

Трофимов Г. Ю.

Долговременная ретроспективная картина антропогенного накопления парниковых газов в атмосфере не дает поводов для оптимизма. В девяностые диоксид углерода, охватывающий 76% глобальных выбросов этих газов, эмитировался со среднегодовым темпом один процент, в нулевые темп увеличился до 2,8% благодаря мощному росту индустриальных экономик двух азиатских гигантов – Китая и Индии, а в десятые – опять составил один процент, если не принимать в расчет пандемийный 2020 год, когда выбросы CO₂ упали на 5,4%.

Это значит, что по итогам последнего десятилетия удалось всего лишь вернуться к темпам карбонизации атмосферы девяностых годов, а декарбонизация на глобальном уровне так и не началась. В текущем году прогнозируется увеличение эмиссии диоксида углерода на 4,9%, что означает скорый возврат к доковидному уровню.

На недавно прошедший климатический саммит в Глазго возлагались надежды как на возможную точку поворота в достижении амбициозных целей Парижского соглашения по климату, вступившего в силу в 2016 г. По окончании этого саммита многие надежды развеялись.

Амбиции и реалии

Основная цель, сформулированная в Парижском соглашении, осталась неизменной: «обеспечить увеличение средней глобальной температуры значительно ниже 2°C относительно доиндустриального уровня и прилагать усилия, чтобы ограничить увеличение температуры 1,5°C». В Климатическом пакте, принятом по итогам саммита, заявляется, что цель 1,5°C достижима, если уменьшить эмиссию диоксида углерода к 2030 на 45% по сравнению с 2010 г.

Для выполнения такой задачи необходимо будет в ближайшие 9 лет ежегодно сокращать объемы глобальной эмиссии на 1,9 млрд тонн, то есть в таком же темпе как в кризисном 2020 г. Тогда это оказалось возможным благодаря длительным остановкам производства, позволившим снизить потребление ископаемых энергоресурсов на 4,1%.

В дальнейшем реализация климатических целей должна будет зависеть от выполнения национальных обязательств по сокращению выбросов, принятых участниками Парижского соглашения. Они основаны на возможностях и интересах отдельных государств и предусматривают достижение большинством стран углеродной

нейтральности к 2050 г. Шесть стран: Россия, Китай, Бразилия, Нигерия, Индонезия и Саудовская Аравия сдвинули этот срок до 2060 г., а Индия – до 2070 г.

Национальные обязательства всех стран, их принявших, являются умеренными и поэтому расходятся с основной целью Парижского соглашения. Согласно оценкам различных экспертных групп, повышение средней температуры составит 2,4 – 2,7°C, если все участники выполняют взятые на себя обязательства. По оценке межправительственной группы экспертов по изменению климата ИРСС, при таком сценарии эмиссия парниковых газов сократится в 2030 г. всего лишь на 1% по сравнению с 2010 г.

И это несмотря на то, что к саммиту в Глазго многие страны усилили свои обязательства, действуя согласно положению Парижского соглашения об их пересмотре раз в пять лет. Чтобы укорить процесс, на саммите было решено проводить, начиная со следующего года, корректировки национальных обязательств по сокращению эмиссии к 2030 г. в ежегодном режиме. Страны будут предоставлять отчеты по пересмотрам своих долгосрочных планов в сторону ужесточения, оставляя, однако, в стороне фактические результаты по обеспечению их реализации.

Препятствием к выполнению долговременных обязательств по сокращению эмиссии является отсутствие механизмов инфорсмента. Национальные обязательства оформлены законодательно лишь в некоторых государствах с высоким среднедушевым доходом: ЕС, Британии, Канаде и Новой Зеландии, для которых борьба с глобальным потеплением стала приоритетным направлением. Мотивация других стран, для которых эта проблема не является первостепенной, в дальнейшем может оказаться под воздействием мер «кнута и пряника» в международной торговле и финансах.

