

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-55-71003 «Быстрые изменения окружающей среды в Арктике: последствия для благополучия населения, устойчивости развития и демографии Арктического региона» / Acknowledgements: This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (State Assignment No. FMWE-2022-0003; 075-01056-22-00)

В статье рассматриваются проблемы нестабильности спроса и предложения энергоресурсов в мире в период энергетического кризиса 2022 года на фоне роста военной напряженности в мире в постпандемических реалиях. Представлены долгосрочные прогнозы ведущих энергетических агентств, опубликованные по итогам 2022 года; различные формы кризисной адаптации и новые возможности удаления углеродного следа инфраструктурных объектов как от прямых выбросов, так и за счет потребления электроэнергии. Описывается один из методов достижения отрицательного углеродного следа в окружающей городской среде за счет использования инновационных технологий аддитивного строительства.

Ключевые слова: энергетический кризис; технологии аддитивного строительства; углеродный след; городская среда; постпандемические реалии./

The article deals with the problems of instability in the demand and supply of energy resources in the world during the energy crisis of 2022 against the backdrop of growing military tension in the world in post-pandemic realities. The article considers the long-term forecasts of leading energy agencies published at the end of 2022, as well as various forms of crisis adaptation and new opportunities to remove the carbon footprint of infrastructure facilities, both from direct emissions and through electricity consumption. The authors describe one of the methods to achieve a negative carbon footprint in the surrounding urban environment using innovative technologies of additive construction.

Keywords: energy crisis; additive construction technologies; carbon footprint; urban environment; post-pandemic realities.

Энергетический кризис и глобальные климатические изменения / Energy crisis and global climate change

текст

Дмитрий Соловьев

Институт океанологии имени П. П. Ширшова РАН,

Любовь Шилова

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Виталий Бушуев

Объединенный институт высоких температур РАН /

text

Dmitry Solovyev

Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences

Lyubov Shilova

Moscow State University of Civil Engineering

Vitaly Bushuev

Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences

1. Введение

Нестабильность спроса и предложения энергоресурсов в мире в 2022 году повлияла на долгосрочные годовые прогнозы основных энергетических агентств [1, с. 1]. Согласно приведенному обзору [1, с. 3] различных сценарных прогнозов ожидается, что доля использования традиционных источников энергии в мировом энергобалансе, к которым в первую очередь относятся нефть и уголь, продолжит свое снижение. Одновременно будет происходить снижение темпов увеличения концентрации CO₂ в атмосфере благодаря расширению экологизации технологий промышленного сектора в развивающихся странах. Успешная реализация действующих стратегий по снижению выбросов CO₂ развитыми и развивающимися странами не вызовет значительных структурных изменений в устоявшейся мировой структуре потребления энергии. Все это определяет использование более решительных мер, которые должны быть реализованы на уровне национальной политики отдельных стран для достижения ключевых стратегических целей устойчивого развития по снижению использования доли традиционных источников энергии и достижению целей по секвестрованию углеродного следа. Базовым фактором сохранения текущего вектора трансформации энергетики в мире является готовность стран к восстановлению своих национальных экономик в постковидный период и после энергетического кризиса 2020–2022 годов. Причем это восстановление должно идти не только на основе уже принятых климатических стратегий: необходимо учитывать и возможности расширения перечня доступных мер поддержки, направленных на устойчивое развитие. В том числе это меры по стимулированию использования различных видов ВИЭ, которые характеризуются низкой углеродоемкостью.

Пандемия коронавируса все еще остается важным фактором развития мировой экономики и оказывает значительное влияние на ее энергетический сектор. Несмотря на продолжающиеся кризисные процессы в экономике, восстановление национальных экономик идет опережающими темпами, что определяет скачкообразный рост спроса на энергоресурсы [2, с. 281]. Эти скачки спроса происходят на фоне технических сбоев

в работе мощностей на основе традиционных ресурсов и ограниченного прироста генерации на базе ВИЭ, которую сдерживают последствия ковидных ограничений и логистические проблемы, вызванные прерыванием цепочки поставок оборудования из КНР. На спрос также оказывают заметное влияние и неблагоприятные погодные условия, связанные с глобальными изменениями климата, препятствующие ритмичной работе ветроустановок и солнечной генерации.

