

Научная статья
УДК 620.9-047.645

ПЕРСПЕКТИВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Ангелина Альбертовна Курбанова, Виктор Юрьевич Балдин¹

Уральский федеральный университет имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

¹ v.u.baldin@urfu.ru

Аннотация. В работе представлены перспективы устойчивого развития в условиях изменения климата с учетом стратегий низкоуглеродного развития, увеличения использования возобновляемых источников энергии, повышения энергоэффективности, поддержки низко- и безуглеродных технологий на основе российских и международных нормативно-законодательных актов, а также сведений и прогнозов до 2050 года, опубликованных отечественными и зарубежными организациями.

Ключевые слова: устойчивое развитие, изменение климата, низкоуглеродное развитие, энергетический переход, возобновляемые источники энергии, энергоэффективность, низко- и безуглеродные технологии

Для цитирования: Курбанова А. А., Балдин В. Ю. Перспективы устойчивого развития в условиях изменения климата // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика. Даниловские чтения — 2021 = Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021 : сборник научных трудов. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2023. С. 344—358.

Original article

PROSPECTS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE FACE OF CLIMATE CHANGE

Angelina A. Kurbanova, Victor Yu. Baldin¹

Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russia

¹ v.u.baldin@urfu.ru

Abstract. The paper presents the prospects for sustainable development in the context of climate change, taking into account low-carbon development strategies, increasing the use of renewable energy sources, increasing energy efficiency, supporting low and carbon free technologies based on Russian and international regulatory acts, as well as information and forecasts until 2050, published by domestic and foreign organizations.

Keywords: sustainable development, climate change, low-carbon development, energy transition, renewable energy sources, energy efficiency, low and carbon free technologies

For citation: Kurbanova A. A., Baldin V. Yu. (2023). Perspektivy ustoychivogo razvitiya v usloviyakh izmeneniya klimata [Prospects for Sustainable Development in the Face of Climate Change]. *Ehnergo- i resursosberezhenie. Ehnergoobespechenie. Netradicionnye i vozobnovlyаемые istochniki ehnergii. Atomnaya ehnergetika. Danilovskie chteniya — 2021* [Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021]. Ekaterinburg : Ural University Publishing House, 2023. P. 344–358. (In Russ).

Устойчивое развитие (англ. *sustainable development*), по определению Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию (англ. WCED) созданной комиссии ООН в 1983 г., — комплекс мер, направленных на удовлетворение текущих потребностей человека при сохранении окружающей среды и ресурсов, без ущерба для возможности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности. При создании комиссии WCED Генеральная Ассамблея ООН признала, что экологические проблемы носят глобальный характер и определяют, что это отвечает общим интересам всех стран по разработке политики для устойчивого развития. Как известно, устойчивое развитие возможно при равновесии трех основных составляющих: экономический рост,

социальная ответственность и экологический баланс. Согласно программному документу ООН «Повестка дня в области устойчивого развития» от 2015 года, выделяется 17 целей устойчивого развития, среди которых цель № 7 — недорогостоящая и чистая энергия (обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии, включая улучшение энергоэффективности и расширение использования возобновляемых источников энергии), а также цель № 13 — борьба с изменениями климата (принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями). Документ с этими целями согласовали лидеры 193 стран. Декларируемые ООН цели устойчивого развития все активнее внедряются в стратегии развития компаний, в том числе и российских [1; 2].

Длительное глобальное развитие экономик, нацеленное только на максимизацию прибыли и минимизацию издержек и не имеющее других фундаментальных основ, привело к серьезной деградации природной среды. Экологические проблемы, глобальное изменение климата — вопросы, обострившиеся в конце XX — начале XXI в.