Пока такие меры не введены, национальные правительства продолжают поддерживать отрасли традиционной энергетики с помощью субсидий, налоговых льгот, инвестиций в инфраструктурные проекты и других рычагов. По данным международного агентства IRENA, субсидии углеводородной энергетике в 2020 г. во всем мире составили 445 млрд долл., тогда как поддержка возобновляемой энергетики была в три с половиной раза меньше. По оценке МВФ, неявные углеводородные субсидии за счет бесплатных или дешевых эмиссий парниковых газов на порядок выше: 5,5 трлн долл. или 6,3% мирового ВВП в 2020 г.

Легитимность явных углеводородных субсидий была фактически подтверждена в Климатическом пакте, поскольку «вне закона» в этом документе оказалась только субсидии, относящиеся к расплывчатой категории «неэффективных». Такой компромиссный подход отражает интересы крупнейших международных нефтегазовых

компаний, активно лоббировавших мероприятие в Глазго, а также многих стран, в той или иной мере зависящих от традиционных источников энергии.

Неопределенность и обратные связи

Амбициозность целей климатической политики является следствием крайне высокой степени неопределенности последствий антропогенного влияния на климат. Согласно современным представлениям климатологов, если повышение температуры атмосферы перейдет черту 2°C , то возникнут риски, последствия которых невозможно заранее предсказать и оценить. При этом целевой уровень $1,5^{\circ}\text{C}$ гарантирует «зону безопасности», в рамках которой удастся избежать изменений климата, носящих катастрофический характер.

Больше всего опасений вызывает возможность возникновения необратимых процессов в биосфере, криосфере и гидросфере. Существует некоторая вероятность того, что за пределами 2°C повышение атмосферной температуры ускорится благодаря влиянию таких процессов. Связанная с этим неопределенность усиливается из-за положительных климатических обратных связей в окружающей среде. Например, таяние в результате глобального потепления вечной мерзлоты приведет к высвобождению и попаданию в атмосферу метана, а повышение температуры и кислотности океана ослабит его способность к абсорбированию атмосферного углекислого газа.

Смысл радикальной климатической политики состоит в том, чтобы полностью исключить такие возможности. При этом цена устранения климатических рисков не имеет значения, поскольку «на кону стоит сохранение планеты». На математическом языке эту позицию выражает так называемая «мрачная теорема» американского экономиста Мартина Вейцмана. Косвенными индикаторами издержек предотвращения климатических катастроф являются экспертные оценки стоимости тонны углеродных выбросов, учитывающие всевозможные риски. Эти оценки варьируют в интервале 200-500 долл. за тонну CO_2 и выше, чему примерно соответствует цена нефти 150-300 долл. за баррель. Для сравнения, цена тонны углеродных выбросов, недавно утвержденная администрацией США в качестве расчетного значения в системе госрегулирования, составляет всего 51 долл. Ставка углеродного налога, установленного в Германии в 2021 г. для транспорта и отопления, и того меньше – 25 евро за тонну.

Изменения климата, в свою очередь, влияют сложным образом на экономику и социум, и в этом направлении также действуют положительные обратные связи. Например, усиление частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений влечет рост энергопотребления для отопления и кондиционирования помещений.

Компенсирующее действие отрицательных обратных связей происходит через механизмы адаптации экономики и общества к изменению климата, позволяющие минимизировать ущерб от аномальных природных явлений и стихийных бедствий. Однако способность сообществ к такой адаптации реализуется через сознательный выбор, который предсказать заранее намного сложнее чем природные процессы.

И наконец, обсуждая обратные связи, необходимо принять во внимание воздействие на экономику климатической политики, особенно, если она носит радикальный характер. Энергетический кризис в Европе 2021 г. произошел вследствие ускоренного развития возобновляемой энергетики в Германии, Британии и других странах. Из-за нерешенности проблемы нестабильности возобновляемой генерации необходимо воссоздание резервных мощностей газовой и угольной генерации, обеспечивающих балансировку спроса и предложения. Это значит, что радикальная политика, направленная на ускоренное замещение углеводородной энергетики, не может устранить углеводородную зависимость экономики.

