

## ПЕРСПЕКТИВЫ И ТРУДНОСТИ ЭНЕРГЕПЕРЕХОДА ОБСУЖДЕНИЕ НАУЧНОГО СООБЩЕНИЯ

© 2022 г. Г. А. Заикина (составитель)

Журнал “Вестник Российской академии наук”, Москва, Россия

E-mail: galzaikina@yandex.ru

Поступила в редакцию 28.09.2021 г.

После доработки 15.01.2022 г.

Принята к публикации 29.01.2022 г.

DOI: 10.31857/S0869587322050097

Начало дискуссии положило выступление директора Института исследований и экспертизы Внешэкономбанка А.Н. Клепача, который говорил об императивах и перспективах низкоуглеродного развития российской экономики. Признав, что он разделяет практически все ключевые позиции докладчиков, А.Н. Клепач уточнил ряд моментов. Проблематика социально-экономического развития, по его мнению, значительно шире, чем вопрос об энергопереходе. Цели устойчивого развития не сводятся к энергетической тематике, более того, нередко вступают в конфликт с решением задач, связанных с энергопереходом. То же можно сказать и о климатических изменениях, экологической повестке.

Что касается ожидаемых темпов роста экономики до 2035 г., после которого возрастает неопределённость, обусловленная в том числе технологическими изменениями, то в соответствии с базовым инерционным сценарием эти темпы в ближайшие годы не превысят двух с небольшим процентов в год, а к 2030 г. снизятся до 1.5–1.7% ВВП. Форсированный вариант, который предполагает серьёзные структурные изменения, повышение нормы накопления, технологический рывок, когда на образование нужно будет тратить на уровне европейских стран, то есть около 8–9% ВВП, на здравоохранение 10% и выше, на науку 3%, позволит повысить темпы роста до 3.8–4% ВВП вплоть до 2030–2035 гг. с последующим их снижением до 3% с небольшим. В рассматриваемом варианте энергопереход потребует дополнительных инвестиций, которые не столько увеличивают ВВП и доходы населения, сколько обеспечивают снижение эмиссии CO<sub>2</sub>. При этом происходит удорожание инвестиций и снижение их предельной производительности с замедлением темпа роста ВВП — на 1–1.5%. В то же время создаётся индустрия, связанная с водородной,

атомной и гидроэнергетикой, а также с очисткой воды и глубокой переработкой отходов.

А.Н. Клепач также обратил внимание на тот факт, что прогнозы экономического роста и потенциала снижения CO<sub>2</sub> сильно зависят от энергетического комплекса, причём особенно от его составляющих в коммунальном хозяйстве, теплоэнергетике, где сохраняется наибольший объём устаревших мощностей, в том числе работающих на угле. Поэтому очень многое зависит от изменения структуры экономики. Сейчас удельный вес ТЭК достигает примерно 18% ВВП, а реально даже чуть больше, тогда как совокупно здравоохранение, образование, машиностроение, тонкая химия, система связи, по расчётам Росстата, в лучшем случае обеспечивают около 13% ВВП, а все отрасли “добавленной стоимости” — 22%. По-настоящему, что опережающее развитие перечисленных секторов экономики существенно меняет её структуру. Если с нынешних 13% их доля в ВВП увеличится до 18–19%, все показатели энергоэффективности, включая снижение углеродоёмкости ВВП, резко улучшатся. Таким образом, действует очень много факторов, которые могут кардинально поменять всю ситуацию, характеризующую энергопереход, за счёт развития неэнергетических секторов экономики. Поэтому очень важно выработать новые подходы к снижению энергоэффективности, учитывать не только углеродоёмкость ВВП, но и другие показатели.