На данный момент одна из наиболее актуальных природных проблем — глобальное потепление, создаваемое парниковым эффектом. К возникновению его привели неконтролируемые выбросы углекислого газа от различных источников. Около двух третей выбросов парниковых газов образуется в результате сжигания топлива. Вклад различных секторов экономики в суммарные выбросы антропогенных парниковых газов, по данным межправительственной группы экспертов по изменению климата ИРСС, за 2004 г., опубликованных в 2007 г., распределяется следующим образом (%) [3]: энергоснабжение — 26; промышленность — 19; лесное хозяйство — 17; сельское хозяйство — 14; транспорт — 13; жилые и коммерческие здания — 8; отходы и сточные воды — 3.

На рисунке 1 представлено более детальное представление о различном вкладе в выбросы парниковых газов и о вкладе в глобальное потепление в результате различных видов экономической деятельности на 2016 г. [4; 5].

Примерно две трети выбросов парниковых газов по-прежнему возникает в результате сжигания топлива. При этом выбросы, возникающие в результате производства энергии, можно классифицировать в зависимости от того, где они выбрасываются или где потребляется полученная энергия. Если выбросы относятся к месту производства,

то на долю производителей электроэнергии приходится около 25 % глобальных выбросов парниковых газов. Если эти выбросы относятся к конечному потребителю, то 24 % общих выбросов приходится на производство и строительство (*Manufacturing and construction*); 17 % — на транспорт, в том числе — *Transport (Road)*, *Transport (Int. Shipping)*, *Transport (Int. Aviation)*, и другие виды транспорта; 11 % — на бытовых потребителей (*Residential*) и 7 % — на коммерческих потребителей (*Commercial*). Около 4 % выбросов приходится на энергию, потребляемую самой топливно-энергетической отраслью (*Energy industry own use*) [5; 6].

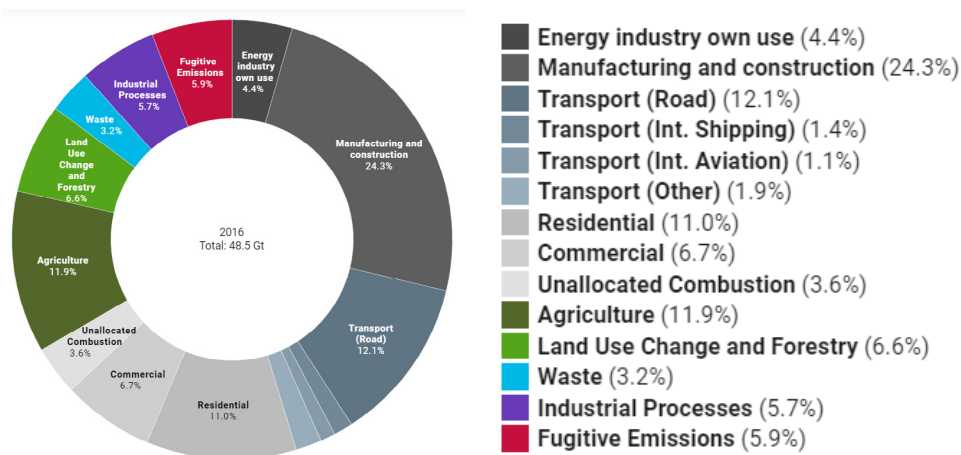


Рис. 1. Суммарные выбросы антропогенных парниковых газов по секторам экономической деятельности (2016) [4]

Оставшаяся треть выбросов возникает в результате процессов, отличающихся от производства энергии. 12 % от общего объема выбросов приходится на сельское хозяйство (*Agriculture*); 7 % — на изменения в землепользовании и лесном хозяйстве (*Land Use Change and Forestry*); 6 % — на промышленные процессы (*Industrial Processes*) и 3 % — на отходы (*Waste*). Около 6 % выбросов представляют собой летучие выбросы, которые представляют собой отходящие газы, образующиеся при добыче ископаемого топлива (*Fugitive Emissions*) [6].

Проблема изменения климата охватывает весь мир, поэтому требует широкого международного сотрудничества. Одно из решений — это декарбонизация мировой экономики, снижение выброса парниковых газов за счет перехода на «зеленую» энергетику, использование альтерна-

тивных источников энергии. Современный, четвертый «энергетический переход» (*Energy Transition*), — новый этап фундаментальной трансформации мировой энергетической системы, предусматривающий использование широкого спектра нетрадиционных возобновляемых энергетических ресурсов и технологий, уже начался в последние годы [7].