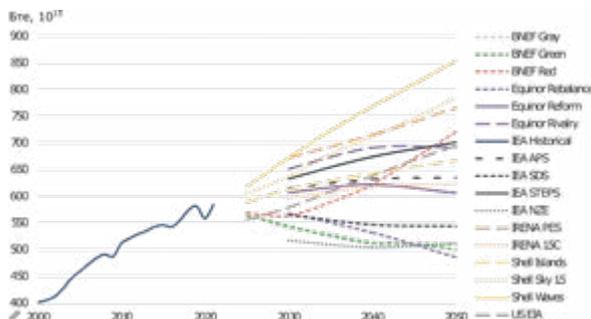
Дисбаланс спроса и предложения на ископаемое топливо привел к значительному повышению цен на всех рынках топлива. Обвал на рынке природного газа распространился и на смежные энергетические рынки. Высокие цены на природный газ влекут за собой там, где технологически возможно, переход к использованию более дешевого топлива (нефть и уголь). Причем это характерно не только для энергорынка стран ЕС, но и для рынков развивающихся стран во всем мире. Описанные тенденции безусловно сдерживают реализацию планов, заданных национальными климатическими стратегиями. Очевидно, что осуществление глобальной трансформации энергетики в рамках концепции «энергетического перехода» требует значительно больше усилий, чем считалось ранее.

Государственная поддержка во время энергетических кризисов, вызванных пандемией коронавируса, а также отложенный спрос позволили промышленности избежать стагнации. Подобная тенденция восстановления экономик в краткосрочной и среднесрочной перспективе предполагает рост объема выбросов CO₂ не только от промышленного и транспортного сектора, но и от электрогенерации в целом. Однако этот рост не будет трансформироваться в долгосрочный тренд.

В 2021 году в электроэнергетическом секторе было произведено 13 Гт выбросов CO₂ – более одной трети общемирового объема выбросов, связанных с энергетикой. К 2030 году МЭА прогнозирует снижение роста выбросов CO₂ в мире. Так, в рамках базового сценария (STEPS) объем ежегодных выбросов углекислого газа от производства электроэнергии сократятся более чем на 10% к 2030 году и примерно на 40% к 2050 году.

1. Энергокризис на фоне пандемии COVID-19

Во время системного кризиса, вызванного пандемией COVID-19, большинство стран были вынуждены использовать фискальные инструменты для оказания поддержки производителям и потребителям различных секторов экономики и в особенности энергетического сектора. В отчете, представленном коллективом авторов из Аналитического центра при Правительстве РФ [3, с. 6], отмечено, что в 2021 году примерно 2,3 трлн. долл. выделено на восстановление экономики энергетического сектора, причем 0,4 трлн. долл. из них непосредственно на развитие низкоуглеродной энергетики. При этом к 2023 году должно быть гарантировано 70% финансовой поддержки «зеленой» энергетике, что в краткосрочной перспективе скажется на привлечении дополнительных инвестиций частного сектора. С учетом упомянутых факторов были скорректированы прогнозы ведущих энергетических агентств по ожидаемой структуре потребления первичной энергии до 2050 года [1, с. 3]. Так, активное восстановление экономической активности после прохождения пиковых показателей заболеваемости коронавирусом в начале 2022 года привело к пересмотру ранее сделанных оценок общемирового потребления энергии (рис. 1).



^ Рис. 1. Ожидаемое глобальное потребление первичной энергии до 2050 года согласно обзору сценариев ведущих энергетических агентств [1, с. 3]

Таким образом, нынешний энергетический кризис ставит перед всеми странами мира новые задачи по реализации ранее обозначенных целей достижения углеродной нейтральности. Эффективность предлагавшихся ранее климатических мер и стратегий снизилась из-за энергетического кризиса и в условиях последствий пандемии коронавируса. Это снижение обусловлено отложенным спросом на энергоресурсы и ускоренным восстановлением промышленного сектора и экономик стран. Чтобы изменить ситуацию, государства могут расширить список инструментов для поощрения сокращения выбросов CO₂ и разработки источников энергии с низким, нулевым и даже отрицательным уровнем выбросов. Однако не все регионы мира и страны готовы к энергетическому переходу из-за бурного роста населения и развития промышленности и транспорта.

