:10.2307/367724.
15. Krementsov N. *Stalinist Science*. Princeton, NJ, Princeton University Press, 1997.
16. Redding S. The Low-Skill, Low-Quality Trap: Strategic Complementarities between Human Capital and R&D. *Economic Journal*, 1996, vol. 106, no. 435, pp. 458-470. DOI: 10.2307/2235260.
17. Rodrik D., Stantcheva S. Fixing Capitalism's Good Jobs Problem. *Oxford Review of Economic Policy*, 2021, vol. 37, no. 4, pp. 824-837. DOI:10.1093/oxrep/grab024.
18. Teixeira A. C., Queirós A. S. Economic Growth, Human Capital and Structural Change: A Dynamic Panel Data Analysis. *Research Policy*, 2016, vol. 45, no. 8, pp. 1636-1648. DOI:10.1016/j.respol.2016.04.006.
19. Sutton A. *Western Technology and Soviet Economic Development 1917 to 1930*. Stanford, CA, Hoover Institution Press, 1968.