Основным документом, регулирующим международное сотрудничество в сфере борьбы с глобальным потеплением, является Парижское соглашение [8; 9]. Соглашение предусматривает принятие всеми странами на себя обязательств по сокращению своих выбросов и осуществление совместной работы по адаптации к последствиям изменения климата, а также призывает страны укреплять свои обязательства с течением времени. В 2015 г. главы 187 стран определили национальные вклады, которые необходимо совершить до 2050 г., чтобы не допустить увеличения средней глобальной температуры.

Парижское соглашение — это соглашение в контексте Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Оно направлено на укрепление глобального реагирования на угрозу изменения климата в контексте устойчивого развития и усилий по искоренению нищеты. На сегодняшний день к Парижскому соглашению присоединились 194 стороны [8].

Соглашение устанавливает следующие цели для стран-участниц:

— удержание прироста глобальной средней температуры намного ниже $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ сверх доиндустриальных уровней и приложение усилий в целях ограничения роста температуры до $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, признавая, что это значительно сократит риски и воздействия изменения климата. Для выполнения этой стратегической цели страны стремятся к максимально скорому прохождению пика глобальной эмиссии парниковых газов для построения климатически нейтрального мира к середине XXI в.;

— повышение способности адаптироваться к неблагоприятным воздействиям изменения климата и содействие сопротивляемости к изменению климата и развитию при низком уровне выбросов парниковых газов таким образом, который не ставит под угрозу производство продовольствия;

— приведение финансовых потоков в соответствие с траекторией в направлении развития, характеризующегося низким уровнем выбросов и сопротивляемостью к изменению климата [9].

Парижское соглашение является политическим и не содержит конкретных обязательств по сокращению выбросов и санкций за их несоблюдение. Осуществление Парижского соглашения требует эко-

номической и социальной трансформации стран на базе наилучших имеющихся научных данных. Соглашение предусматривает пятилетний цикл наращивания странами амбициозности целей по борьбе с изменением климата.

В Парижском соглашении страны предусмотрели создание Рамок для осуществления расширенной отчетности (РРО). В соответствии с этими Рамками, начиная с 2024 г., государства будут отчитываться в отношении принимаемых мер по борьбе с изменением климата и прогресса в отношении смягчения последствий изменения климата, адаптации и полученной или предоставленной поддержки с соблюдением принципов транспарентности. Соглашение также предусматривает процедуры по рассмотрению направленной отчетности с участием международных экспертов.

Россия приняла Парижское соглашение 21 сентября 2019 г., подписанное 22 апреля 2016 г. [10]. Согласно нему, Россия должна достичь к 2030 г. выбросов парниковых газов не более 70 % от уровня 1990 г. Россия занимает четвертое место в мире по объемам выбросов — после Китая, США и Индии. В 2018 г. уровень выбросов парниковых газов из России составлял 52 % от базового уровня 1990 г. [11].

Федеральным законом от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» обозначена стратегическая цель — создание условий для устойчивого и сбалансированного развития экономики Российской Федерации при снижении уровня выбросов парниковых газов [12].

29 октября 2021 г. Правительство РФ утвердило Стратегию социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. В новой стратегии низкоуглеродного развития заявлена цель на достижение углеродной нейтральности при устойчивом росте экономики [13].

Стратегия предусматривает два сценария — инерционный и целевой (интенсивный). Различия в сценариях проявляются в разнице наборов мер по декарбонизации российской экономики. При этом главным отмечается целевой вариант. В таком варианте макроэкономические условия предполагают опережающие темпы роста неэнергетического экспорта (до 4,4 % ежегодно). Вклад в устойчивый рост экономики будут вносить как опережающие темпы роста инвестиций в основной капитал (3,7 % ежегодно), так и стабильный рост реальных располагаемых доходов (2,5 % ежегодно).