Мировая экономика имеет 12-летний цикл ожидаемых рецессий, в т. ч. и падение всех показателей в 2020–2022 годы. Так что сегодняшние кризисные события – это не «черный лебедь», а вполне прогнозируемое явление цикличности всех социоприродных событий [4, с. 15]. Согласно данным мониторинга Международного валютного фонда (www.imf.org) к концу 2022 года, ВВП стран мировых лидеров экономического развития восстановился и практически достиг своих докризисных объемов, что повлекло и восстановление спроса на энергетические ресурсы. Однако события 2022 года, связанные с ростом военно-политической напряженности, оказали негативное влияние в первую очередь на энергетический сектор, вызвав сильную волатильность на рынках энергоресурсов. В условиях беспрецедентно-

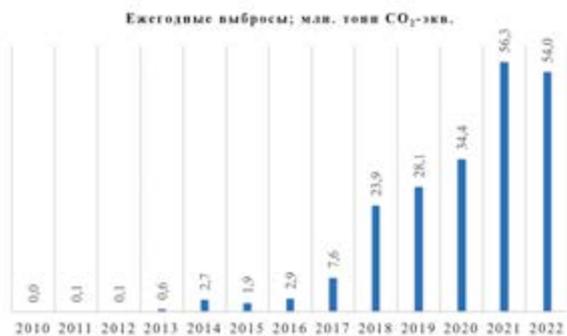
го санкционного давления российский энергетический сектор потерял значимую долю своих доходов, но в тоже время он смог стать опорой для удержания на плаву всей российской экономики. Согласно представленным в работе [4, с. 16–17] нейронным прогнозам, наиболее реалистичным сценарием развития мировой экономики является сохранение устойчивого спроса на отечественные углеводороды до 2035 года. В этот период доходы от энергетического сектора должны быть направлены на повышение эффективности производства и диверсификацию бизнеса энергетических компаний.

2. Новая роль энергии

Новая многомерная реальность, новое качество информационных потоков, искусственный интеллект и, наконец, меняющаяся на глазах человеческая природа требуют размышлений и о новой роли, а, возможно, и о новых формах энергии в жизни человека [5, с. 61]. Само понятие «энергия» приобретает новый смысл и наполнение, определяемое вызовами кризисных периодов человеческой цивилизации.

Если отталкиваться от традиционного физического определения энергии как меры оценки перехода движения материи из одних форм в другие, то сегодня с уверенностью можно говорить о возрастании роли «виртуальной энергии» в жизни человека и общества. Ведь обработка больших массивов информации, развитие беспилотного транспорта и автоматизированных систем управления, создание дополненной реальности, виртуальных миров, криптовалют требует все большего количества энергии.

Так, по оценкам исследователей Кембриджского центра альтернативных финансов, только энергетические затраты на майнинг самой популярной в мире криптовалюты – биткойна – по состоянию на декабрь 2022 года составили порядка 0,41% от мирового потребления электроэнергии и 0,14% от общего объема потребления первичной энергии (<https://ccaf.io/cbeci/index>). Такие показатели уже вполне сопоставимы с объемом энергопотребления Швейцарии или Кувейта! А выбросы парниковых газов за счет майнинга биткойна (рис. 2) приближаются к уровням выбросов всей традиционной золотодобычи в мире, равным величине около 100 млн. т CO₂ экв. (рис. 2) [6, с. 1].



^ Рис. 2. Ежегодные выбросы углекислого газа за счет майнинга биткойна [6, с. 1]

Если же принять во внимание, что энергетические затраты на работу центров обработки данных уже составляют более 1% мирового энергопотребления, то можно оценить суммарные затраты энергии на майнинг всех криптовалют в мире и на работу дата-центров примерно в 2% мирового энергопотребления [7, с. 99]. Безусловно, с учетом все большего внедрения систем искусственного интеллекта и телекоммуникационных сетей 5G (а в перспективе и 6G), потребности виртуальной экономики в реальной энергии будут только возрастать.

Если же рассматривать энергию более широко, например, как понятие, включающее духовную или пассивную энергию общества, то сегодня все отчетливее виден тренд на перераспределение такой энергии общества от преобразования окружающей нас реальности в сторону создания новых виртуальных или дополненных реальностей.

