

Экономическая оценка выбросов CO₂ в экологическом разделе ESG

Газман В.Д.

В статье представлены результаты проведенного исследования, целью которого стала разработка рекомендаций по использованию в экологическом разделе ESG социально-экономической выгоды от использования ветряной и солнечной энергии взамен наиболее токсичной генерации – угля. На основе теоретических предпосылок детально изложена разработанная автором методология определения достигаемой экономии на примере крупнейших энергетических предприятий – Enel, Eni, RWE. В статье представлена не только авторская модель, но и непосредственно сами расчеты с комментариями. Проведенные вычисления были осуществлены на основе реальных размеров платы за выбросы углекислого газа, с учетом нанесенного ущерба, количества сохраненных от преждевременной смерти людей по причине вредных выбросов CO₂ в атмосферу, экономической стоимости жизней, определенной Всемирным банком по странам, расходов на лечение возникающих сопутствующих болезней, ставки социального дисконтирования. Это позволяет определить реальный социально-экономический эффект от замены ископаемых источников энергии на более чистые энергоносители. Представлена аргументация, опровергающая довод о возникновении существенного роста затрат в экономике, которые могут произойти из-за внесения установленной платы за вредные выбросы. Это позволяет находить более точные ориентиры и показатели в экологическом разделе системы ESG и использовать их в привлечении инвесторов, формировании рейтингов, проведении обучения специалистов.

Ключевые слова: ESG; ветряная и солнечная энергия; социальная стоимость углерода; экономическая стоимость жизни; социальная ставка дисконтирования.

DOI: 10.17323/1813-8691-2022-26-4-579-597

Для цитирования: Газман В.Д. Экономическая оценка выбросов CO₂ в экологическом разделе ESG. *Экономический журнал ВШЭ*. 2022; 26(4): 579–597.

Газман Виктор Давидович – к.э.н., профессор Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики». E-mail: vgaszman@hse.ru

Статья поступила: 18.05.2022/Статья принята: 27.10.2022.

For citation: Gazman V. Economic Assessment of CO₂ Emissions in the Environmental Section of ESG. *HSE Economic Journal*. 2022; 26(4): 579–597. (In Russ.)

Введение

Статистические данные о положении дел в энергетике свидетельствуют о том, что доля возобновляемых источников энергии имеет тенденцию к возрастанию. При этом быстрыми темпами сокращается нормированная стоимость ветряной и солнечной энергии, увеличивается коэффициент использования установленных мощностей, расширяются возможности накопителей энергии. Это позволяет возобновляемым источникам приблизиться по масштабам к традиционным генерациям и в большей степени составить им конкуренцию, поскольку ценовые характеристики свидетельствуют об определенных преимуществах ВИЭ. Вместе с тем все еще достаточно острым остается ключевой вопрос для возобновляемой энергетике – обеспечение бесперебойной подачи в сеть электроэнергии при различных нагрузках. Развитие конкуренции среди энергоносителей позволяет бережливо и целенаправленно использовать ископаемые источники энергии, снижать социальную нагрузку, связанную с изменением климата, со здоровьем людей. Проблема масштабная и многогранная. Она стала предметом незатихающих многолетних острых дебатов с участием нобелевских лауреатов, других ведущих ученых мира.

Конкуренция обусловлена экономической мотивацией хозяйствующих субъектов, для которых важно знать, насколько значимым может быть эффект от использования новых технологий, применения новой техники. Поэтому в рамках рассматриваемой темы предприняты усилия по разработке модели, позволяющей количественно определить возможные социально-экономические эффекты, которые происходят при замещении одних генераций другими и которые основываются на реальной социальной стоимости углерода, социальной ставке дисконтирования, экономической стоимости жизни. Это принципиально важное обстоятельство не только для роста предпринимательской активности, но, что может быть еще важнее, для реализации адекватной государственной политики не только в электроэнергетике, но и в области здравоохранения, экологии, во многих сферах жизнедеятельности. Здесь принципиально важной становится мотивационная составляющая, побуждающая снизить зависимость от углеродоемких технологий.

Производственные компании, включая энергетические предприятия, используют информацию ESG для привлечения инвесторов, для составления соответствующих рейтингов компаний, обучения специалистов. В частности, информацию, относящуюся к новым проектам по разработке, строительству, переоборудованию и рефинансированию генерирующих станций из возобновляемых источников, а также проектам по транспортировке электроэнергии и сетям, включая интеллектуальные сети.

Оценка предприятий в системе ESG осуществляется по многим направлениям. Собранные аналитическими агентствами информация трансформируется в различные рейтинги. В рамках настоящей статьи мы акцентируем внимание на энергетических предприятиях, причем выделив достигнутую ими результативность в экологическом разделе ESG.

Наиболее часто аналитические агентства осуществляют оценку предприятий, принимая во внимание в наибольшей степени показатели их планов и стратегий достижения определенного уровня снижения выбросов CO₂ в течение среднесрочной и долгосрочной перспективы на 5–30 лет, например, отражая их в Refinitiv ESG Rating. Такой подход во мно-

гом обусловлен тем, что пока еще крайне ограничены возможности для ретроспективного анализа ввиду непродолжительного периода осуществления зеленого перехода и, соответственно, еще не в полной мере сформировавшейся статистической базы.

Вместе с тем оценки перспектив развития предприятий, согласно разработанным ими стратегиям, представляют определенный интерес и позволяют в некоторой степени совершенствовать прогнозирование процесса декарбонизации и связанных с ним планов инвестирования в новые энергетические технологии, в частности, в ветряную и солнечную энергию. Однако далеко не всегда перспективные показатели, отраженные в программах и стратегиях развития компаний, оказываются достаточно обоснованными и, тем более, фактически выполненными. Более того, имеются прецеденты, когда в ходе проводимых разбирательств по искам экологических организаций решением суда энергетические компании обязывают пересмотреть сроки достижения показателей по сокращению выбросов CO₂, т.е. суд выносит постановление и предписание, что показатель, характеризующий декарбонизацию, должен быть достигнут компанией на 10 лет раньше установленного в программе предприятия срока. Например, такая ситуация сложилась в 2021 г. относительно деятельности энергетической корпорации «Royal Dutch Shell» в Нидерландах.

Полагаю, что более взвешенным и объективным представляется подход, в соответствии с которым осуществляются оценки предприятий, прежде всего, по результатам уже проведенной ими работы. Это означает, что руководствоваться следует не столько намерениями, сколько фактическими результатами с учетом социально-экономической эффективности возобновляемой энергетики.

На XXIII Ясинской международной научной конференции НИУ ВШЭ было отмечено, что отечественные компании должны активизировать импортозамещение и самостоятельно формировать свои ESG-стратегии. При этом ESG справедливо была обозначена как один из важнейших факторов промышленной политики в современных условиях.