Что касается структуры российского ТЭК, то сейчас неуглеродные источники в общей сложности составляют не более 15% энергобаланса, но их доля в электроэнергетике значительно больше, около 30–40%. Но как дальше будет складываться ситуация с энергопотреблением в стране, — задавался вопросом докладчик. По оценкам Института исследований и экспертизы ВЭБ РФ, к 2035 г. общее энергопотребление вырастет при мини-

мальном базовом варианте примерно на 15%, в варианте с существенным повышением энергоэффективности – на 20% с лишним. По словам А.Н. Клепача, “уровень энергонасыщенности экономики и домашних хозяйств у нас остаётся достаточно низким, а значит, сохраняется огромный потенциал для увеличения внутреннего потребления газа и электроэнергии. Более того, замещение на транспорте бензина и дизеля электробатареями, водородными топливными элементами приведёт к тому, что электроёмкость ВВП, в отличие от энергоёмкости, стабилизируется, а после 2030 г. может начать расти”. Поэтому энергетическая стратегия требует существенного уточнения, причём с точки зрения не только экспорта энергоносителей, но в первую очередь параметров внутреннего потребления. Тогда можно найти баланс между существенным снижением эмиссии CO<sub>2</sub> и решением приоритетных социально-экономических задач.

Далее слово было предоставлено руководителю проектного направления “Прорыв” ГК “Росатом” **В.А. Першукову**. Он обратил внимание на тот факт, что во Франции, где энергопотребление на 70% обеспечивается атомной энергетикой, на один киловатт-час приходится всего 39 граммов выбросов CO<sub>2</sub>, то есть проблема низкоуглеродной энергетики решена. В России – 325 граммов, но уже поставлена задача с учётом роста энергогенерации к 2030 г. нарастить вклад АЭС в производство электроэнергии до 25%. Однако даже 39 граммов выбросов CO<sub>2</sub> не позволяют признать атомную энергетику “зелёной”, поскольку остаётся проблема её технической и экологической безопасности, а также безотходности. Ведь в результате работы АЭС нарабатывается отработанное ядерное топливо, которое необходимо утилизировать. Так, за 10–15 лет масса облучённого ядерного топлива увеличивается в 2 раза. В то же время привлекательными сторонами ядерной энергетики являются гарантированные затраты на длительном горизонте – для инвесторов, и независимость от погодных условий – для производителей и потребителей энергии. Сейчас жизненный цикл АЭС достигает 60 лет, а имея в виду их слабую зависимость от сырья, стоимость этих станций фактически определяют только капитальные вложения.

Уже в течение 10 лет “Росатом” реализует проект “Прорыв”, нацеленный на вовлечение в систему управления атомной энергетикой реакторов на быстрых нейтронах, которые позволяют решить принципиально важные вопросы, такие как безопасность для населения и окружающей среды, то есть отсутствие аварий, а также минимизация отходов в 10–25 раз и достаточность ресурсов. Существенное обстоятельство – незначительность отчуждаемых территорий в силу высо-

кого энергопотенциала уранового сырья, низкая удельная материалоемкость станций. При переходе на замкнутый цикл изменяется весь сырьевой баланс, и вместо 6% его эффективного использования можно будет говорить о 86%. Кроме того, имея в виду свойства природы, возможности нейтронов в быстром спектре, удаётся резко сократить объём отходов и их хранение после облучения. Сколько мы из земли взяли радиоактивности, столько и обратно в землю вернули.

Таким образом, главные принципы ядерной энергетики – безотходность, независимость от сырья и безопасность – позволяют утверждать, что это “зелёная” энергетика. “Росатом” активно проводит эту мысль в рамках обсуждений в МАГАТЭ, ОЭСР, ООН и других международных организациях. И здесь, отметил В.А. Першуков, очень полезным оказывается активное взаимодействие с Академией наук, которая выступает в роли независимого эксперта, способствует формированию повестки научной дипломатии и научного сотрудничества, пропаганды наших технических достижений.

Как известно, ТЭК является одним из основных эмитентов парниковых газов в России, причём показатели эмиссии у нас выше среднемирового уровня, заявил заместитель министра энергетики РФ **П.Ю. Сорокин**. Из 11,1 млрд тонн энергетических выбросов CO<sub>2</sub> примерно 70% даёт генерация. Это важно потому, что позволяет определить тот пакет технологий, который обеспечивает наибольший эффект снижения выбросов с наименьшими затратами. Здесь видится серьёзный потенциал взаимодействия с Академией наук по ряду направлений.