Стоит только задуматься, сколько времени люди сегодня тратят на общение в соцсетях, на создание цифрового контента с целью получения максимального количества «лайков» как символов их признания или самоутверждения. Более того, сегодня люди готовы тратить не только свое время, но и свои реальные деньги и прочие ресурсы, в т. ч. энергетические, на получение разного рода виртуальных бонусов во всевозможных компьютерных играх, которые постепенно эволюционируют в полноценные виртуальные миры со своей валютой, способами получения умений («скиллов») и навыков для т. н. «прокачки» своих виртуальных персонажей. При этом последние живут по особым правилам, которые зачастую сильно отличаются от законов человеческого общества. И многие люди, погружаясь в такие миры, начинают рассматривать их как часть своей реальной жизни, не только проводя в них свое время, но и перекачивая в них свои жизненные ресурсы, по сути, свою жизненную энергию...

Кроме того, растущая атомизация человеческого общества, которую мы наблюдаем в современных постковидных реалиях, требует более разнообразных форм обеспечения энергетических потребностей человека. При этом речь идет не только о растущей популярности децентрализованных и автономных способов такого энергообеспечения, но, по сути, о необходимости энергоинформационного обеспечения каждого индивида [5, с. 64–65]. Представляется, что доступ не только к энергии, но, одновременно, к интернету как источнику получения информации, а также различным форматам виртуального общения (соцсети, мессенджеры, виртуальные экосистемы наподобие метавселенных) становится сегодня одним из основополагающих условий для обеспечения устойчивого развития современного общества и преодоления кризисов.

3. Формы кризисной адаптации в условиях глобальных изменений климата

В заключение хотелось бы обратить внимание на характерные как отрицательные, так и положительные новые формы кризисной адаптации в условиях глобальных изменений климата. Интересно, что сторонники антропогенной концепции потепления рассматривали его как благо в контексте общего улучшения сельскохозяйственных условий, а также предотвращения либо смягчения нового ледникового периода, который должен наступить в будущем [8, с. 10].

В данном случае вряд ли можно однозначно говорить о пользе или вреде тех или иных изменений климата, независимо от их причин. Прежде всего отметим, что изменения климата проявляются различным образом в разных природно-климатических зонах. Наиболее сильны изменения климата в высоких широтах. В частности, если в среднем за последние 100 лет температура воздуха выросла на 10 °С, то, согласно докладу Росгидромета «Об особенностях климата на территории РФ в 2021 году», в России в целом она выросла на 20 °С, в Российской Арктике – на 40 °С, а в экваториальных широтах практически не изменилась. При потеплении идет смещение природных зон в более высокие широты (при похолодании, соответственно, наоборот). Проще говоря, с юга (в Северном полушарии) лес наступает на тундру, а степь наступает на лес. Таким образом, в одних регионах природные условия могут стать более благоприятными (в частности, для ведения сельского

хозяйства), чем в других. Например, в России под угрозой засух оказываются основные, самые южные сельскохозяйственные регионы страны. Одновременно центр и север европейской части России, большая часть Сибири и Дальнего Востока оказываются в зоне смягчения природных условий. В арктической зоне России существует также риск деградации вечной мерзлоты и океанического ледового покрова, что может привести к целому ряду отрицательных эффектов; с другой стороны, улучшаются условия для эксплуатации Северного морского пути.

Среди отрицательных эффектов быстрых изменений климата следует назвать рост частоты катастрофических природных явлений (ураганы, лесные пожары, наводнения). Более того, планетарные изменения климата (которые непосредственно зависят от солнечной активности) могут становиться катализатором гражданских конфликтов и войн. Существуют статистические результаты, связывающие, например, исторические вспышки гражданских конфликтов в Африке с годовыми колебаниями местной температуры [9, с. 406]. Наконец, среди отрицательных последствий текущего потепления называется рост уровня Мирового океана в связи с деградацией ледниковых покровов, что может привести к затоплению обширных населенных территорий. Немаловажную роль в изменениях климата играют механизмы отрицательных обратных связей. В частности, на Земле наблюдается коррелирующий с ростом концентрации CO₂ рост биомассы, который к концу текущего столетия может составить 12% [10, с. 2].

Наконец, одним из самых насущных вопросов является выбор стратегии в связи с потеплением – борьбы с ним или приспособлением к нему. Ряд исследований и расчетов показал, что в мировом масштабе стоимость полного перехода к углеродной нейтральности составляет величину порядка 120 трлн. долл. и роста инвестиций в энергетику в 2–3 раза относительно нынешнего уровня. В масштабах России стоимость перехода к безуглеродной экономике составит 400 трлн. рублей и также потребует кратного увеличения инвестиций в ТЭК [11, с. 33]. Таким образом, реалистичность заявленных планов преодоления актуальных климатических вызовов путем энергетического перехода оказывается под вопросом, что заставляет внимательнее рассмотреть возможности адаптации к климатическим изменениям независимо от их генезиса.

