

Ставятся вопросы о климатическом кризисе, выражающемся в глобальном потеплении, чрезвычайных ситуациях, представляющих опасность для городов и поселений, зданий, сооружений, здоровья людей. Сделан обзор различных точек зрения на изменение климата, роль парниковых газов и антропогенного вклада в глобальное потепление. Проведено исследование предлагаемых способов адаптации строительства и архитектуры к ситуации глобального потепления, смягчения негативных последствий изменения климата. Выделены актуальные направления научных исследований: проектирование углеродно-нейтральной архитектуры, разработка биоинженерных строительных материалов, создание «вертикальных» садов и др. Представлены результаты социологического опроса студентов НИУ МГСУ 2021–2022 годов, показывающие уровень понимания ими причин изменения климата, профессиональной ответственности и готовности противодействовать негативным последствиям изменения климата.

**Ключевые слова:** климатический кризис; глобальное потепление; адаптация города; климатостойчивая архитектура; углеродно-нейтральные здания, социологический опрос.

The article raises questions about the climate crisis, which manifests itself in global warming, emergencies that pose a danger to cities and towns, buildings, structures, and people's health. The author presents different points of view on climate change, the role of greenhouse gases and the anthropogenic contribution to global warming. A study was made of the proposed ways of adapting construction and architecture to the situation of global warming, mitigating the negative effects of climate change. The author highlights topical areas of scientific research, such as: the formation of carbon-neutral architecture, the development of bioengineered building materials, the creation of "vertical gardens", etc. The author presents the results of a sociological survey of the students of National Research Moscow State University of Civil Engineering of the year 2021–2022. The results are showing their understanding of the causes of climate change, professional responsibility and readiness to counteract the negative effects of climate change.

**Keywords:** climate crisis; global warming; city adaptation; climate-resistant architecture; carbon-neutral buildings; sociological survey.

# Климатический кризис и способы реагирования / The climate crisis and the ways of response

## Введение

Климатический кризис – один из самых серьезных вызовов, с которым столкнулось человечество. Происходящие изменения влияют на жизнь людей, повышают чувство тревоги, страха. Если в научной литературе вопросы экологического кризиса обсуждаются уже давно, то понятие «климатический кризис» появилось относительно недавно и стало актуальной темой научных и политических дискурсов. По данным Оксфордского корпуса английского языка (Oxford Monitor Corpus of English), в 2021 году употребление понятия «климатический кризис» увеличилось почти в 20 раз по сравнению с 2018 годом, а со второй половины 2019-го обогнало по частоте использование понятия «климатическая чрезвычайная ситуация» [1]. Все больше появляется публикаций, в которых происходящие изменения квалифицируются как кризисные явления [2, 3]. Исследователи анализируют причины возникающих чрезвычайных ситуаций и их последствия [4].

Между тем знания о процессах и обратных связях в климатической системе Земли по-прежнему не являются полными. Есть расхождения среди ученых в оценке чувствительности климатической системы планеты к росту концентрации углекислого газа. Например, расчетами одних ученых устанавливается, что «при сжигании угля, газа, нефти и их продуктов в атмосферу ежегодно выбрасывается до 32 млрд тонн CO<sub>2</sub>, что примерно в 100 раз превышает вулканический вклад. Около 3/4 всего антропогенного увеличения содержания углекислого газа в воздухе объясняется сжиганием ископаемых углеводородов, а большая часть остального – вырубкой лесов» [5]. Некоторые ученые отрицают влияние современного повышения концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере на температуру приземного воздуха и приводят результаты расчетов, показывающих, что воздействие парниковых газов не оказывает существенного влияния на климат. Даже двукратное увеличение содержания такого слабого парникового газа, как углекислый, может привести к увеличению температуры лишь на 0,5 градусов. [5]. Также по-разному интерпретируется роль антропогенного усиления парникового эффекта [6]. Однако в любом случае при любой причине возникновения

климатических изменений и их последствий требуется совершенствование подхода к планированию и проектированию городов, управлению ими. Борьба за снижение негативных последствий изменения климата, технологическая адаптация городов, архитектуры и строительства, социально-психологическая адаптация социальных групп и индивидов к новой ситуации, формирование бережливой модели потребления – необходимое условие нейтрализации негативных эффектов изменения климата. «Другими словами, если города должны быть адаптированы к прогнозируемому будущему климату, необходимо начать адаптацию прямо сейчас, изменив структуру города, дизайн зданий, модели городского планирования, привычное поведение людей» [7].