Вместе с тем в настоящее время стратегии ESG и рейтинги ESG формируются без учета количественной оценки сохраняемых жизней, расходов на здравоохранение, других расходов, связанных с вредными выбросами. Неслучайно, в некоторых публикациях ставятся под сомнение утверждения о положительном влиянии рейтингов ESG на показатели устойчивого развития компаний [Clementino, Perkins, 2021]. Предлагаемые нами оценки возможны и необходимы в процессе производства электроэнергии посредством расчетов замещения возобновляемыми источниками энергии ископаемых источников. С этой целью при определении значений результирующих показателей, характеризующих экологический раздел ESG, необходимо рассмотреть ряд теоретических вопросов, которые обеспечат возможность выставления наиболее объективных и обоснованных оценок. Речь идет о социальной стоимости углерода, т.е. об общественной плате за выбросы и установлении соответствующей им ставке дисконтирования; о количественном определении летальных исходов, т.е. о предупреждении преждевременной смертности из-за выбросов CO₂, и связанной с ними экономической стоимости жизни в различных регионах мира; о расходах на здравоохранение в виде побочных негативных явлений, обусловленных вредными выбросами углерода в атмосферу.

Плата за выбросы углерода

Построение модели начнем с исследования «социальной стоимости углерода» или «общественной платы за выбросы углерода» (Social Cost of Carbon). По сути, речь идет о

налоге, учитывающем ущерб от выбросов одной тонны загрязнений CO₂. То есть определяется ущерб, который в ближайшем будущем нанесет каждая выброшенная сегодня тонна парниковых газов. Далее мы подробно рассмотрим эту категорию платы за выбросы углерода, поскольку придаем ей первостепенное значение в системе показателей, характеризующих экологический раздел ESG.

Кроме того, среди близких по смыслу дефиниций часто употребляется понятие «налог на выбросы углерода (Carbon Tax)». Этот налог взимается с предприятий и организаций за осуществленные ими вредные выбросы в атмосферу. В разных странах к этому показателю относятся неоднозначно, что находит соответствующее отражение в применяемых нормативах и соблюдении соответствующих доктрин. Установленные налоги имеют высокий уровень вариативности и различия в формирующих их компонентах.

Так, по данным Всемирного банка по состоянию на 1 апреля 2021 г., значение налога «Carbon Tax» составляло в Швеции 137 долл., в Швейцарии – 101 долл., в Финляндии – 73 долл., в Норвегии – 69 долл., во Франции – 52 долл., в Нидерландах – 35 долл., в Канаде – 32 долл., Дании и Португалии – 28 долл., в Великобритании – 25 долл.; в Испании – 18 долл., Аргентине – 6 долл., Чили – 5 долл., Японии – 3 долл. [World Bank, 2021, p. 13]. Ряд стран сообщили о своих планах увеличить к концу десятилетия ставку этого налога. Например, Норвегия и Дания намереваются довести плату до 230 долл., Нидерланды – до 167 долл., Канада – до 170 долл.

Однако это нормативные, а не фактические показатели. Причем приведенные показатели не всегда учитывают *все* выбросы CO₂ в атмосферу. Вместе с тем выбросы и быстрый рост концентрации углерода, метана и ряда других парниковых газов в атмосфере в основном обусловлены сжиганием ископаемого топлива и сведением лесов.

Еще один важный аналитический показатель – это котировки на биржах квот при торговле выбросами (emissions trading system – ETS). Крупнейший в мире рынок торговли квотами на выбросы парниковых газов находится в Европе. Квоты сначала распределяются с учетом директив ЕС о максимальном количестве парниковых газов, которые могут быть выброшены. Затем квоты на выбросы углерода выставляются на аукцион и торгуются. По данным Мирового банка, значения ETS составляли на 1 апреля 2021 г.: в ЕС – 50 долл. (средний показатель), в Швейцарии – 46 долл., Канаде – 32 долл., в Германии – 29 долл., в Корею – 16 долл., в Китае – 7,9 долл. Торговля квотами на выбросы углерода получила распространение. Причем в течение 2021 г. по мере усугубления энергетического кризиса цены на квоты выросли вдвое, и в начале февраля 2022 г. было зафиксировано их рекордное значение – 98,49 евро (110 долл.) [Chestney, Abnett, Twidale, 2022].

Таким образом, следует различать несколько взаимосвязанных и близких по смыслу дефиниций: налог на выбросы углерода, котировки на биржах при торговле выбросами по квотам и социальную стоимость углерода. При сравнении трех показателей, характеризующих плату за выбросы CO₂, присутствуют большие расхождения, которые, впрочем, постепенно сокращаются.

В ряде публикаций высказывались обоснованные соображения, что в деле нивелирования ущерба, наносимого окружающей среде, целесообразно, чтобы предоставляемые в государствах квоты на осуществление выбросов загрязняющих веществ в атмосферу увеличивались. Так, в 2015 г. исследователи Стэнфордского университета определили, что реальная социальная стоимость углеродного загрязнения должна составлять 220 долл. за одну тонну [Dattaro, 2015].

Профессор Николас Стерн (Nicholas Stern) из Лондонской школы экономики (LSE) в 2006 г. рассчитал, что стоимость каждой тонны выбросов углерода должна превышать через десять лет 100 долл. В 2015 г. профессор Саймон Дитц (Simon Deitz) и Н. Стерн скорректировали эту оценку и определили, что максимальное значение показателя будет возрастать и к 2030 г. достигнет 260 долл. [Dietz, Stern, 2015, p. 596]

Сложность экономического прогноза на длительный период во многом обусловлена еще и ограниченной информацией о перспективах развития низкоуглеродных и высокоэффективных технологий. Улучшенные или даже прорывные технологии могут появиться достаточно быстро. Правда, скорость их появления не всегда коррелирует с практическим внедрением. От появления прорывных технологий до создания техники новых поколений дистанция может быть значительной.

По данным Федерального агентства по окружающей среде Германии (Germany's Federal Environment Agency), в 2018 г. так называемая социальная стоимость углерода составляла 180 евро [Amelang, Wehrmann, 2018]. Причем указанный показатель существенно вырос по сравнению с предыдущим расчетом, сделанным всего на два года раньше, когда размер нанесенного ущерба составлял 80 евро за тонну. Действительно, ущерб, наносимый экологии, может быть значительно больше и превышать те показатели, которыми в настоящее время измеряется «социальная стоимость углерода».