Движение вспять

Препятствия для реализации климатической политики существуют на более фундаментальном уровне, чем проблема нестабильности ветровой и солнечной генерации. Парижское соглашение вступило в силу в ноябре 2016 г., но уже на следующий год началось наращивание мировой добычи угля и газа, хотя пандемия и прервала этот процесс, что можно видеть на графиках 1а и 1б. Основной вклад в увеличение добычи угля после 2016 г. внес Азиатско-Тихоокеанский регион, в первую очередь, Китай, а также Индия и Индонезия. Лидером по наращиванию газодобычи с большим отрывом от России и других стран стали США.

Темп роста нефтедобычи после 2016 г. остался без изменений, хотя и здесь рывок сделали США, что видно на графике 1в (среднегодовой темп роста добычи там составил 6.1% в 2006-16 г. и 11.3% в 2017-2019 г.). В сдерживании предложения нефти основную роль сыграла реанимация в 2016 г. международного картеля под обновленным брэндом ОПЕК+. Его участники договорились о квотах, и картель смог притормозить рост добычи.

Чем можно объяснить тот факт, что наращивание производства углеводородной энергии произошло сразу же после постановки амбициозных целей по климату? В конкретных случаях были разные обстоятельства. Например, американский нефтегазовый бум был усилен приходом в 2016 г. к власти Дональда Трампа, временно отменившего участие США в Парижском соглашении. Рост угольной генерации в Китае, начиная с 2016

г., был связан с увеличением внутреннего энергопотребления, а в 2021 г. там вообще были сняты все введенные ранее самоограничения по угольным выбросам.

График 1а: Добыча угля, млрд. тонн

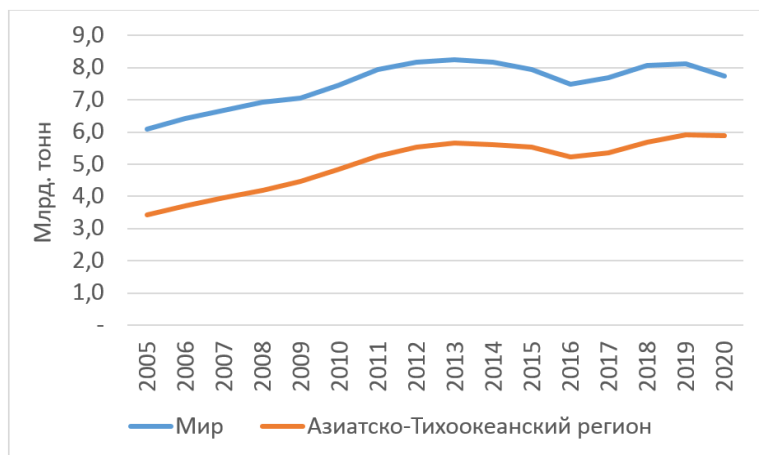


График 1б: Добыча природного газа, млрд. кубометров

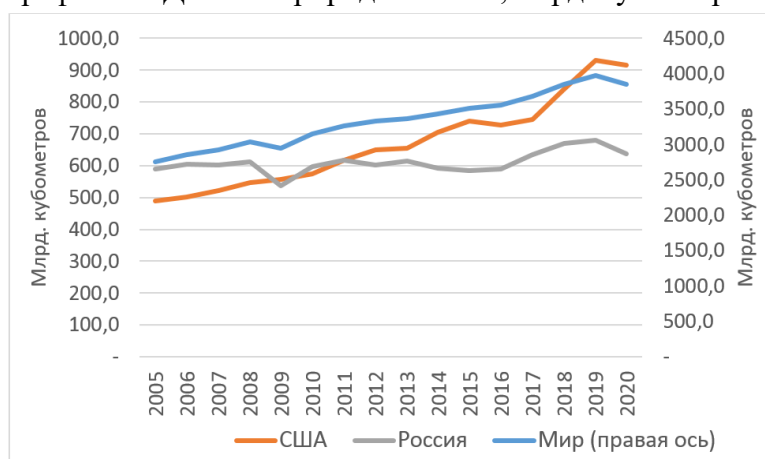
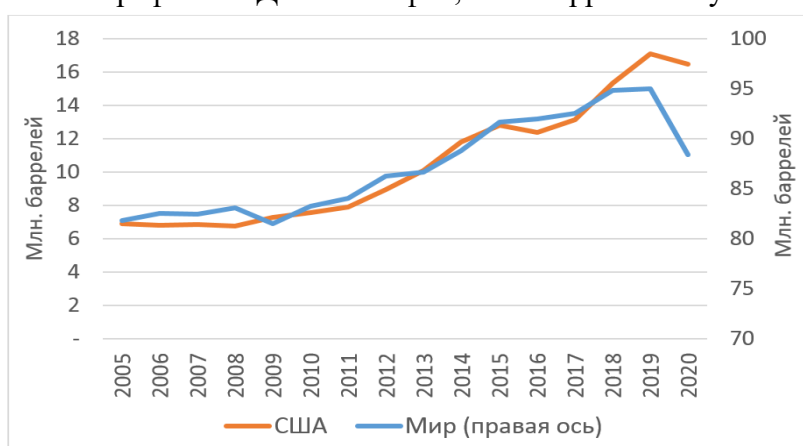