При этом ожидается более умеренное, чем в инерционном сценарии, падение энергетического экспорта с 2030 г., в том числе за счет переориентации на продукцию высокого передела и реализации мер по повышению конкурентоспособности российского энергетического экспорта на внешних рынках. В результате ежегодные темпы роста экономики остаются выше среднемировых до 2050 г. (до 3 % в год) [13].

В рамках целевого сценария предполагается, что к 2050 г. парниковые выбросы будут сокращены на 60 % от уровня 2019 г. и на 80 % от уровня 1990 г., такие показатели возможно обеспечить одновременно с ростом экономики, а к 2060 г. удастся достичь углеродной нейтральности.

Среди мероприятий по декарбонизации заявлено:

- оказание мер поддержки в отношении внедрения, тиражирования и масштабирования низко- и безуглеродных технологий;
- стимулирование использования вторичных энергоресурсов;
- изменение налоговой, таможенной и бюджетной политики;
- развитие «зеленого» финансирования;
- меры по сохранению и увеличению поглощающей способности лесов и иных экосистем;
- поддержка технологий улавливания, использования и утилизации парниковых газов.

С 2023 г. в России планируется запустить систему обязательной углеродной отчетности для предприятий [13].

Международное энергетическое агентство (МЭА) в мае 2021 г. опубликовало доклад *Net Zero by 2050: A roadmap for the global energy system* («Нулевой баланс выбросов к 2050 году: план для глобальной энергетической системы») [15; 16].

Агентство впервые представило доклад — дорожную карту, в котором детально просчитан переход к экономике с нулевым балансом выбросов, что соответствует климатической цели по ограничению глобальной температуры 1,5 градусами Цельсия.

В докладе заявлено, что шансы достичь нулевого баланса выбросов к 2050 г. «малы, но не упущены». Однако скорость и масштаб действий, требуемых во всех секторах, делают это «величайшим вызовом, с которым когда-либо сталкивалось человечество» [16].

Ключевая роль в декарбонизации электроэнергетики отводится возобновляемым источниками энергии, в основном солнечной фотоэлектрической и ветровой энергетике, однако рост должен идти боль-

шими темпами. По последнему докладу МЭА, посвященному ВИЭ, в 2020 г. в мире было введено в строй 135 ГВт солнечных электростанций, а в 2021 г. будет введено 162 ГВт. Достижение цели углеродной нейтральности потребует строительства 630 ГВт мощностей солнечной и 390 ГВт ветровой генерации в год к 2030 г. Ежегодный ввод в эксплуатацию солнечных фотоэлектрических и ветровых электростанций (суммарно) должен вырасти в 4 раза к указанному сроку [16].

По оценке МЭА к 2050 г. около 240 млн домовладельцев должны будут установить солнечные электростанции на крышах домов (в настоящее время примерно 25 млн).

Доля возобновляемых источников энергии в производстве электричества в мире к 2050 г. должна достичь 88 %, в том числе суммарная доля солнечных и ветровых электростанций — почти 70 %.

К 2030 г. продажи электромобилей (годовые) должны вырасти в 18 раз, это более 55 млн в год. В 2050 г. ожидается, что автомобили по всему миру будут работать на электричестве или топливных элементах [16].

В середине 2021 г. компания *BloombergNEF* (BNEF) опубликовала очередной выпуск ежегодного доклада *New Energy Outlook* с долгосрочными сценариями развития мировой энергетики до 2050 г. [17; 18]. BNEF впервые рассмотрели три сценария — «зеленый», «серый» и «красный», которые ведут к климатической нейтральности, но по-разному. В красном сценарии декарбонизация обеспечивается в первую очередь с помощью атомной энергетики. Зеленый сценарий описывает траекторию достижения климатической нейтральности с помощью мощного развития ВИЭ. В сером сценарии сохраняется газовая и угольная генерация, для чего требуется масштабное внедрение технологий улавливания и хранения углерода (CCS). К 2050 г. во всех сценариях доля электричества в конечном потреблении энергии повышается до 49 с 19 %, но вырабатывается это электричество разными способами [18].