Существует ряд исследований, свидетельствующих о том, что социальная стоимость углерода на самом деле может достаточно быстро и существенно измениться в сторону увеличения. Дело в том, что на его размерность оказывают непосредственное влияние негативные обстоятельства, связанные не только с изменением климата, но и с другими составляющими, пагубно воздействующими на флору и фауну. По всей видимости, они учитываются далеко не в полном объеме. Как известно, 25 сентября 2015 г. 193 государства – члена ООН одобрили Повестку дня в области устойчивого развития на период до 2030 г. Этот документ состоит из 17 целей в области устойчивого развития (ЦУР). Изначально при рассмотрении результатов деятельности анализируемых компаний мы акцентировали особое внимание на ЦУР 7 «Доступная и чистая энергия», основной задачей которого является обеспечение доступа к недорогой, надежной, устойчивой и современной энергии для всех. Однако для полноты охвата информации экологического раздела ESG необходимо учитывать и ЦУР 9 «Промышленность, инновации и инфраструктура»; ЦУР 11 «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов»; ЦУР 13 «Борьба с изменением климата». Полагаю, что в экологическом разделе ESG следует отражать данные, например, по ЦУР 3 «Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте», ЦУР 14 «Сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития», ЦУР 15 «Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биоразнообразия».

В 2018 г. специалисты Школы глобальной политики и стратегии университета Сан-Диего, Калифорния; Европейского института экономики и охраны окружающей среды (Милан) и Исследовательского института Карнеги в университете Стэнфорда рассчитали, что среднее значение социальной стоимости углеродного загрязнения составляет 417 долл. на 1 тонну выбросов CO₂ [Ricke et al., 2018, p. 895]. Академические оценки затрат, связан-

ных с улавливанием, транспортировкой и хранением CO₂, а также регенерация химических веществ, намного превышают 400 долл. США за тонну CO₂. Причем в некоторых исследованиях, в частности, Американского физического общества, Массачусетского технологического института, предполагается, что с учетом всех затрат уровень ставки социального налога для промышленно развитых предприятий может варьироваться в пределах от 600 до 1000 долл. за тонну CO₂ [Evans, 2017].

Социальная ставка дисконтирования

Рассматривая ежегодные отчеты энергетических компаний по ESG, мы обнаружили, что ставка дисконтирования при определении социальной стоимости углерода в течение нескольких лет остается у них неизменной, в то время как ежегодный уровень инфляции в странах, где эти компании ведут хозяйственную деятельность, составляет 3–5%. Очевидно, что применяемый на практике неизменный размер ставки нельзя признать правильным. Убежден, что требуется осуществлять соответствующие корректировки, опираясь на проводимые теоретические исследования.

Мы обратились к работам наиболее крупных специалистов, которые устанавливали взаимосвязи между социально-экономическими показателями и выбросами CO₂, чтобы выяснить их подходы к осуществлению дисконтирования и определению размерности ставки.

Так, в 2006 г. Н. Стерн в знаменитом труде «Stern Review on the Economics of Climate Change» предложил использовать ставку дисконтирования социальной стоимости углерода в размере 1,4% годовых. Он привязывал величину этого дисконта к средним темпам роста потребления на душу населения в течение 200-летнего горизонта и к ставке в безрисковые активы в 1,5% [Stern, 2008, p. 50].

Дискуссии по поводу ставки социального дисконтирования, которая разгорелась после появления доклада Н. Стерна, посвящено великое множество теоретических работ с позициями авторов как pro-, так и contra. Многими исследователями высказывались сомнения относительно низкой ставки дисконтирования. Это обусловлено тем, что горизонт планирования климатических изменений у Н. Стерна распространялся на период 50–200 и более лет и затрагивает социальные интересы многих поколений. При таком подходе остро встает вопрос благосостояния не только настоящего, но и будущих поколений. Возможно, что для периода, охватывающего многие поколения, целесообразно сначала установить более высокую ставку, а затем постепенно ее снижать.

Профессор Йельского университета Вильям Нордхауз (William Nordhaus)¹ выступил с резкой критикой Н. Стерна [Debating Climate Economics: The Stern Review vs. Its Critics, 2007, p. 4], считая, что предложенный Стерном показатель является заниженным. Исходя из сложившихся рыночных условий формирования доходности капитала, Нордхауз предложил увеличить ставку в части параметра эластичности предельной полезности до 3%, а в целом весь норматив – до 4,25%. Спустя десять лет в статье «Пересмотр социальных затрат на углерод» (Revisiting the social cost of carbon), опубликованной в National Academy of Sciences of the USA (PNAS), Нордхауз уточнил свою позицию. Для центрального из не-

¹ В. Нордхауз в 2018 г. стал лауреатом Нобелевской премии по экономике «за интеграцию изменения климата в долгосрочный макроэкономический анализ».

скольких предлагаемых им сценариев моделирования вся социальная ставка дисконтирования была установлена в размере 3% в год на период до 2050 г. [Nordhaus, 2017, p. 1521].

Примечательно, что В. Нордхауз при более высокой ставке настаивает на умеренной стоимости углерода – на уровне 31,2 долл. за тонну CO₂, связывая это с недопустимым, по его мнению, ростом затрат в экономике. Этот тезис стал активно использоваться и в работах других экономистов. Так, профессор Университета Нью-Йорка Гернот Вагнер заявил: «появляются результаты новых анализов, в которых цены на углерод варьируются от 200 до 400 долл. или более за тонну. Между тем, даже если установить цену на углерод в размере 100 долл. за тонну, это приведет к росту цены на бензин примерно на 0,90 долл. за галлон (3,8 л). Такое повышение цены на заправке будет восприниматься скорее как революция» [Wagner, 2020].

Полагаю, что представленная оценка была сделана относительно двигателя внутреннего сгорания, работающего на бензине, причем на срок, сопоставимый с горизонтом прогнозирования Нордхауза или Стерна. При этом не учитывались возможности использования иных двигателей и других источников энергии, например, ветра и солнца для электромобилей, позволяющих сберечь значительные людские и материальные ресурсы.

В рамках проводимого нами исследования для нас была важна прикладная составляющая, связанная с размером ставки дисконтирования на более короткий период, в пределах срока жизни одного поколения людей. Мы находимся в относительно более выгодном положении, поскольку можем сопоставить сложившуюся размерность, определенную правительством Германии в 2018 г., с перспективным значением через 12 лет. То есть при стоимости одной тонны выбросов CO₂ в атмосферу в 180 евро или 201,6 долл., применяя годовую ставку Н. Стерна в 1,4%, мы достигнем к 2030 г. показателя в 238,2 долл. Если пользоваться ставкой, предложенной В. Нордхаузом, равной 3%, то реальная социальная стоимость углерода должна повыситься к 2030 г. до уровня в 287,5 долл. Полагаю, что такие размеры социальной ставки дисконтирования и социальной стоимости углерода для указанного временного отрезка более объективны. Эти значения корреспондируют со многими результатами исследователей, опубликованными в течение последних нескольких лет. Они более точно отражают рыночные реалии для осуществления инвестиций в основной капитал, а также более приемлемы для анализа социально-экономических аспектов, которые связаны с выбросами парниковых газов.