График 1в: Добыча нефти, млн. баррелей в сутки



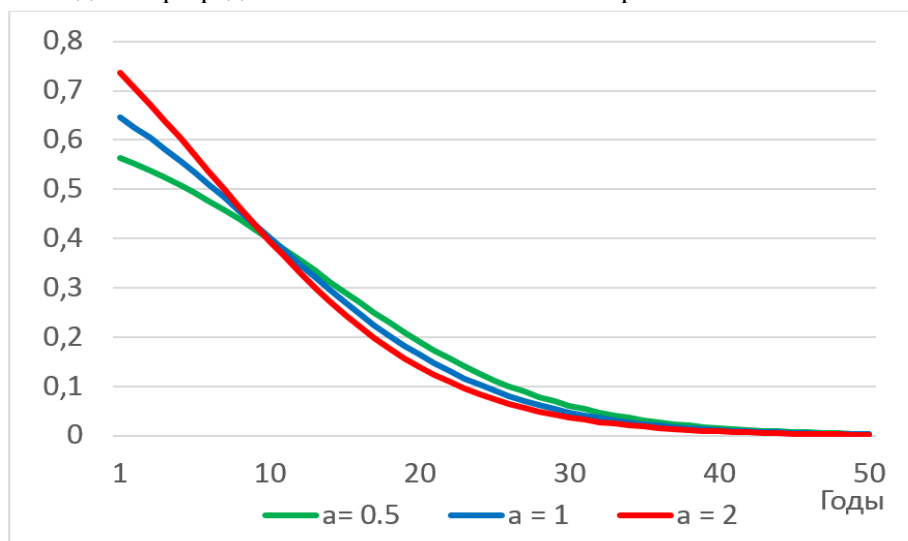
Источник: BP Statistical review of world energy 2021

Зеленый парадокс

«После» не обязательно значит «по причине», но все же можно дать объяснение тенденции увеличения темпов добычи после 2016 г. на основе теоретической модели энергоперехода. В ней рассматривается рынок электроэнергии, на котором конкурируют производители возобновляемой и углеводородной энергии, а их рыночные доли определяются соотношением цен. Физический капитал возобновляемой энергии накапливается по мере истощения ограниченного ископаемого ресурса. При этом постепенно увеличивается доля возобновляемой энергии и сокращается производство углеводородной.

Наши расчеты по этой модели для различных вариантов энергоперехода выявили странный, на первый взгляд, результат. График 2 показывает динамику добычи при разных значениях параметра, являющегося индикатором предпочтения возобновляемой энергии потребителями. Оказалось, что с повышением этого индикатора добыча на начальной стадии энергоперехода увеличивается, как видно из графика. Данный эффект устойчив ко всевозможным вариациям параметров и начальных условий. Получается, что чем более предпочтительна возобновляемая энергетика, тем скорее потребители хотят осуществить переход, а значит тем интенсивней должна быть добыча углеводородного ресурса на начальной стадии, коль скоро он ограничен и должен быть полностью использован.