Это, во-первых, улавливание и захоронение CO<sub>2</sub>, изучение проблемы сокращения выбросов при транспортировке газа, поскольку метан обладает одним из самых высоких факторов конверсии в CO<sub>2</sub>-эквивалент.

Во-вторых, это модернизация систем генерации электроэнергии. Удельные выбросы сейчас снижаются, но остаётся актуальной разработка отдельных элементов генерирующего оборудования и замена турбин.

В-третьих, широкое использование газомоторного топлива, что может внести существенный вклад в снижение выбросов CO<sub>2</sub>.

В-четвёртых, недооценённой остаётся гидрогенерация. Доведение её доли в производстве электроэнергии с сегодняшних 19% до 20–25% могло бы стать большим прорывом. Но здесь возникает задача доказать чистоту производства оборудования для ГЭС на международном уровне, чтобы использовать собственный “зелёный” потенциал, а не закупать оборудование на Западе.

П.Ю. Сорокин упомянул также технологии улавливания и закачки газа, по которым Россия обладает значительным конкурентным преимуществом: “У нас есть коллекторы, у нас есть ловушки, которые позволяют хранить  $\text{CO}_2$  более 50 лет, что является критерием для признания добычи газа чистым производством, в отличие от Европы, где в основном осуществляются захоронение и закачка  $\text{CO}_2$  в водоносные породы. То есть мы располагаем большим количеством источников с концентрированной эмиссией парниковых газов, которую можно улавливать и закачивать в действующую трубопроводную систему”.

В ближайшие десятилетия экспорт углеводородов, скорее всего, будет падать, считает П.Ю. Сорокин. Но даже если этого не произойдёт, будет снижаться рента. К 2035 г. элементарная инфляция издержек вплотную приблизит пессимистический сценарий по цене. Даже если реализуется промежуточный сценарий, всё равно будет “съедена” половина той ренты, которая сегодня делится между компаниями и государством. У нас есть 10–12 лет, в течение которых Россия может за счёт углеводородной ренты развивать другие секторы и превратить топливно-энергетический комплекс в основного заказчика их продукции.

Затронув водородную тематику, выступавший указал на необходимость её разработки, несмотря на то, что сейчас этот источник энергии неконкурентоспособен. Но потенциал у него колоссальный. Уже создана Межведомственная рабочая группа по развитию водородной энергетики, и подготовительная работа, которая велась весь последний год, должна кристаллизоваться в конкретные действия. Средства на это Правительством РФ выделены, пока, правда, небольшие – до 9 млрд руб., но это первые шаги.

О вкладе рационального землепользования, лесного хозяйства в поглощение  $\text{CO}_2$  говорила член-корреспондент РАН А.А. Романовская. Она коснулась важной, малообсуждаемой и сложной темы оценки и развития огромного потенциала управляемых экосистем по сокращению выбросов парниковых газов. Соответствующие меры – сравнительно дешёвые и в то же время достаточно эффективные, они обеспечивают значительное снижение эмиссии не только углекислого газа, но и других климатически активных веществ. Прежде всего речь идёт о борьбе с лесными пожарами. Здесь потенциал превышает 400 млн тонн  $\text{CO}_2$  эквивалента в год. Конечно, все пожары потушить невозможно, но сократить их число вдвое – вполне достижимая цель. Далее, нужно добиться установления щадящего режима лесозаготовок, эффективной переработки древесины, сокращения потерь гумуса почв, распространения ресурсосберегающего земледелия. Расчёты показывают, что

даже без учёта потенциала накопления, только благодаря снижению выбросов можно уменьшить их объём на 500 млн тонн и далее до практически 1 млрд тонн  $\text{CO}_2$  эквивалента в год, а поглощение увеличить в 2–3 раза. Чтобы достичь к 2060 г. целей, заложенных в интенсивный сценарий, эту работу нужно начинать уже сейчас.