Считаю, что капитал, формируемый за счет социально-климатической составляющей ставки дисконтирования, должен идти на поддержание жизни и здоровья людей как на уровне предприятий, так и в целом по стране. К сожалению, на практике этого не происходит.

Экономическая стоимость жизни и эффект ветряной и солнечной генераций

В основе определения социально-экономических выгод, которые достигаются в результате использования ветра и солнца при производстве электроэнергии, лежит экономическая стоимость жизни людей. Вкупе с социальной стоимостью углерода они напрямую взаимосвязаны с процессом сокращения вредных выбросов углерода в атмосферу. Это принципиально важное обстоятельство для осуществления эффективной государственной политики не только в электроэнергетике, но и в области здравоохранения, экологи-

гии, во многих сферах жизнедеятельности. В силу своей значимости, актуальности и высокой потребности в международном и страновом регулировании указанные категории являются ключевыми разделами экономической социологии и, соответственно, эффективной экономической политики.

В исследовании российских и американских медиков и экологов [Авалиани и др., 2009, с. 4] отмечалось, что «снижение выбросов CO₂ на каждые 3,5 тыс. тонн сохраняют 1 человеческую жизнь». В издании Обзора доклада Николаса Стерна «Экономика изменения климата» представлена информация, согласно которой в Москве сокращение выбросов CO₂ в объеме 3600 тыс. тонн в год позволяло предотвратить 850 смертей. То есть один летальный исход был обусловлен вредными выбросами в 4,235 тыс. тонн. В Нижнем Новгороде этот показатель соответствовал 6,137 тыс. т. [Обзор доклада Николаса Стерна ... 2009, с. 39]

Профессор Валери Карплюс (Valerie J. Karplus) в 2018 г., представляя исследование, выполненное учеными Массачусетского технологического института (MIT), отметила, что в ходе проведенной научной работы были смоделированы три сценария по сокращению выбросов CO₂. В опубликованной по результатам исследования статье приводятся данные, согласно которым, если бы Китай осуществлял климатическую политику по сокращению выбросов CO₂ на 3, 4 и 5% в год, то он бы избежал 36000, 94000 и 160000 преждевременных смертей [Li et al., 2018, p. 399]. Для нашего анализа использовался наименее оптимистичный сценарий, разработанный в MIT, поскольку он в большей степени соответствует сложившимся реалиям сокращения выбросов углекислого газа. Получилось, что на одну преждевременную смерть приходится 7,615 тыс. тонн выбросов CO₂. То есть используемый нами при расчетах показатель, полученный на основе исследований 2016 г., более «спокойный» по сравнению с показателем, полученным в исследовании 2009 г. Опираясь на этот норматив, можно перейти к экономической оценке всех сохраненных жизней, избежавших преждевременного летального исхода из-за выбросов.

Оценка экономической стоимости жизни рассчитывается в разных странах и многими организациями. Так, в США этим занимаются: Агентство по защите окружающей среды (US Environmental Protection Agency), Служба экономических исследований Департамента сельского хозяйства США (Economic Research Service of the US Department of Agriculture, USDA), Администрация питания и лекарств США (the US Food and Drug Administration). Причем разброс значений у различных организаций полуторакратный, по видимому, ввиду наличия расхождений в подходах к производимым измерениям. Соответственно, в каждом конкретном случае необходима ссылка на методологию расчета данного показателя.

Активно обсуждая тему экономической стоимости жизни (Value of Statistical Life – VSL), подавляющее большинство исследователей ссылаются на работы профессора Гарвардского университета и университета Вандербильта Вильяма Вискуси, который опубликовал ряд статей, написанных, непосредственно им и в соавторстве с другими учеными [Viscusi, Aldy, 2003; Viscusi, 2005; Viscusi, Masterman, 2017]. В указанных работах анализируются факторы, оказывающие влияние на значения экономической стоимости жизни, моделируются рассматриваемые процессы и отмечается, что показатели существенно дифференцированы по странам в зависимости от уровней доходов. Публикация В. Вискуси является не только значимым научным трудом, но и очень полезна еще и в качестве информативного источника, поскольку в ней приведены данные Всемирного банка по

экономической стоимости жизни почти по всем странам мира [Viscusi, 2017, p. 245–247]. Например, для США это значение составляет 9,631 млн долл., для Германии – 7,904 млн долл., для Великобритании – 7,465 млн долл. Правда, в литературе можно найти и другие оценочные показатели. Так, например, английский профессор Филипп Томас из Университета Бристоля считает, что для Великобритании более обоснованным является значение, превышающее показатель Всемирного банка и соответствующее 8,59 млн фунтов стерлингов, т.е. примерно 11,7 млн долл. [Thomas, 2018, p. 3].

В целях достижения единого методологического подхода к формированию базы данных по большинству стран мира в наших расчетах используются показатели Всемирного банка. Проведенный нами расчет по 65 странам, на долю которых приходится 95,9% всех выбросов CO₂, показал, что средняя экономическая стоимость жизни в мире составляла 4,452 млн долл. Этот показатель в 2,5 раза превышает значение для России, которое соответствует 1,970 млн долл.

Оценивать социально-экономические выгоды, полученные в результате использования ветра и солнца при производстве электроэнергии в нашей стране, пока, крайне сложно из-за незначительности этого сегмента энергетического рынка. Однако потенциал ветряной и солнечной генераций в России со временем раскроется во всей своей мощи. Для его реализации потребуются экономически обоснованные политические решения. Полагаем, что проведенное аналитическое исследование может оказаться полезным для достижения этой цели.

Расходы на здравоохранение

Следующий фактор, определяющий социально-экономические выгоды от использования ветра и солнца, это расходы на здравоохранение в части сопутствующих заболеваний. Они связаны с вредными выбросами в атмосферу загрязнений от углекислого газа и обеспечивают уменьшение онкологических заболеваний, сердечных и респираторных заболеваний, слабоумия, диабета, депрессии и других болезней, проведение НИОКР в области медицины, химии, биологии, экологии.

В одной из публикаций отмечалось, что, «по данным Всемирного банка, преждевременные смерти из-за низкого качества воздуха в 2013 г. стоили Китаю 1,4 трлн долл. а сопутствующие заболевания – еще 1,5 трлн долл.» [Китай на «зеленом» пути, 2017]. Это означает, что второй показатель превышает первый в 1,0714 раза. Однако в последующем Всемирный банк никак не актуализировал эту информацию.

Вместе с тем Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) спустя несколько лет опубликовала доклад «Экономические издержки воздействия загрязнения воздуха на здоровье людей в Европе», презентация которого была проведена в Копенгагене и Хайфе. Согласно сообщенным на совещании европейского бюро ВОЗ данным, на расходы по здравоохранению, связанные с сопутствующими заболеваниями на континенте, приходится 10% от ущерба, нанесенного в результате преждевременной смерти людей из-за выбросов вредных веществ [Загрязнение воздуха обходится европейцам ... 2015].