В последнее время все более широкое распространение получают формы кризисной адаптации к новой энергетической реальности, включающие создание карбоновых полигонов и новые возможности по удалению углеродного следа инфраструктурных объектов как от прямых выбросов, так и за счет потребления электроэнергии.

В мире уже получил свою практическую реализацию целый ряд методов достижения отрицательного углеродного следа в окружающей городской среде, в частности, за счет использования 3D-печати зданий и архитектурных элементов городской среды, посадки и восстановления зеленых насаждений в мегаполисах, секвестрации углерода (улавливание углерода в почве), биоэнергетики со связыванием и хранением углерода (BECCS) и прямой захват воздуха (DAC).

Строительная отрасль относится к числу крупнейших генераторов парниковых газов, что определяет ее весомый вклад в ускорение процессов глобального потепления. В настоящее время на ее долю приходится порядка 30% от их общих выбросов атмосферу [13, с. 63]. Необходимо отметить, что цемент является наиболее «грязным» компонентом строительства с точки зрения оставляемого его производством углеродного следа.

В последнее время технологии аддитивного строительства (3D-печати) привлекают все больше внимания уче-



^ Рис. 3. Печать архитектурных элементов на 3D-принтере в лаборатории НИИ СМиТ НИУ МГСУ [12, с. 1]



^ Рис. 4. Проект двухэтажного жилого дома с применением строительной 3D-печати (Россия, Уфа) [14, с. 1]

ных и инженеров во всем мире. Существует значительный и до сих пор не раскрытый потенциал использования технологий строительной 3D-печати, который связан с отказом от существенной доли традиционных строительных процессов и перехода к прямой печати зданий и сооружений. В России это направление успешно развивается на базе НИИ СМиТ НИУ МГСУ, который является ведущим отечественным центром компетенций в области внедрения новых материалов и технологий в строительстве. На рис. 3 показан порталный строительный 3D-принтер, реализующий принцип аддитивного строительного производства, который позволяет автоматизировать укладку бетонной смеси без использования опалубки, что обеспечивает возможность отказа от наиболее трудоемких операций в строительстве. Переход к использованию аддитивных технологий в строительстве минимизирует использование ручного труда и позволяет сократить потребность в рабочей силе на этапе возведения бетонного каркаса зданий и сооружением до двух операторов строительного 3D-принтера. Существующий опыт использования строительных 3D-принтеров в малоэтажном строительстве показывает, что принцип аддитивного строительного производства позволяет до 30% сократить материалоемкость и до 80% продолжительность строительно-монтажных работ (без учета отделки) по сравнению с традиционными технологиями строительства с применением монолитного или сборного железобетона. В качестве печатного материала для 3D-печати может использоваться относительно недорогая смесь мелкозернистого бетона на основе цементного вяжущего. В процессе 3D-печати используется только необходимое количество строительного материала, а его перерасход практически исключается.

Возможности 3D-принтера позволяют печатать малые архитектурные формы элементов городской среды и конструктивные элементы здания для последующей сборки на стройплощадке. Технология строительной 3D-печати обладает очень хорошую перспективу, чтобы стать долгожданным драйвером цифровизации строительной отрасли и обеспечить кратное повышение производительности труда в строительстве за счет автоматизации производственных процессов.

В настоящее время в России технологии строительной 3D-печати находятся в начальной стадии своего развития по сравнению с крупномасштабными проектами внедрения 3D-печати в Саудовской Аравии, Арабских Эмиратах и Китае.

Первый в России двухэтажный жилой дом площадью 160 м², построенный на основе технологии строительной 3D-печати, появится в городе Уфе (рис. 4).

Этот проект нельзя считать серьезным прорывом в международном контексте, но его успешная реализация позволит со временем масштабировать опыт применения новых технологий и даст импульс к их дальнейшему развитию на отечественной производственной и материальной базе.

Объект с подведенными коммуникациями полностью готов для комфортного проживания. Проект строительства домов этого типа реализован как инновационная бизнес-идея в коллаборации ряда российских молодых быстро развивающихся стартап-компаний совместно с НИУ МГСУ и при участии Архитектурного строительного института Уфимского государственного нефтяного технического университета (АСИ УГНТУ).