По мнению А.А. Романовской, России не следует равняться на Евросоюз, у нас свой путь. В нашей стране вопросы климатической нейтральности и вопросы энергоперехода – это два разных направления. Для Европы и других развитых стран – это одно и то же, им придётся перестраивать энергетический сектор, чтобы достичь климатической нейтральности. В России дело обстоит иначе, мы можем быть лидерами в достижении климатической нейтральности за счёт реализации национальных приоритетов, в частности, повышения энергоэффективности: её рост на 40% означает сокращение эмиссии на 400 млн тонн. Весомый вклад в снижение антропогенного воздействия на климатическую систему внесёт и планируемая модернизация промышленности, диверсификация экономики, сохранение природных экосистем и т.д.

“Общеизвестно, что энергетика – это базис экономики любой страны вне зависимости от технологического уклада. Сегодня сложилась беспрецедентная ситуация, когда необходимо безотлагательно принимать принципиальные решения по дальнейшему развитию мировой энергетики”. С такого заявления начал своё выступление академик РАН С.В. Алексеенко. Этот императив связывается с глобальным потеплением, основной причиной которого признаётся эмиссия парниковых газов, прежде всего  $\text{CO}_2$ , а источником – энергетика, работающая на органическом топливе. Ряд стран заявил о готовности перейти к безуглеродной энергетике уже к 2050 г. Выполнение требований Парижского соглашения требует радикального изменения структуры энергетики, что в обозримом будущем практически невозможно. Все решения принимаются на основе тех результатов, которые выдаёт Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК). Ряд стран заявил о готовности перейти к безуглеродной энергетике уже к 2050 г.

С.В. Алексеенко счёл нужным привести некоторые данные из других источников. Согласно им только на этой основе возможно принимать верные практические решения. Как оказывается, график изменения температуры на Земле с доиндустриального периода до наших дней полностью совпадает с наблюдаемым трендом, но в том, что касается выбросов парниковых газов и аэрозолей, никакого нарастания нет. А ведь именно эмиссия этих газов считается доказательством

вклада антропогенного фактора в изменение климата.

В июне 2021 г. под эгидой Международного энергетического агентства вышла новая дорожная карта для глобальной энергетики, и её уже признали лидеры “Большой семёрки”. Имея в виду, что энергетика является источником примерно трёх четвертей объёма выбросов парниковых газов, предлагается уже в этом году перестать сооружать новые угольные станции, осваивать новые месторождения нефти и газа, а к 2035 г. — отказаться от продажи автомобилей с двигателями внутреннего сгорания. Декларируется, что благодаря этим мерам к 2040 г. энергетика достигнет нулевого объёма выбросов, а к 2050 г. (фантастика!) 90% электроэнергии будет производиться возобновляемыми источниками, а солнечная и ветровая генерация составят 70%, что, конечно же, недостижимо, считает С.В. Алексеев.

Но есть другие подходы, которые очень хорошо согласуются с российскими интересами. Недавно Массачусетский технологический институт опубликовал прогноз развития энергетики с учётом экологических требований. По этим данным, в соответствии с которыми принимается необходимым ограничить рост температуры на Земле 2°C, к 2100 г. вклад угля и газа в обеспечение человечества энергией тем не менее останется очень большим — до 40%, а солнечной и ветровой генерации не превысит 23%.

Что касается России, она производит достаточно мало выбросов и уже выполнила обязательства по Парижскому соглашению (с учётом вклада лесов). Однако, как убедительно показал член-корреспондент РАН В.В. Клименко, независимо от наших усилий к 2050 г. потепление составит 1.5°. Надо иметь в виду, что в России потепление климата ведёт к значительному сокращению потребности в топливе из-за снижения расходов на обогрев, примерно на 15%. Отсюда следуют две рекомендации, сформулированные С.В. Алексеевым применительно к действиям нашей страны. Первая касается энергетики: осуществлять декарбонизацию энергетики следует со скоростью, не превосходящей экономические возможности страны. Вторая — сосредоточить усилия на повышении интенсивности биосферного стока CO<sub>2</sub>.