Мы воспользовались данными Европейского бюро Всемирной организации здравоохранения, которые позволяют определить искомый результат посредством сопоставления со смертельными случаями в размере одной десятой, и в ходе проведения расчетов по определению общей суммы экономии будем придерживаться указанной пропорции.

Методология проведения расчетов экономии при замене угля ветряной и солнечной генерациями

Проведение расчетов по определению потенциальной экономии средств в электроэнергетике для использования в экологическом разделе ESG, которая может возникнуть в ходе замены угля ветряной и солнечной энергией, предполагает ряд взаимосвязанных этапов. Для определения потенциальной экономии следует осуществить вычисление совокупных расходов, связанных с возникновением негативных последствий от выброса углекислого газа в атмосферу.

Общая величина потенциально сэкономленных средств в млн долл. за счет использования ветряной и солнечной энергии (L_{SWC}) вместо применения угля для производства электроэнергии определяется по следующей формуле:

$$(1) \quad L_{SWC} = LD_{SWC} + LH + L_E,$$

где LD_{SWC} – экономическая стоимость жизней людей, спасенных от преждевременной смерти из-за вредных выбросов CO_2 в атмосферу в течение года; LH – неучтенные текущие годовые расходы на здравоохранительные цели, необходимость в которых возникает из-за выбросов CO_2 в атмосферу; L_E – стоимость предотвращенного экологического ущерба, который мог быть нанесен окружающей среде в результате эмиссии CO_2 .

С точки зрения логики экономического мышления формула (1) отражает прямую линейную зависимость: с ростом каждого из трех слагаемых возрастает и величина сэкономленных средств за счет использования при производстве электроэнергии ветряной и солнечной генераций вместо угля. Необходимо отметить, что в формуле указаны только три слагаемых, т.е. это минимальное их количество. Перечень может увеличиться за счет, возможно, неучтенных в экологическом ущербе расходов на флору и фауну. При отражении в формуле большего количества слагаемых совокупная величина сэкономленных средств может еще больше возрасти. В формуле (1) мы указали три замещаемых ископаемых источника. Однако на практике может быть и один, и два, и три, и комбинация из всех трех. Например, в корпорациях Enel и RWE основным является замещение угля и газа; в корпорации Eni – нефти, в других корпорациях – газа.

Определение стоимости предотвращенного экологического ущерба, который включает экономические потери, связанные с утратой урожая, ущербом зданиям и инфраструктуре, ущербом здоровью людей (кроме расходов по лечению), рассчитывается как

$$(2) \quad L_E = CO2_{SWC} \cdot ST,$$

$$(3) \quad ST = \theta \cdot \eta \cdot \kappa,$$

где $CO2_{SWC}$ – объем выбросов углекислого газа в атмосферу, который удалось заместить солнечной и ветряной генерациями вместо использования при производстве электроэнергии угля, млн тонн; θ – базовая ставка платы за ущерб от выбросов каждой тонны CO_2 (180 евро); η – годовая ставка дисконтирования стоимости выбросов, т.е. поправочный коэффициент по годам; κ – коэффициент, характеризующий соотношения валют

(евро/долл.) в текущем году. Производство $\theta \cdot \eta \cdot k$ означает количество долларов, заплаченных за 1 т $CO2_{SW}$ в текущем году с учетом дисконтирования. В 2019–2021 гг. ставка дисконтирования d была равна, соответственно, 1,0927; 1,1255; 1,1593. Курс евро/доллар, используемый для пересчета валют, составлял 1,1201; 1,1425; 1,1839.

Обозначим P_F ископаемые источники энергии, используемые в производстве электроэнергии, за счет которых происходили выбросы CO_2 (ГВт-ч). Производство электроэнергии за счет угля (ГВт-ч) обозначим P_C . Тогда выбросы CO_2 за счет угля при производстве электроэнергии в тыс. т будут равны произведению $CO2_{Cm} = P_C \cdot \epsilon$. В расчетах мы руководствовались апробированной методологией British Petroleum (Methodology for calculating CO_2 emissions from energy use), которая использовалась на протяжении многих лет при подготовке мировых аналитических обзоров по энергетике и предполагает, что в ходе переработки одной тонны природного газа происходят вредные выбросы в атмосферу в объеме 2,16 т CO_2 . При сжигании 1 т угля размеры выбросов составляют 3,64 т CO_2 ; при переработке одной тонны нефти эмиссия CO_2 равна 2,82 т². С учетом показателей, используемых British Petroleum, мы определили, что 1 ГВт-ч, произведенный из природного газа, дает выбросы в размере 0,491 тыс. т CO_2 ; 1 ГВт-ч, произведенный из нефти, дает выбросы в размере 0,641 тыс. т CO_2 ; 1 ГВт-ч, произведенный из угля – ϵ , дает выбросы в размере 0,8274 тыс. т CO_2 .

Доля выбросов CO_2 (%) за счет угля в ископаемых источниках энергии (для компании Enel – это уголь и природный газ) при производстве электроэнергии определяется по формуле

$$(4) \quad CO2_C = \frac{P_C}{P_F}.$$

Обозначим SW выработку электроэнергии за счет ветряной и солнечной энергии (ГВт-ч). Тогда замещение угля ветряной и солнечной энергией – SWC .

В свою очередь, выбросы CO_2 , предотвращенные замещением угля ветряной и солнечной энергией (тыс. т), определяются по формуле

$$(5) \quad CO2_{SWC} = SWC \cdot \epsilon.$$

Определение экономии, достигаемой за счет сбережения жизни людей от летальных исходов из-за вредных выбросов CO_2 в атмосферу, LD_{SWC} , осуществляется по формуле (6) следующим образом:

$$(6) \quad LD_{SWC} = D_E \cdot D,$$

где D_E – экономическая стоимость одной жизни с учетом дисконта; D – количество сбереженных жизней.

² См.: https://nangs.org/analytics/download/5345_3253b2f8dd0da410a857eb9bb72b9a6e

$$(7) \quad D_E = \varphi \cdot d,$$

где φ – базовая экономическая стоимость одной жизни для предприятий Enel, находящихся в разных странах, равняется 4028 тыс. долл.; d – ставка социального дисконтирования Нордхауза – 3%, т.е. используется поправочный коэффициент по годам к базовому значению в размере 1,03.

Для вычисления значения D используем формулу

$$(8) \quad D = \frac{CO2_{SWC}}{\tau},$$

где τ – количество выбросов CO_2 в атмосферу, позволяющих сохранить от преждевременной смерти одну жизнь (7,615 тыс. т).