Согласно докладу BNEF, ежегодные инвестиции в энергетический сектор, включая инфраструктуру, необходимо увеличить более чем вдвое, чтобы достичь нулевого баланса выбросов в глобальном масштабе. Сегодня они составляют примерно 1,7 трлн долларов в год, в течение следующих трех десятилетий нужно вкладывать в среднем 3,1–5,8 трлн в год [18].

Как и в отчете МЭА, возобновляемые источники энергии и электрификация считаются основой для перехода, и их развитие должно

быть ускорено немедленно. Водород, улавливание углерода и новые модульные атомные реакторы указываются как новые инструменты.

Для достижения нулевого баланса выбросов к середине века по «зеленому сценарию» потребуется:

— вводить 505 ГВт ветровых электростанций ежегодно к 2030 г. (в 5,2 раза больше, чем в 2020 г.), а за тридцать лет до 2050 г. 816 ГВт в год в среднем;

— вводить к 2030 г. 455 ГВт солнечных фотоэлектрических электростанций ежегодно (в 3,2 раза больше, чем в 2020 г.), а за тридцать лет до 2050 г. 632 ГВт в год в среднем;

— вводить 245 ГВт·ч батарей (систем накопления энергии) ежегодно к 2030 г. (в 26 раз больше, чем в 2020 г.);

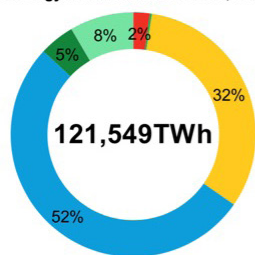
— продавать 35 млн электромобилей ежегодно к 2030 г. (в 11 раз больше, чем в 2020 г.);

— ежегодно до 2030 г. вводить 18 млн тепловых насосов;

— снизить к 2030 г. выработку угольной электроэнергии на 72% по сравнению с уровнем 2019 г. и вывести из эксплуатации 1417 ГВт (примерно 70%) угольных мощностей к тому же сроку и т. д. [18].

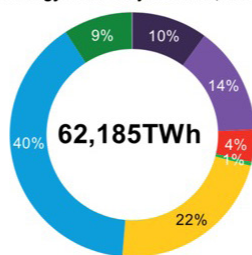
На рисунке 2 показана структура выработки электроэнергии в 2050 г. в трех рассматриваемых сценариях [18].

Figure 4: Electricity generation by technology in the Green Scenario, 2050



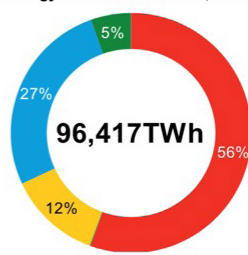
Source: BloombergNEF Note: includes both power for end-use economy and hydrogen manufacturing.

Figure 5: Electricity generation by technology in the Gray Scenario, 2050



Source: BloombergNEF

Figure 6: Electricity generation by technology in the Red Scenario, 2050



Source: BloombergNEF Note: includes both power for end-use economy and hydrogen manufacturing.

Рис. 2. Структура выработки электроэнергии в 2050 г. в трех рассматриваемых сценариях

ВНЕФ приводит сценарий (красный) с доминированием атомной энергетики, которая производит 56% электричества в 2050 г. Для это-

го потребуется увеличить ее мощности в 19 раз до 7080 ГВт. Исходя из нынешних тенденций развития сектора, это маловероятно. Например, МАГАТЭ в своем сценарии видит всего 715 ГВт атомных электростанций к 2050 г. [18].

В зависимости от сценария кардинально отличаются будущие потребности человечества в водороде. Наибольший спрос (1318 млн т в год к 2050 г.) прогнозируется в зеленом сценарии, а наименьший (190 млн т в год к 2050 г.) в сером. «Водород, ядерная энергия и улавливание углерода могут сыграть важную роль в достижении миром нулевых показателей выбросов, и каждая из этих технологий требует дальнейшего развития и вывода на рынок в ближайшее десятилетие, чтобы они смогли реализовать свой потенциал» — считают в BNEF [18].