Среди мер сокращения выбросов CO<sub>2</sub> выступавший особо обратил внимание на энергосбережение, потенциал которого в России достигает 40%. Кроме того, например, переход с угля на газ позволяет на 40% снизить эмиссию. Меньше всего выбросов даёт атомная энергетика, что подтверждает её “зелёность”. Велик потенциальный вклад в уменьшение эмиссии передовых технологий, среди них: для газовых ТЭС — переход на парогазовые установки, КПД которых примерно в

1.5 раза выше традиционно используемых; сжигание газа в атмосфере кислорода и использование CO<sub>2</sub> вместо воды в качестве энергоносителя, когда углекислый газ полностью удаляется; для ТЭС на угле — переход на суперсверхкритические параметры пара, что позволяет в 1.5 раза увеличить КПД и в той же мере сократить выбросы CO<sub>2</sub> (к сожалению, в России нет ни одного такого котла); кроме того, радикальный переход на глубокую переработку угля с получением синтез-газа, который можно запустить в цикл Аллама и получать энергию без выбросов CO<sub>2</sub>. Все эти технологии полностью удовлетворяют требованиям Парижского соглашения.

В заключение С.В. Алексеев привёл пример перспективного использования возобновляемых источников, а именно геотермальной энергии. Практически неисчерпаемым источником, по его словам, является петротермальная энергия — тепло глубинных слоёв Земли (до 10 км), где температура достигает 350°C. Это неистощимый, самый экологически чистый и не требующий хранения энергии источник тепла, который может навсегда обеспечить человечество энергией. Таким образом, основной вывод сводится к следующему: мы не должны предпринимать радикальных мер, можно развивать теплоэнергетику, удовлетворяющую требованиям Парижского соглашения.

Об электроэнергетике как отрасли, выступающей в авангарде низкоуглеродной перестройки экономики разных стран, говорил заместитель директора Института энергетических исследований РАН, кандидат экономических наук **Ф.В. Веселов**. Он обратил внимание на тот факт, что в развитых странах, которые уже приступили к декарбонизации, общий объём выбросов снижается умеренно, а в электроэнергетике, напротив, достаточно заметно. В России при небольшом росте эмиссии CO<sub>2</sub> за последние 10 лет от сжигания топлива в энергетике в целом в электроэнергетике наблюдается её сокращение. Удельная эмиссия CO<sub>2</sub> при производстве киловатт часа достаточно низкая, она сопоставима с европейским уровнем и существенно ниже среднемирового.

Упомянув сценарии возможной низкоуглеродной трансформации электроэнергетики, Ф.В. Веселов указал на некоторые нерешённые проблемы. Прежде всего это отсутствие долгосрочного целеполагания относительно снижения выбросов CO<sub>2</sub> электростанциями. В результате сдерживается выбор наилучшей стратегии низкоуглеродного развития отрасли. Инерционность решений, которые будут приниматься в ближайшие 10—15 лет, не позволит быстро, а главное относительно недорого перейти к более амбициозным сценариям развития. Потенциал снижения выбросов в теплоэнергетике объективно ограни-

чен, качественный прорыв здесь возможен только при условии перехода на технологии улавливания углерода. Интенсивное развитие возобновляемой энергетики потребует сопутствующих сопоставимых затрат на перестройку всей энергосистемы и сетевой инфраструктуры. Большим потенциалом обладает гидроэнергетика, но если строить соответствующие мощности в восточных регионах для энергоснабжения территории европейской части страны, нужно создать мощную магистральную сетевую инфраструктуру. Что касается атомных электростанций, которые обеспечивают наибольшее снижение эмиссии CO<sub>2</sub> на гигаватт введённой мощности, то здесь потребуются заметное увеличение масштабов развития атомной отрасли по сравнению с теми, которые сейчас реализуются “Росатомом”.