График 2: Добыча ресурса в модели энергоперехода, условные единицы, a – индикатор предпочтений возобновляемой энергии



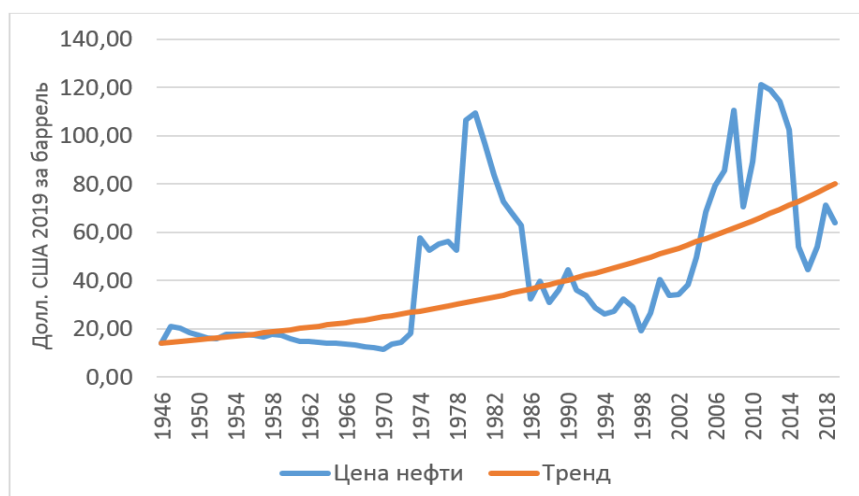
Источник: Vavilov A., Trofimov G., “Natural Resource Pricing and Rents. An Economic Analysis”, Springer (2021), p. 100

Как выяснилось, похожие результаты были получены ранее для других моделей энергоперехода. Они объединяются понятием «Зеленый парадокс», который ввел в 2008 г. немецкий экономист Ганс-Вернер Синн. Он показал, что интенсивность добычи на начальной стадии энергоперехода увеличивается из-за ожиданий дальнейшего ужесточения климатической политики, означающего многократное повышение углеродного налога. Например, в одном из обсуждаемых вариантов введения углеродного налога в США предусматривается автоматическое увеличение ставки на 5% в год при невыполнении обязательств по снижению эмиссии CO₂. Поэтому собственнику месторождения углеводородного ресурса выгоднее успеть извлечь из недр как можно больший его объем при относительно низкой налоговой ставке.

Ресурсные ограничения

«Зеленый парадокс» является следствием предположения, что ископаемый ресурс ограничен. Это краеугольный камень классической экономической теории природных ресурсов, предложенной американским экономистом Гарольдом Хотеллингом в 1931 г. В его модели ограниченность ресурса определяет предельную ресурсную ренту, которая растет с темпом равным реальному проценту. Динамика реальной цены нефти в послевоенном периоде (график 3) имела экспоненциальный тренд со среднегодовым темпом 2,4%, что согласуется с теорией Хотеллинга.

График 3: Реальная цена нефти, долл. США за баррель в ценах 2019 г.



Источник: Information Energy Agency, Federal Reserve

На уровне отдельных месторождений ресурсное ограничение в явном виде отсутствует, поскольку ресурс извлекается из недр до тех пор, пока добыча рентабельна. Все что остается в земле, по словам видного эксперта нефтяного рынка Морриса Эйдельмана, «неизвестно, вероятно непознаваемо и абсолютно несущественно, будучи всего лишь геологическим фактом, не имеющим экономического значения».

Тем не менее, в контексте антропогенного воздействия на климат ресурсное ограничение имеет значение, поскольку ограниченным является ресурс атмосферы. Такое ограничение оценивается на основе глобальных климатических моделей в виде показателя «остающегося углеродного бюджета». Этот бюджет определяет, сколько миллиардов тонн двуокиси углерода еще можно эмитировать на глобальном уровне, чтобы с некоторой вероятностью достичь целевые температурные значения полтора-два градуса или хотя бы ограничить повышение температуры критическим уровнем трех градусов.