Определение экономии, достигаемой за счет проведения здравоохранительных мероприятий, необходимых для поддержания здоровья людей ввиду возникновения вредных выбросов CO_2 в атмосферу в млрд долл., осуществляется по формуле (9) следующим образом:

$$(9) \quad LH = LD_{SWC} \cdot \delta,$$

где δ – коэффициент, означающий отношение расходов на здравоохранение относительно экономической стоимости жизни. Он равен 0,1.

Ставку налога на CO_2 обозначим T_N . В долларовой измерении в рассматриваемый период эта ставка составляла по годам, соответственно, 27,67; 28,22; 29,24. Налог, выплаченный за выбросы от использования угля на электростанции в млн долл., рассчитывается по следующей формуле:

$$(10) \quad T = T_N \cdot CO2_{Cm}.$$

Дополнительные расходы на экологию, без уплаченного предприятием налога, рассчитываются по следующей формуле:

$$(11) \quad L_E = CO2_{SWC} \cdot ST - T,$$

где ST – социальный налог на углерод; T – налог, выплаченный за выбросы от использования угля на электростанции.

Расчет экономии от применения солнечной и ветряной генераций

Для расчета экономии используем систему показателей, которая отражена в табл. 1. Экономическая стоимость жизни работников предприятий Enel, расположенных в 21 стране, определяется нами как средневзвешенный показатель по функционирующим производственным мощностям.

Таблица 1.

**Расчет экономии от замещения ветряной и солнечной генерациями угля
в Enel в 2019–2021 гг.**

Показатель	Символ и формула расчета	Строка	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Ископаемые источники энергии, используемые в производстве электроэнергии, за счет которых происходили выбросы CO ₂ , ГВт-ч	P_F	1	103459	75729	88285
Производство электроэнергии за счет угля, ГВт-ч	P_C	2	37592	13155	13858
Выбросы CO ₂ за счет угля при производстве электроэнергии, тыс. т	$CO2_{Cm} = P_C \cdot \varepsilon$	3 = 2 × 0,8274	31104	10884	11466
Доля выбросов CO ₂ за счет угля в ископаемых источниках энергии при производстве электроэнергии	$CO2_C = \frac{P_C}{P_F}$	4 = 2 / 1	0,3634	0,1437	0,1570
Выработка электроэнергии за счет ветряной и солнечной энергии, ГВт-ч	SW	5	30642	36755	45690
Замещение угля ветряной и солнечной энергией, ГВт-ч	SWC	6 = 5 × 4	11134	5282	7173
Выбросы CO ₂ , предотвращенные замещением угля ветряной и солнечной энергией, тыс. т	$CO2_{SWC} = SWC \cdot \varepsilon$	7 = 6 × 0,8274	9212	4370	5935
Сбереженные жизни (1 жизнь – 7,615 тыс. т выбросов CO ₂), человек	D	8 = 7 / 7,615	1210	574	779
Ставка дисконтирования к 2016 г.	d	9	1,0927	1,1255	1,1593
Экономическая стоимость одной жизни, базовая, тыс. долл.	φ	10	4028	4028	4028
Экономическая стоимость одной жизни с учетом ставки дисконтирования, тыс. долл.	$D_E = \varphi \cdot d$	11 = 9 × 10	4401,4	4533,5	4669,7
Стоимость сбереженных жизней, млн долл.	$LD_{SWC} = D_E \cdot D$	12 = 11 × 8	5325,7	2602,2	3637,7
Стоимость поддержания здоровья, млн долл.	$LH = LD_{SWC} \cdot \delta$	13 = 12 × 0,1	532,6	260,2	363,7
Социальный налог на выбросы углерода, долл.	ST	14	207,67	231,46	247,05
Дополнительные расходы на экологию, млн долл.	$L_E = CO2_{SWC} \cdot ST$	15 = 14 × 7	1913,1	1011,5	1466,2

Окончание табл. 1.

Показатель	Символ и формула расчета	Строка	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Налог, выплаченный предприятием за выбросы от использования угля, млн долл.	T	16	860,5	307,1	335,3
Дополнительные расходы на экологию, без уплаченного предприятием налога, млн долл.	$L_E = CO2_{swc} \cdot ST - T$	17 = 15 - 16	1052,6	742,7	1130,9
Всего сэкономлено ресурсов при замещении солнечной и ветряной энергией угля, млн долл.	$L_{swc} = LD_{swc} + LH + L_E$	18 = 12 + 13 + 17	6910,9	3566,8	5132,3

Проведенный нами расчет экономии по предложенной выше методологии показал, что посредством снижения выбросов CO₂ в атмосферу Enel удалось уберечь в течение трех лет от преждевременной смерти жизни 2563 человек. Выгоды, полученные от ресурсосбережения от сокращения выбросов CO₂ в атмосферу за счет замещения угля, составили более 15,6 млрд долл.

Наш расчет строился с учетом стратегии компании, предусматривающей принцип пропорциональности замещения солнечной и ветряной энергией ископаемых источников – угля и газа (см. строки 2, 4, 6 табл. 1). Как показали наши расчеты, в другой крупнейшей итальянской энергетической корпорации Eni выбросы парниковых газов (Score 1) также уменьшались. Снижение происходило, в основном, из-за сокращения деятельности в секторе нефтепереработки в связи с чрезвычайной ситуацией в области здравоохранения и последующей остановкой нескольких производственных предприятий; особенностями производства; объемом и видом замещаемой генерации (не уголь, а нефть); несколько меньшим средним показателем экономической стоимости жизни. Однако количество сэкономленных жизней в Eni было намного меньше, чем в Enel. Тем не менее расхождения в оценках, предназначенных для ESG, между двумя корпорациями и их рейтинговые позиции не так существенно различаются. Предположим, что рейтинговые агентства акцент сделали не на текущее положение дел, а на перспективные планы предприятия по декарбонизации.

Выводы

Рост ветряной и солнечной генераций определяется и быстрым сокращением цен, и значительным ростом новых вводимых производственных мощностей, что предопределяет формирование экономических предпочтений при выборе наиболее конкурентоспособных генераций. Оба направления тесно взаимосвязаны и взаимообусловлены.

С помощью разработанной автором модели удалось определить социально-экономические выгоды от использования ветряной и солнечной генераций вместо угля с учетом динамики декарбонизации, экономической стоимости жизни, социальной стоимости углерода, социальной ставки дисконтирования. Состоятельность предлагаемой модели подкреплена проведенными расчетами и получением конкретных количественных оценок.

За счет деятельности итальянской корпорации Enel по замещению ветряной и солнечной энергией угля за трехлетний период удалось сберечь жизни почти 2,6 тыс. человек и удалось получить эффект по ресурсосбережению в объеме более чем в полтора десятка миллиардов долларов. Проведенный нами расчет по данным за 2019–2021 гг. по ведущей энергетической корпорации Германии RWE показал, что в результате замещения угля ветряной и солнечной энергией от преждевременной смерти были спасены 3276 человек, а эффект здесь превысил 15,4 млрд долл.