Ф.В. Веселов обратил внимание на цену вопроса. Снижение выбросов до 20% от отчётного уровня можно обеспечить за счёт преимущественного развития какой-то одной технологии. Сокращение на 30% и более требует пересмотра всей технологической линейки, а это недёшево. Чем выше уровень ограничений, тем больше инвестиционная нагрузка в электроэнергетике и в экономике в целом. И она не перекрывается будущей экономией топлива. Поэтому при низкоуглеродной перестройке даже на 20–30% от отчётного уровня возникает риск серьёзного повышения цены электроэнергии в период до 2050 г. В реальном выражении она может вырасти на 30%. Если же ставить цель более существенного сокращения выбросов, то на 30% цена увеличится уже к 2030 г. Получается, что Россия не избежит общемировой тенденции, когда за низкоуглеродную электроэнергию придётся платить больше. Возникает вопрос, готова ли экономика страны к такому развитию событий, каковы приемлемые ценовые инвестиционные ограничения. Ответ на него предполагает серьёзный межотраслевой анализ, моделирование сценариев социально-экономического развития наряду со сценариями динамики на мировых энергетических рынках, трансформации структуры энергетического баланса внутри страны, общей оптимизации параметров ценовой и налоговой политики в энергетике, заключил Ф.В. Веселов.

Далее слово было предоставлено руководителю департамента Сбербанка России **М.В. Мошкову**. Признав, что энергопереход в глобальных масштабах неизбежен, он указал на необходимость серьёзной к нему подготовки. Какими возможностями мы располагаем с точки зрения финансирования энергоперехода? Какая структура экономики сложится в результате? Это далеко не праздные вопросы. По мнению представителя Сбербанка, очень важно добиться оптимального соотношения между сокращением углеродного следа и стоимостью электрической энергии. Про-

гнозируя существенный рост потребления электроэнергии, он отметил ожидаемую тенденцию сокращения энергоёмкости экономики – практически на 23% к 2050 г. При этом углеродоёмкость ВВП России должна снизиться практически втрое.

Директор Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов, член-корреспондент РАН **Н.В. Лукина** выступила с предложениями к проекту Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов, касающимися лесов и лесного хозяйства. Прежде всего она указала на необходимость разработки нормативных правовых актов, без которых трудно будет реализовать Стратегию.

Что касается целей Стратегии, то, считает директор ЦЭПЛ РАН, нужно дополнить их перечень целью сохранения и повышения поглощающей способности естественных (природных) экосистем – аккумуляторов и хранителей углерода. Кроме того, среди задач Стратегии нет таких важных установок, как, например, формирование эффективной национальной системы учёта поглощающей способности природных систем и сокращения эмиссии парниковых газов от лесных пожаров, повышения продуктивности лесов. А ведь для России лесные пожары – это огромная проблема: в 2021 г. пострадали 18 млн га лесных угодий. При отсутствии должных мер наша страна может превратиться из нетто-поглотителя парниковых газов в источник пирогенных эмиссий.

Затронув вопрос о текущих мерах по ограничению выбросов, Н.В. Лукина высказала мнение, что в Стратегии эта проблема, к сожалению, интерпретируется превратно. В частности, записано, что “осуществляются меры по защите и повышению качества поглотителей и накопителей парниковых газов, включая рациональное ведение лесного хозяйства”. Но о каком рациональном подходе может идти речь, если ежегодно десятки миллионов гектаров сгорают? ЦЭПЛ РАН готов обеспечить руководящие органы достоверной информацией и содействовать пересмотру Стратегии.

В документе, помимо прочего, провозглашается задача интенсификации лесопользования, что на деле означает расширение рубок. Спрашивается, как интенсификация лесопользования может повысить поглощающую способность лесов? Речь нужно вести о повышении эффективности лесного хозяйства, прежде всего выращивания лесов. И такая возможность у России есть: страна располагает 70 млн гектаров заброшенных сельскохозяйственных земель, на которых можно выращивать леса. На тех землях, где уже есть спонтанно выросшие леса, их не следует вырубать,

учитывая, что эти территории пока не нужны для ведения сельского хозяйства.