Углеродные бюджеты, рассчитанные международным консорциумом экспертов по климату “The Global Carbon Project”, составляют 420 млрд. тонн для цели 1,5 градуса, достижимой с вероятностью 50%, и 1270 млрд. тонн для цели 2 градуса (с той же вероятностью). Из этих расчетов следует, что при сохранении темпов эмиссии CO₂ на уровне 2021 г. остающийся углеродный бюджет для 1,5 градусов будет исчерпан через 8 лет, а для 2 градусов – через 25 лет. В идеале момент исчерпания бюджета должен совпадать со временем достижения углеродной нейтральности на глобальном уровне, когда годовая эмиссия снизится до объема естественного и антропогенного поглощения, и концентрация CO₂ в атмосфере стабилизируется.

Важно, что остающийся углеродный бюджет определяет неявное ограничение на допустимый объем извлечения углеводородных ресурсов. Это так, поскольку ископаемые энергоресурсы взаимодополняемы с ресурсом атмосферы. Для справки: каждая тонна добытого и сожженного угля дает 2,86 тонн двуокиси углерода, выброшенного в атмосферу, а каждая тонна природного газа – 1,18 тонн. Таким образом, цифры углеродных бюджетов диктуют допустимые суммарные объемы добычи традиционных энергоресурсов.

Дележ по понятиям

Для реализации амбициозной климатической политики необходимо в течение ближайших десятилетий жестко ограничить мировую добычу ископаемых энергоресурсов

объемами, соответствующими углеродным бюджетам. В модели Хотеллинга с заданным ресурсным ограничением оптимальным решением является снижение добычи во времени. Подобную динамику, исключаящую в будущем пики добычи, предлагается принять в качестве образца для реализации целей Парижского соглашения.

В докладе “The Production Gap”, подготовленном Стокгольмским Институтом Окружающей Среды под эгидой одноименной программы ООН, приводятся расчетные данные по динамике использования традиционных энергоресурсов, отвечающие температурной цели 1,5 градуса (с вероятностью 50%). Согласно расчетам, объем мировой добычи угля в этом десятилетии должен падать с темпом 11% в год. Для нефти и газа темпы снижения не такие значительные: «всего» 4% и 3%, причем сокращение производства должно начаться уже со следующего года. Иначе говоря, пик мировой добычи нефти и газа должен быть пройден уже в 2022 г.

Эти цифры никак не соотносятся с реальными процессами, но демонстрируют отрыв амбициозных климатических целей от возможностей их достижения. Одной из причин такого отрыва является отсутствие стимулов для кооперативного поведения (не на словах, а на деле) у подавляющего большинства участников климатических соглашений и саммитов. Если ресурс атмосферы действительно жестко ограничен, то вступает в силу «Зеленый парадокс», означающий что в односторонних интересах национальных государств выгоднее извлечь как можно раньше и как можно больше углеводородных ресурсов из-под земли. Возникает неявный дележ ограниченного атмосферного ресурса, являющегося на глобальном уровне общественным благом. В этом дележе в одностороннем порядке выигрывают участники, опережающие других в темпе добычи.

Многосторонняя кооперация по проблеме климата невозможна, если ведущие мировые игроки действуют в своих эгоистических интересах. Доминирующий участник, лидирующий в выбросах парниковых газов в расчете на душу населения, ведет себя именно таким образом. Уже пятнадцать лет США намного опережают все страны по темпам роста добычи нефти и газа и пока не собираются ограничивать разработки экологически грязных сланцевых месторождений. В конце ноября прошлого года администрация Байдена приняла решение, вопреки предвыборным обещаниям «спящего Джо», продолжить продажу лицензий на нефтегазовые участки в собственности федерального правительства США.

Наиболее одиозно эгоизм и лицемерие сильных участников проявляется в их отношении к слаборазвитым странам. Амбициозные требования углеродной

нейтральности вынуждают эти страны развивать свою энергетику на основе возобновляемых источников. Но как показал энергетический кризис Европы, начавшийся в 2021 г., возобновляемая энергетика – это роскошь, которую могут позволить себе лишь достаточно богатые государства. Для покрытия разрывов генерации необходимы дополнительные резервные мощности традиционной энергетики и интеграция региональных энергосистем на основе сверхмощных линий-интерконнекторов. Поэтому ставка исключительно на возобновляемую энергетику станет непреодолимым препятствием для индустриализации бедных стран, в которых энергопотребление на душу населения в десятки раз ниже, чем у «золотого миллиарда».