4. Выводы

Энергетический кризис, пандемийные волны и глобальные изменения климата оказывают свое влияние на большую часть населения планеты. Пандемия стала «знаменем свыше», сломавшим привычный уклад жизни всего населения Земли, не только «встряхнувшим» человечество, но определившим новый, до сих пор неизвестный путь развития нашей цивилизации. Очевидно, что этот путь уже не будет преимущественно основан на экономической доминанте и товарно-денежных отношениях. На первый план должны выйти человек, его здоровье и достижение гармонии с окружающим миром, которое невозможно без решения энерго-климатических проблем, усугубляющихся с ростом населения Земли. Одним из главных цивилизационных изменений, к которому нас подтолкнули нынешние кризисы, является нарастающая виртуализация человеческого общения и хозяйственной деятельности. Важным следствием этого процесса является увеличение многомерности и информатизации

окружающей нас действительности и перенос многих привычных сфер социально-экономической, политической и культурной жизни в «виртуальный» цифровой формат.

Дополненная реальность, искусственный интеллект, оцифровка, виртуализация и компьютеризация всех сфер нашей жизни влекут за собой не только риски, но и определенные новые возможности. По сути, кризисные процессы ускорили переход к формированию ноосферы именно в том исходном понимании, которое дал этому термину его автор академик Вернадский. Его идея состоит в определении ноосферы (сферы разума) не только как высшей силы в развитии земной биосферы, но и как главного источника поддержания ее гармонии и ее жизненного потенциала. В этой связи появление новых информационных, энергетических, архитектурно-строительных и бионических технологий с применением искусственного интеллекта создаст принципиально новые возможности для человеческой цивилизации и поможет найти ответы на вызовы энерго-климатических кризисов.

Литература

- Raimi, D. Global Energy Outlook 2022: Turning Points and Tension in the Energy Transition / D. Raimi, E. Campbell, R.G. Newell et al. – Washington, DC, 2022. – 47 p.
- World Energy Outlook 2022. – Paris, 2022. – 524 p. – URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022> (дата обращения: 27.12.2022)
- Голяшев, А. Отражение кризисов 2020-2021 годов в энергетических прогнозах / А. Голяшев, В. Скрябина, А. Кудрин et al. // Энергетический бюллетень Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации. – 2021. – № 21. – С. 1–16
- Бушуев, В. В., Клепач, А. Н., Соловьев, Д. А. Образ переходного мира: экономика, энергетическое развитие и природные аномалии // Энергетическая политика. – 2022. – № 3. – С. 14–27
- Бушуев, В. В., Клепач, А. Н. Энергоинформационный космизм России // Экономические стратегии. – 2022. – № 5(185). – С. 60–65
- Bitcoin greenhouse gas emissions. – URL: <https://ccaf.io/cbeci/ghg/index> (дата обращения: 10.01.2023)
- Гайдук, Д. М., Толяренко, В. С. Криптовалюта как источник истощения энергетических ресурсов // Актуальные проблемы геотехники, экологии и защиты населения в чрезвычайных ситуациях : материалы 74-й студенческой научно-технической конференции : секция «Геотехника и экология в строительстве», 25 апреля 2018 года. – Минск : БНТУ, 2018. – С. 99–102
- Будыко, М. И. Глобальное потепление и его последствия // Избранные работы. – Санкт-Петербург : 000 «Америт» : Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова, 2020. – 206 с.
- Solow, A.R. Climate for conflict / A.R. Solow. – // Nature. – 2011. – Vol. 476. – № 7361. – P. 406-407. – URL: <http://www.nature.com/articles/476406a> (дата обращения: 18.11.2021).
- Forzieri, G., Alkama, R., Miralles, D. G., Cescatti, A. Satellites reveal contrasting responses of regional climate to the widespread greening of Earth // Science. – 2017. – Vol. 356. – № 6343. – P. 1180–1184
- Дегтярев, К. С., Синоюгин, О. А., Берёзкин, М. Ю. Оценка инвестиционных затрат на переход к безуглеродной экономике в России к 2060 году // Окружающая среда и энерговедение. – 2022. – № 2. – С. 29–39
- Напечатанные дома: как сэкономить на строительстве при помощи 3D-принтера. – URL: <https://mgsu.ru/news/Universitet/Napechatannyedomakaksekonomitnaastroitelstvepripomoshchi3Dprinter/> (дата обращения: 27.12.2022)
- Крутилова, М. О. Направления совершенствования экономических механизмов минимизации выбросов парниковых газов в течение жизненного цикла здания // Экономика строительства и природопользования. – 2018. – № 1 (66). – С. 63–71
- В Уфе планируется печать первого в России жилого двухэтажного дома на 3D-принтере. – URL: <https://mgsu.ru/news/Universitet/VUfepianiuetysapechatpervogovRossiizhilogodvukhetazhnogodomana3Dprintere/#prettyPhoto> (дата обращения: 27.12.2022)