В условиях энергетического кризиса угольные шахты частично стали расконсервировать, например, в Германии, Британии для использования на электростанциях. Полагаю, что это временная и вынужденная мера, сопряженная с негативными экологическими последствиями, которые, конечно, приведут к людским и экономическим потерям.

Таким образом, на основании расчетов доказано, что ветряная и солнечная генерации имеют большой потенциал в электроэнергетике. Модель может быть полезной для совершенствования оценок в экологическом разделе ESG для большей мотивации инвесторов, для составления рейтингов при сравнении предприятий, для обучения специалистов, в частности, для слушателей целого ряда программ и курсов, которые преподаются в НИУ ВШЭ и других вузах.

* *
*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Авалиани С., Голуб А., Дудек Д., Струкова Е., Сафонов Г., Сапаров М. Дополнительные выгоды от снижения выбросов парниковых газов в России: Информационно-аналитический бюллетень «Жизнь в атмосфере парниковых газов». Институт консалтинга экологических проектов, 2009. с. 3–6. (<http://eco-project.org/upload/2009/life-gaz.pdf>)

Газман В.Д. Потенциал возобновляемой энергетики: монография. М.: Изд. дом ВШЭ, 2022.

Завалеев И., Куприянова М. Выбросы парниковых газов и их взаимосвязь с выработкой энергии // Журнал СОК. 2019. № 9. С. 82–89. (<https://www.c-o-k.ru/archive-cok?num=9&year=2019>)

Загрязнение воздуха обходится европейцам ежегодно в 1,6 трлн долл. 28 апреля 2015 г. (<http://www.finmarket.ru/news/4004423>)

Китай на «зеленом» пути // РБК+. Выпуск № 2. 25 мая 2017. (<http://www.rbplus.ru/news/59212d847a8aa96b2c9050bb>)

Обзор доклада Николааса Стерна «Экономика изменения климата». Изд. 2-ое, дополненное и переработанное / А.О. Кокорин, С.Н. Кураев, М.А. Юлкин. WWF, Strategic Programme Fund (SPF). М.: WWF России, 2009.

Amelang S., Wehrmann B. One Tonne of CO₂ Causes 180 Euros Damages. RWE Europe's Worst Polluter. Germany's Federal Environment Agency (UBA), 20 Nov. 2018. (<https://www.cleanenergywire.org/news/one-tonne-co2-causes-180-euros-damages-rwe-europes-worst-polluter>)

Chestney N., Abnett K., Twidale S. Europe's Carbon Price Nears the 100 Euro Milestone. London/Brussels, Reuters, 4 February, 2022. (<https://www.reuters.com/business/energy/europes-carbon-price-nears-100-euro-milestone-2022-02-04/>)

Clementino E., Perkins R. How Do Companies Respond to Environmental, Social and Governance (ESG) Ratings? // *Journal of Business Ethics*. 2021. Vol. 171. P. 379–397. (<https://link.springer.com/article/10.1007/s10551-020-04441-4>)

Dattaro L. The Economic Cost of Carbon Pollution Is Much Greater Than Estimated, Say Stanford University Researchers, VICE Media Group, 2015. (https://www.vice.com/en_us/article/xwpjka/the-economic-cost-of-carbon-pollution-is-much-greater-than-estimated-say-stanford-university-researchers)

Debating Climate Economics: The Stern Review vs. its Critics / Report to Friends of the Earth England, Wales and Northern Ireland – Global Development and Environment Institute. Tufts University, USA, July 2007. (<https://docplayer.net/21695445-Debating-climate-economics-the-stern-review-vs-its-critics.html>)

Dietz S., Stern N. Endogenous Growth, Convexity of Damage and Climate Risk: How Nordhaus' Framework Supports Deep Cuts in Carbon Emissions // *The Economic Journal*. March 2015. Vol. 125. Iss. 583. P. 574–620. (<https://doi.org/10.1111/econj.12188>)

Evans S. The Swiss Company Hoping to Capture 1% of Global CO₂ Emissions by 2025. Carbon Brief, 2017. (<https://www.carbonbrief.org/swiss-company-hoping-capture-1-global-co2-emissions-2025/>)

Li M., Zhang D., Li C-T., Mulvaney K.M., Selin N.E., Karplus V.J. Air Quality Co-benefits of Carbon Pricing in China // *Nature Climate Change*. 2018. Vol. 14. № 8. P. 398–403. (Doi: 10.1038/s41558-018-0139-4)

Nordhaus W. Revisiting the Social Cost of Carbon. PNAS, National Academy of Sciences of the United States of America, January 31, 2017. P. 1518–1523. (<https://doi.org/10.1073/pnas.1609244114>; <https://www.pnas.org/content/114/7/1518>)

Ricke K., Dronet L., Caldeira K., Tavoni M. Country-level Social Cost of Carbon // *Nature Climate Change*. October 2018. Vol. 8. P. 895–900.

The Economics of Climate Change. The Stern Review. Nicholas Stern. Cabinet Office – HM Treasury, 2006, UK.

Thomas P. Calculating the Value of Human Life: Safety Decisions that Can Be Trusted. Policy Report 25: April 2018. University of Bristol, 2018. P. 1–4. (<https://bristol.ac.uk/policybristol>)

Stern N. Key Elements of a Global Deal on Climate Change. The London School of Economics and Political Science, 2008.

Viscusi W., Aldy J. The Value of a Statistical Life: A Critical Review of Market Estimates throughout the World. NBER Working Paper. 9487. 2003.

Viscusi W.K. The Value of Life. John M. Olin Center for Law, Economics, and Business, Harvard Law School Cambridge, Discussion Paper № 517, 06/2005.

Viscusi W.K., Masterman C.J. Income Elasticities and Global Values of a Statistical Life // *Journal of Benefit-Cost Analysis*. 2017. Vol. 8. Iss. 2. P. 226–250.

Wagner G. The True Price of Carbon / Project Syndicate – 2020, 28 Feb. 2020. (<https://www.project-syndicate.org/commentary/calculating-true-price-of-carbon-by-gernot-wagner-1-2020-02?barrier=accesspaylog>)

World Bank. State and Trends of Carbon Pricing 2021. Washington, DC: World Bank, 2021. (<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35620>)

Economic Assessment of CO₂ Emissions in the Environmental Section of ESG

Victor Gazman

National Research University Higher School of Economics,
20, Myasnitskaya st., Moscow, 101000, Russian Federation.