В марте 2021 г. опубликован обзор от *World Energy Transitions Outlook* — Международного агентства по возобновляемым источникам энергии IRENA [19]. Обзор предоставляет варианты, пути достижения целей Парижского соглашения по поддержанию нагрева планеты в пределах 1,5 °С и приближению выбросов CO₂ к чистому нулю к 2050 г. Описание вариантов подкреплено высокоуровневой информацией о выборе технологий, инвестиционных потребностях и социально-экономических условиях достижения устойчивого развития, инклюзивное энергетическое будущее.

Достижение целей по сокращению выбросов CO₂ потребует сочетания [19]:

- технологий и инноваций для продвижения энергетического перехода и улучшения управления выбросами углерода;
- поддерживающая и проактивная политика;
- связанное с этим создание рабочих мест и социально-экономические улучшения;
- международное сотрудничество, чтобы гарантировать наличие и доступ к энергии.

В обзоре приводится инфографика зависимости успешности стратегии от ее компонентов (рис. 3) [19]:

- использование возобновляемых источников энергии (25 %);
- энергоэффективность (25 %);
- электрификация в сфере конечного потребления (20 %);
- чистый водород (10 %);
- производство энергии из ископаемого топлива и биомассы (биоэнергетика) (20 %).

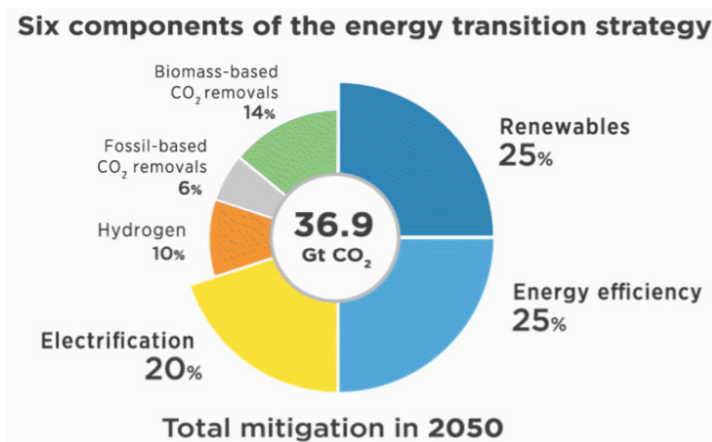


Рис. 3. Шесть компонентов стратегии энергетического перехода [19]

В обзоре говорится, что доля возобновляемых источников энергии увеличится с 25 % в 2018 г. до 90 % в 2050 г. Примечательно, что доля нестабильных ВИЭ, таких как ветер и солнце, вырастет до 63 % от всей генерации в 2050 г. по сравнению с 7 % в 2018 г. После резкого сокращения добычи и использования угля к 2040 г. выработка электроэнергии из угля сократится на четверть от сегодняшнего уровня и, в конечном итоге, будет прекращена к 2050 г. Оставшиеся 10 % от общего объема производства электроэнергии в 2050 г. будут обеспечиваться за счет природного газа (около 6 %) и атомной энергии (около 4 %) [19].

Таким образом, перспективы устойчивого развития в условиях изменения климата ориентированы на увеличение использования возобновляемых источников энергии, повышение энергоэффективности, поддержку низко- и безуглеродных технологий в рамках современного энергетического перехода.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Устойчивое развитие: что это такое и в чем его значимость // Forbs. 01.04.2021. URL: <https://www.forbes.ru/obshchestvo/425081-ustoychivoe-razvitie-cto-eto-takoe-i-v-chem-ego-znachimost> (дата обращения: 01.12.2021).

2. Цели в области устойчивого развития // ООН. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/> (дата обращения: 01.12.2021).

3. Риски реализации Парижского климатического соглашения для экономики и национальной безопасности России: аналитический доклад // Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. URL: <https://ac.gov.ru/files/content/9605/ipem-pa-report-pdf.pdf> (дата обращения: 01.12.2021).