Особенно показательна в этом отношении инициатива Норвегии, поддержанная семью странами Северной Европы и Балтики, прекратить финансирование международными организациями газовых проектов в бедных странах. Вместо этого рекомендуется поддержка в таких странах продвинутых решений в области чистой энергетики, включая зеленый водород и умные сети. С аналогичной инициативой выступили на саммите в Глазго 20 стран – членов ОЭСР, принявших обязательства полностью отказаться от финансирования углеводородных проектов за рубежом уже в 2022 г. Получателями такого финансирования являются, в значительной мере, развивающиеся и слаборазвитые страны, остро нуждающиеся в недорогих энергоресурсах. При этом сама Норвегия продолжает наращивать инвестиции в разработку новых оффшорных нефтегазовых месторождений, а в кризисном 2020 г. увеличила добычу нефти аж на 15,2%.

Альтернативы

Незадолго до саммита в Глазго экологическая активистка Грета Тунберг заявила в статье, опубликованной в газете Гардиан: «Если мы хотим выполнить цели Парижского соглашения по климату, то необходимы немедленные и радикальные ежегодные сокращения эмиссии, каких свет не видел. И поскольку в обозримом будущем у нас нет технологических решений, это означает, что мы должны осуществить фундаментальные изменения нашего общества».

Иначе говоря, пока прорывные разработки в области генерации и хранения электроэнергии не достигли коммерческого рубежа, предлагается строить новое общество – по всей видимости, в глобальном масштабе. В контексте бескомпромиссной борьбы за климат имеется в виду замена устаревшей модели капитализма, основанного на массовом потреблении, новой, базирующейся на тотальном контроле над потреблением. Старая

модель была в полной мере реализована в 20 веке для богатых стран, а новая предполагается к реализации в 21 веке для всего человечества.

И все же существует альтернатива радикальным глобалистским проектам: приспособление человечества в целом и национальных государств по отдельности к изменению климата. Данной стратегии уделено внимание в Климатическом пакте Глазго, поскольку уже сейчас необходимо принимать меры по адаптации к глобальному потеплению и выискивать средства для компенсации ущерба и потерь, вызванных его последствиями. Глобальные потери ежегодно исчисляются многомиллиардными суммами, которые ложатся тяжелым бременем прежде всего на слаборазвитые страны, страдающие от засух, наводнений, лесных пожаров и прочих катаклизмов, вызванных изменением климата.

Виновниками происходящего являются страны высокоразвитые, у которых уровень эмиссии CO₂ на душу населения на порядок выше, и на которых лежит историческая ответственность за накопление в атмосфере парниковых газов. На климатическом саммите в Копенгагене 2009 г. было принято решение о создании Зеленого Климатического Фонда для предоставления развивающимся и слаборазвитым странам 100 млрд долл. ежегодной помощи в адаптации к изменению климата и снижении эмиссии. Однако, по оценке международной организации Oxfam, за все прошедшие годы не было профинансировано даже четверти обещанной суммы. При этом богатые страны охотно давали кредиты и инвестировали в зеленые проекты, но объем фактически предоставленной безвозмездной помощи оказался мизерным по сравнению с реальными потребностями.

Наименее приоритетным направлением международной поддержки оказались адаптация к изменению климата и компенсация потерь населения. На эти цели тратится в среднем в два раза меньше средств внешней помощи чем на зеленые проекты, которые гораздо более интересны государствам-донорам и частным компаниям. Результаты по сокращению эмиссии или вводу в строй ветровых ферм проще оценить, и они приносят больше политических дивидендов и репутационных очков.

Проблема в том, что стратегия приспособления к изменению климата лишь отчасти согласуется с амбициозными целями сокращения эмиссии. Если существует дилемма экономики и климата, то экономика выходит на первый план всякий раз, когда в ней возникают серьезные проблемы. Это показали пандемия и европейский энергетический кризис, повлекшие увеличение субсидирования углеводородной энергетики. Точно так же расходы на приспособление к климатическим изменениям окажутся приоритетными для всех стран, коль скоро последствия глобального потепления проявятся в полной мере.