Не соответствует действительности и то, что написано в Стратегии относительно баланса между рубками, уничтожением, изъятием древесины и восстановлением лесов. Так, декларируется, что ведётся искусственное лесовосстановление на гаях, площадь которых сегодня составляет 27 млн га, и ежегодно она прирастает на 3.5 млн га. Заявлено, что искусственное воспроизводство лесов якобы на 100% компенсирует выбытие, чего и близко нет, подчеркнула Н.В. Лукина. В частности, потому, что огромной проблемой остаётся селекция и семеноводство для выращивания высокопродуктивных пород деревьев. У ЦЭПЛА РАН есть наработки в этой области, нужно только ими воспользоваться.

С констатации того факта, что почва содержит в семь раз больше органического вещества, чем растительность, включая леса, начал своё выступление заведующий лабораторией Почвенного института им. В.В. Докучаева РАН, доктор географических наук **В.С. Столбовой**. Сейчас существуют так называемые гумус- или углеродсберегающие технологии сельского хозяйства, которые позволяют направлять поток углерода в почву, и почва начинает его ассимилировать, но это длительный путь.

В Киотском протоколе использовалось понятие “персистентность”, характеризующее способность биомассы, органики депонировать поглощённый CO<sup>2</sup>. Почвенный пул может сохранять в себе углерод на протяжении тысячелетий, то есть это очень выгодная стратегия. Достижимые объёмы такого депонирования составляют 3.6 млрд тонн углерода в год, а в пересчёте на углеродные единицы – 13 млрд тонн, или 19 суммарных годовых объёмов парниковых газов. Таким образом, стратегия, опирающаяся на вышеупомянутые агротехнологии, оказывается высокоэффективной.

На политэкономическую сторону обсуждаемой темы обратил внимание академик РАН **А.А. Дынкин**. Он заметил, что нынешний энергетический переход далеко не первый в истории человечества: были переходы от биомассы, или, проще говоря, от дров к углю, от угля к нефти, от нефти отчасти к газу. Причём каждый из этих переходов совершался в результате межтопливной конкуренции по относительной экономической эффективности и энергоснабжателей по критерию относительной экономической эффективности. Отличие текущего энергоперехода состоит в том, что он происходит под жёстким общественно-политическим давлением при ведущей роли потребителя. В этом его отличие.

Здесь видится очень серьёзная тема для анализа, поскольку, как полагает А.А. Дынкин, это по-

пытка найти новый предмет общественного договора в форме “зелёной” сделки. Если говорить шире – это поиск актуальной области социального согласия в современных западных обществах, где мы видим и расколотый социум, и поляризованные элиты. Этот процесс имеет свои сильные и слабые стороны. К числу сильных сторон следует отнести мощное, особенно молодёжное, движение снизу с очевидной политической левизной. Его сегодня стремятся использовать в своих целях партии политического центра, такие как СДПГ в Германии, “зелёные”, демократическая партия в Соединённых Штатах, шведские социал-демократы и др. Имеют значение и выраженные интересы растущих компаний, которые продвигают возобновляемые источники энергии. Особую актуальность этой повестке придают участвовавшие природные катастрофы.

Слабые стороны “зелёной” энергетики, заметил А.А. Дынкин, заключаются, во-первых, в политическом, а не рыночном давлении. Пока технологии альтернативной энергетики не стали массовыми, их ценовая конкурентоспособность без бюджетной поддержки сомнительна, очевидно перекладывание издержек на потребителей. Во-вторых, усиливается дефицит редкоземельных металлов, из-за перебоя с поставками которых стоимость солнечных модулей в первом полугодии 2021 г. выросла на 18%.