E-mail: vgazman@hse.ru

The article presents the results of the conducted research, the purpose of which was to develop recommendations for the use of socio-economic benefits from the use of wind and solar energy in the environmental section of ESG instead of the most toxic generation – coal. On the basis of theoretical assumptions, the methodology developed by the author for determining the achieved savings is described in detail on the example of the largest energy enterprises Enel, Eni. The article presents not only the author's model, but also the calculations themselves with comments. The calculations carried out were carried out on the basis of the actual amount of carbon dioxide emissions charges, taking into account the damage caused, the number of people saved from premature death due to harmful emissions into the atmosphere, the economic cost of lives determined by the World Bank by country, the costs of treating emerging concomitant diseases, the social discount rate. This makes it possible to determine the real socio-economic effect of replacing fossil energy sources with cleaner energy carriers. The argumentation refuting the argument about the occurrence of a significant increase in costs in the economy, which may arise due to the introduction of a fixed fee for harmful emissions, is presented. This allows you to set more accurate benchmarks and indicators in the environmental section of the ESG system and use them in attracting investors, forming ratings, and training specialists.

Key words: ESG; wind and solar energy; social cost of carbon; economic cost of living; social discount rate.

JEL Classification: G31, 016; Q20; Q40, Q41, Q42, Q43.

* *
*

References

Air Pollution Costs Europeans 1.6 Trillion USD Annually (2015) April 28. (In Russian). Available at: <http://www.finmarket.ru/news/4004423>

Amelang S., Wehrmann B. (2018) One Tonne of CO₂ Causes 180 Euros Damages, *RWE Europe's Worst Polluter*, Germany's Federal Environment Agency (UBA), 20 Nov. Available at: <https://www.cleanenergywire.org/news/one-tonne-co2-causes-180-euros-damages-rwe-europes-worst-polluter>

- Avaliani S., Golub A., Dudek D., Syrukova E., Safonov G., Saparov M. (2009) Additional Benefits from Reducing Greenhouse Gas Emissions in Russia. *Information and Analysis Bulletin "Life in the Atmosphere of Greenhouse Gases"*. M.: Institute of Environmental Project Consulting, pp. 3–6 (In Russian). Available at: <http://eco-project.org/upload/2009/life-gaz.pdf>
- Chestney N., Abnett K., Twidale S. (2022) *Europe's Carbon Price Nears the 100 Euro Milestone*. London, Brussels: Reuters, 4 February. Available at: <https://www.reuters.com/business/energy/europes-carbon-price-nears-100-euro-milestone-2022-02-04/>
- China Is on the "Green" Path (2017) *RBC+*, iss. no 2, May 25. Available at: <http://www.rbcpplus.ru/news/59212d847a8aa96b2c9050bb>
- Clementino E., Perkins R. (2021) How Do Companies Respond to Environmental, Social and Governance (ESG) Ratings? *Journal of Business Ethics*, 171, pp. 379–397. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10551-020-04441-4>
- Dattaro L. (2015) *The Economic Cost of Carbon Pollution Is Much Greater Than Estimated*, Say Stanford University Researchers, VICE Media Group. Available at: https://www.vice.com/en_us/article/xwpjka/the-economic-cost-of-carbon-pollution-is-much-greater-than-estimated-say-stanford-university-researchers
- Debating Climate Economics: *The Stern Review vs. its Critics* (2007) Report to Friends of the Earth England, Wales and Northern Ireland – Global Development and Environment Institute. Tufts University, USA, July. Available at: <https://docplayer.net/21695445-Debating-climate-economics-the-stern-review-vs-its-critics.html>
- Dietz S., Stern N. (2015) Endogenous Growth, Convexity of Damage and Climate Risk: How Nordhaus' Framework Supports Deep Cuts in Carbon Emissions. *The Economic Journal*, March, 125, iss. 583, pp. 574–620. Available at: <https://doi.org/10.1111/ecoj.12188>
- Evans S. (2017) *The Swiss Company Hoping to Capture 1% of Global CO₂ Emissions by 2025*. Carbon Brief. Available at: <https://www.carbonbrief.org/swiss-company-hoping-capture-1-global-co2-emissions-2025/>
- Gazman V.D. (2022) *Potential Renewable Energy*: monograph. Moscow: HSE Publishing House. (In Russian).
- Li M., Zhang D., Li C-T., Mulvaney K.M., Selin N.E., Karplus V.J. (2018) Air Quality Co-benefits of Carbon Pricing in China. *Nature Climate Change*, 14, 8, pp. 398–403. Doi: 10.1038/s41558-018-0139-4
- Nordhaus W. (2017) *Revisiting the Social Cost of Carbon*. PNAS, National Academy of Sciences of the United States of America, January 31, pp. 1518–1523. Available at: <https://doi.org/10.1073/pnas.1609244114>; <https://www.pnas.org/content/114/7/1518>
- Review of Nicholas Stern's report "The Economy of Climate Change"* (2009) 2nd ed., supplemented and reworked (eds. A.O. Kokorin, S.N. Kuraev, M.A. Yulkin). WWF, Strategic Programme Fund (SPF). M.: WWF Russia. (In Russian).
- Ricke K., Dronet L., Caldeira K., Tavoni M. (2018) Country-level Social Cost of Carbon. *Nature Climate Change*, October, 8, pp. 895–900.
- The Economics of Climate Change* (2006) The Stern Review. Nicholas Stern. Cabinet Office – HM Treasury, UK.
- Thomas P. (2018) Calculating the Value of Human Life: Safety Decisions that Can Be Trusted. *Policy Report*, 25 April. University of Bristol, pp. 1–4. Available at: <https://bristol.ac.uk/policybristol>
- Stern N. (2008) *Key Elements of a Global Deal on Climate Change*. The London School of Economics and Political Science.
- Viscusi W., Aldy J. (2003) *The Value of a Statistical Life: A Critical Review of Market Estimates throughout the World*. NBER Working Paper. 9487.
- Viscusi W.K. (2005) *The Value of Life*. John M. Olin Center for Law, Economics, and Business, Harvard Law School Cambridge, Discussion Paper № 517, 06/2005.
- Viscusi W.K., Masterman C.J. (2017) Income Elasticities and Global Values of a Statistical Life. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 8, iss. 2, pp. 226–250.

Wagner G. (2020) The True Price of Carbon. *Project Syndicate* – 2020, 28 Feb. Available at: <https://www.project-syndicate.org/commentary/calculating-true-price-of-carbon-by-gernot-wagner-1-2020-02?barrier=accesspaylog>

World Bank (2021) *State and Trends of Carbon Pricing 2021*. Washington, DC: World Bank. Available at: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35620>

Zavaleev I., Kupriyanova M. (2019) Greenhouse Gas Emissions and their Relationship with Energy Production. *SOC Magazine*, 9, pp. 82–89. (In Russian). Available at: <https://www.c-o-k.ru/archive-cok?num=9&year=2019>