References

- Bitcoin greenhouse gas emissions. (n.d.). CCAF. Retrieved January 10, 2023, from <https://ccaf.io/cbeci/ghg/index>
- Budyko, M. I. (2020). Globalnoe poteplenie i ego posledstviya [Global warming and its consequences]. In Selected Works. St. Petersburg: 000 Amerit: A. I. Voeikov Main Geophysical Observatory.
- Bushuev, V. V., & Klepach, A. N. (2022). Energy-informational cosmism of Russia. *Economic strategies*, 5(185), 60-65. DOI: 10/33917/es-5.185.2022.60-65.
- Bushuev, V. V., Klepach, A.N., & Solovyev, D.A. (2022). The image of the consequences of a transitional world: Economy, energy development and natural anomalies. *Energy policy*, 3, 14-27. DOI: 10.46920/2409-5516_2022_3169_14.
- Degtyarev, K. S., Sinyugin, O. A., & Beryozkin M. Yu. (2022). Estimations of the investment costs for transition to carbon-free economy in Russia by 2060. *Environment and energy science*, 2, 29-39.
- Forzieri, G., Alkama, R., Miralles, D. G., & Cescatti, A. (2017). Satellites reveal contrasting responses of regional climate to the widespread greening of Earth. *Science*, 356(6343), 1180-1184. DOI: 10.1126/science.aal1727.
- Gaiduk, D. M., & Tolyarenok, V. S. (2018, April 25). Kriptovalyuta kak istochnik istoshcheniya energeticheskikh resursov [Cryptocurrency as a source of depletion of energy resources]. Actual problems of geotechnics, ecology and population protection in emergency situations: Proceedings of the 74th student scientific and technical conference: Section “Geotechnics and ecology in construction” (pp. 99-102). Minsk: BNTU.
- Golyashev, A., Skryabina, V., Kudrin, A. et al. (2021). Otrazhenie krizisov 2020-2021 godov v energeticheskikh prognozakh [Reflection of 2020-2021 crises in energy forecasts]. *Energy Bulletin of the Analytical Center for the Government of the Russian Federation*, 21, 1-16.
- Krutilova, M. O. (2018). Napravleniya sovershenstvovaniya ekonomicheskikh mekhanizmov minimizatsii vybrosov parnikovykh gazov v techenie zhiznennogo tsikla zdaniya [Directions for improving the economic mechanisms for minimizing greenhouse gas emissions during the life cycle of a building]. *Economics of construction and nature management*, 1(66), 63-71.
- Printed houses: how to save on construction costs with a 3D printer. (2022, April 27). MGSU. Retrieved December 27, 2022, from <https://mgsu.ru/news/Universitet/Napechatannyedomakaksekonomitnaastroitelstvepripomoshchi3Dprinter/>
- Raimi, D., Campbell, E., Newell, R. G. et al. (2022). Global Energy Outlook 2022: Turning Points and Tension in the Energy Transition. Washington, DC.
- Solow, A. R. (2011). Climate for conflict. *Nature*, 476(7361), 406-407. Retrieved November 18, 2021, from <http://www.nature.com/articles/476406a>
- V Ufe planiruetsya pechat pervogo v Rossii zhilogo dvukhetazhnogo doma na 3D-printere [The first two-story residential building in Russia is planned to be printed on a 3D printer in Ufa] (2021, May 20). Retrieved December 27, 2022, from <https://mgsu.ru/news/Universitet/VUfepianiuetysapechatpervogovRossiizhilogodvukhetazhnogodomana3Dprintere/#prettyPhoto>
- World Energy Outlook 2022 (2022). IEA. Paris. Retrieved December 27, 2022, from <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>