4. Global Greenhouse Gas Emissions by Sector. URL: <http://earthcharts.org/emissions-sources/> (дата обращения: 01.12.2021).

5. IEA, CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2018: Highlights (Paris : International Energy Agency, 2018). P. 98, 101.

6. Climate Watch, 'Climate Watch: Historical GHG Emissions, Sectors' (Climate Watch, 2020). URL: <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=sector&chartType=area§ors=846%2C849%2C845%2C848%2C847%2C853%2C850%2C855%2C854%2C852%2C851> (дата обращения: 01.12.2021).

7. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А. А. Макарова, Т. А. Митровой, В. А. Кулагина. М. : ИНЭИ РАН — Московская школа управления СКОЛКОВО, 2019. 210 с.

8. Парижское соглашение // ООН. URL: <https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement> (дата обращения: 01.12.2021).

9. Парижское соглашение от 12 декабря 2015. URL: <https://docs.cntd.ru/document/542655698> (дата обращения: 01.12.2021).

10. О принятии Парижского соглашения : Постановление Правительства РФ от 21 сентября 2019 г. № 1228 // Гарант. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72661694/> (дата обращения: 01.12.2021).

11. Порфирьев Б., Широков А., Колпаков А. Климат для людей, а не люди для климата // Эксперт. 2020. № 31–34. С. 44–47. URL: <https://ecfor.ru/wp-content/uploads/2020/07/natsionalnaya-strategiya-nizkouglerodnogo-razvitiya-ekspert-2020.pdf> (дата обращения: 01.12.2021).

12. Об ограничении выбросов парниковых газов : Федеральный закон от 02.07.2021 N 296-ФЗ (последняя редакция) // КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/ (дата обращения: 01.12.2021).

13. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года : утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р. URL: <http://static.government.ru/me->

[dia/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf](#) (дата обращения: 01.12.2021).

14. Правительство утвердило Стратегию социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года // Правительство России. URL: <http://government.ru/docs/43708/> (дата обращения: 01.12.2021).

15. Net Zero by 2050: A roadmap for the global energy system // IEA. URL: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050> (дата обращения: 01.12.2021).

16. МЭА впервые выпустило доклад с планом перехода к глобальной углеродной нейтральности // RENEN — Возобновляемая Энергетика. URL: <https://renen.ru/mea-vpervye-vypustilo-doklad-s-planom-perehoda-k-globalnoj-uglerodnoj-nejtralnosti/> (дата обращения: 01.12.2021).

17. Getting on Track for Net-Zero by 2050 Will Require Rapid Scaling of Investment in the Energy Transition Over the Next Ten Years. URL: <https://about.bnef.com/blog/getting-on-track-for-net-zero-by-2050-will-require-rapid-scaling-of-investment-in-the-energy-transition-over-the-next-ten-years/> (дата обращения: 01.12.2021).

18. Энергетический переход: разные пути к нулевым выбросам — BloombergNEF // RENEN — Возобновляемая Энергетика. URL: <https://renen.ru/energeticheskij-perehod-raznye-puti-k-nulevym-vybrozam-bloombergnef/> (дата обращения: 01.12.2021).

19. World Energy Transitions Outlook: 1.5 — Pathway. URL: <https://clck.ru/35naZJ> (дата обращения: 01.12.2021).

References

1. Sustainable development: what is it and why is it important? // Forbs. 01.04.2021. URL: <https://www.forbes.ru/obshchestvo/425081-ustoychivoe-razvitie-chto-eto-takoe-i-v-chem-ego-znachimost> (date of access: 01.12.2021).

2. Sustainable Development Goals // UN. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/> (date of access: 01.12.2021).

3. Risks of implementing the Paris climate agreement for the economy and national security of Russia: analytical report // Analytical Center for the Government of the Russian Federation. URL: <https://ac.gov.ru/files/content/9605/ipem-pa-report-pdf.pdf> (date of access: 01.12.2021).