“Текущее недоинвестирование в нефтегазовые проекты угрожает стабильности поставок, искажает ценовые пропорции. Кроме того, очевидно, что возобновляемые источники энергии отличаются прерывистостью, непредсказуемостью, волатильностью генерируемого энергетического потока, и это уже привело к энергокризису в Европе. С моей точки зрения, возобновляемые источники энергии пока требуют поддержки углеводородами. “Зелёное бесие”, которое сегодня охватило Европу, высоко мотивировано, но не всегда отвечает современным энергетическим реалиям”, – считает президент ИМЭМО РАН.

Несколько интересных цифр, характеризующих ситуацию в мировой энергетике, привёл академик РАН **Р.И. Нигматулин**. Сейчас 30% мирового населения потребляет 80% промышленной энергии. Что же будет, если остальное население планеты начнёт использовать энергию в тех же масштабах? Насколько увеличатся выбросы в атмосферу? Примеры таких рисков уже есть, в частности, Индонезия в последние годы стала сжигать громадные объёмы угля. Долг промышленно развитых стран, считает Р.И. Нигматулин, участвовать в деятельности по декарбонизации экономики. Если весь уголь – основной источник загрязнения атмосферы – заменить на газ, это сократит эмиссию углекислого газа на 2 млрд тонн в

год из 10. То есть уголь – основной источник загрязнения атмосферы.

Итоги обсуждения подвёл вице-президент РАН академик **В.Г. Бондур**. По его словам, в новейшем докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) сделан уклон в сторону антропогенных механизмов климатических трансформаций. Действительно, концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере Земли в 1850 г. составляла 286 ppm ( $\text{млн}^{-1}$ ), а в начале 2020 г. уже 410 ppm ( $\text{млн}^{-1}$ ). Сейчас общий поток углерода в атмосферу за счёт сжигания топлива достигает 9.6 Гт в год, в то время как депонируется растительностью 3.4 Гт, а океаном приблизительно 2.5. То есть налицо серьёзный дисбаланс.

В то же время механизм соответствующих процессов далеко не очевиден, и в докладе МГЭИК сказано, что надо продолжать научные исследования в этом направлении, развивать методы и технологии измерений, изучать механизмы климатических изменений, разрабатывать методы адаптации к ним. Для нашей страны это чрезвычайно важно, учитывая её громадную площадь, разнообразие малонаселённых и труднодоступных районов, вследствие чего часть наших экосистем просто не учитывается в балансе парниковых газов, прежде всего  $\text{CO}_2$ . Поэтому, подчеркнул В.Г. Бондур, нам необходимо развивать методы измерения и мониторинга. Прежде всего это методы дистанционного зондирования Земли, развитие сети наземных измерений, математическое моделирование, валидация всех этих

методов с тем, чтобы усилить доказательную базу, которая позволила бы убедить зарубежных оппонентов в том, что наши экосистемы депонируют достаточное количество углерода.

Имея в виду тот факт, что противодействовать климатическим изменениям невозможно, на первый план выдвигается проблема адаптации к ним, о которой убедительно говорили основные докладчики Б.Н. Порфирьев и А.А. Широв. Речь идёт о пересмотре всей структуры экономики, в первую очередь энергетике. В связи с этим, считает вице-президент РАН, академическое сообщество должно подготовить предложения в программу мер, которая сейчас формируется Министерством природных ресурсов РФ с участием других федеральных органов исполнительной власти и которая посвящена научным аспектам проблемы сохранения окружающей среды и изменения климата.

Важно также добиться признания на международном уровне российских методик балансовых расчётов сокращения выбросов и увеличения поглощения парниковых газов с учётом всех экосистем. Необходимо доказать вклад природного комплекса России, её лесов, почв, сельскохозяйственных угодий, морских экосистем, в депонирование парниковых газов, настаивать на необходимости создания благоприятных условий для использования лесных климатических проектов при реализации рыночных механизмов ключевой шестой статьи Парижского соглашения, заключил В.Г. Бондур.