4. Global Greenhouse Gas Emissions by Sector. URL: <http://earthcharts.org/emissions-sources/> (date of access: 01.12.2021).

5. IEA, CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2018 : Highlights (Paris : International Energy Agency, 2018). P. 98, 101.

6. Climate Watch, 'Climate Watch: Historical GHG Emissions, Sectors' (Climate Watch, 2020). URL: <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=sector&chartType=area§ors=846%2C849%2C845%2C848%2C847%2C853%2C850%2C855%2C854%2C852%2C851> (date of access: 01.12.2021).

7. Forecast for the development of energy in the world and Russia 2019 / ed. A. A. Makarova, T. A. Mitrova, V. A. Kulagina. M. : ERI RAS — Moscow School of Management SKOLKOVO, 2019. 210 p.

8. Paris Agreement // UN. URL: <https://www.un.org/ru/climate-change/paris-agreement> (date of access: 01.12.2021).

9. Paris Agreement of December 12, 2015. URL: <https://docs.cntd.ru/document/542655698> (date of access: 01.12.2021).

10. On the adoption of the Paris Agreement: Decree of the Government of the Russian Federation of September 21, 2019. No. 1228 // Garant. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72661694/> (date of access: 01.12.2021).

11. Porfiriyev B., Shirov A., Kolpakov A. Climate for people, not people for climate // Expert. 2020. No. 31–34. P. 44–47. URL: <https://ecfor.ru/wp-content/uploads/2020/07/natsionalnaya-strategiya-nizkouglerodno-go-razvitiya-ekspert-2020.pdf> (date of access: 01.12.2021).

12. On limiting greenhouse gas emissions: Federal Law of July 2, 2021 N 296-FZ (latest edition) // ConsultantPlus. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/ (date of access: 01.12.2021).

13. Strategy for the socio-economic development of the Russian Federation with low greenhouse gas emissions until 2050 : approved. by order of the Government of the Russian Federation of October 29, 2021 No. 3052-r. URL: <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2y-A0BhtIpyzWfHaiUa.pdf> (date of access: 01.12.2021).

14. The government approved the Strategy for the socio-economic development of Russia with low greenhouse gas emissions until 2050 // Government of Russia. URL: <http://government.ru/docs/43708/> (date of access: 01.12.2021).

15. Net Zero by 2050: A roadmap for the global energy system // IEA. URL: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050> (date of access: 01.12.2021).

16. The IEA for the first time released a report with a plan for the transition to global carbon neutrality // RENEN — Renewable Energy. URL: <https://renen.ru/mea-vpervye-vypustilo-doklad-s-planom-perehoda-k-globalnoj-uglerodnoj-nejtralnosti/> (date of access: 01.12.2021).

17. Getting on Track for Net-Zero by 2050 Will Require Rapid Scaling of Investment in the Energy Transition Over the Next Ten Years. URL: <https://about.bnef.com/blog/getting-on-track-for-net-zero-by-2050-will-require-rapid-scaling-of-investment-in-the-energy-transition-over-the-next-ten-years/> (date of access: 01.12.2021).

18. Energy transition: different paths to zero emissions — BloombergNEF // RENEN — Renewable Energy. URL: <https://renen.ru/energeticheskij-perehod-raznye-puti-k-nulevym-vybrosam-bloombergnef/> (date of access: 01.12.2021).

19. World Energy Transitions Outlook: 1.5 — Pathway. URL: <https://clck.ru/35naZJ> (date of access: 01.12.2021).

Информация об авторах

Ангелина Альбертовна Курбанова — студентка Института фундаментального образования Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), curbanova.lina@mail.ru

Виктор Юрьевич Балдин — старший преподаватель кафедры тепловых электрических станций Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), v.u.baldin@urfu.ru

Information about the authors

Angelina A. Kurbanova — Student of the Institute of Fundamental Education of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), curbanova.lina@mail.ru

Victor Yu. Baldin — Senior Lecturer, Department of Thermal Power Plants of the Ural Energy Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), v.u.baldin@urfu.ru