Цели данной статьи – рассмотрение проблем влияния климатического кризиса на города и поселения, здания и сооружения, обзор способов адаптации к климатическим изменениям; изучение степени профессиональной ответственности и готовности студентов Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ) – будущих градостроителей, архитекторов – к борьбе с негативными последствиями изменения климата.

## Методы исследования

Анализ вторичных данных – научных статей, статистических отчетов, сообщений и других материалов о фактах, событиях, последствиях изменения климата в мире и России – использовался с целью проследить ситуацию в области изменения климата и дать обзор способов реагирования городов и архитектуры. Социологический опрос/анкетирование позволил получить первичные данные об уровне климатического сознания будущих архитекторов и градостроителей, признании/непризнании своей ответственности за состояние городов и готовности предпринять профессиональные и личные действия в целях противодействия климатическому кризису.

## Климатический кризис и его последствия в урбанизированной среде

Глобальное потепление на планете, рост средней температуры воздуха вызывают дисбаланс всей климатической системы. Это подтверждается наблюдениями, проводи-

текст

**Зинаида Иванова**  
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет /

text

**Zinaida Ivanova**  
National Research Moscow State University of Civil Engineering

мыми климатическими службами мира: 94,5% метеостанций мира показывают положительные тренды. Однако потепление неоднородно в пространстве Земного шара. Регионы наиболее интенсивного потепления – Европа (+0,537 °C/10 лет, максимум в августе +0,612) и Арктический широтный пояс (+0,436 °C/10 лет, максимум в июне +0,493) [8]. Летом 2022 года в российском секторе нормы превышены на 2–4 °C, а на арктических островах Канады – на 2 °C и более [9]. Неравномерное повышение температуры воздуха усиливает нестабильность климата, соответственно, растет количество резких погодных аномалий и связанных с ними стихийных бедствий – штормов, ураганов, наводнений, засух и т. д. Наибольшую опасность эффекты глобального потепления представляют для урбанизированной среды.

Другая опасность для города – проливные дожди и наводнения. Например, 2021 год стал катастрофичным для Европы. В Бельгии, Люксембурге, Италии, Великобритании Чехии, Австрии, Румынии и Германии ущерб от наводнений составил 20,4 млрд евро, при этом 9,3 млрд из них приходилось на Германию. В ее западной части система укрепления берегов оказалась не подготовленной к такому бедствию, многие прибрежные районы оказались затопленными. Существенные потери приносят ежегодные наводнения в Венеции. В 2019 году проливные дожди привели к затоплению более 80% города. Наводнение нанесло значительный ущерб историческим памятникам, в частности повредило напольные мозаики и мраморные колонны в соборе Святого Марка.

#### Климатоустойчивое проектирование

Согласно некоторым исследованиям, на строительный сектор приходится 40% выбросов парниковых газов, из них на строительные материалы и конструкции (цемент, сталь, стекло) – 11–15% мировых выбросов CO<sub>2</sub> [10].

В сложившейся ситуации архитектурно-строительная отрасль оказывается в особенно важном положении. Чтобы и сами города, и архитектурно-строительная сфера могли эффективно способствовать снижению климатических рисков, необходимо внести серьезные изменения в проектирование и планирование городов, переосмыслить то, как строить. Экологичность – центральная движущая сила в проектировании климатоустойчивых городов и архитектуры. В зависимости от складывающейся ситуации в конкретном городе, районе, глубины и масштаба происходящих процессов основными элементами адаптации могут стать:

- развитие зеленых насаждений, городских лесных массивов, зеленых поясов города;
- ограничение выбросов парниковых газов в процессе строительства и эксплуатации, зданий и сооружений;
- внедрение программы «Экологичный транспорт»;
- защита биоразнообразия в городе;
- улучшение управления отходами и поддержка экономики замкнутого цикла;
- ликвидация «островков тепла»;
- защита прибрежных городов от наводнений;
- улучшение пешеходной и велосипедной проходимости города, использование личных средств передвижения;
- внедрение так называемых проницаемых тротуаров.

Экоустойчивая архитектура включает в себя: учет климатических факторов, использование естественного света и солнечной радиации, влажности, осадков, скорости ветра; оценку воздействия зданий на грунтовые воды, почву, местную температуру и качество воздуха.

Выделим некоторые современные направления формирования климатоустойчивой архитектуры.

#### Проектирование углеродно-нейтральных зданий.

Согласно данным Всемирной метеорологической организации, основными парниковыми газами являются:

водяной пар (H<sub>2</sub>O – наибольший вклад в атмосферу), углекислый газ (CO<sub>2</sub>), метан CH<sub>4</sub>, озон (O<sub>3</sub>), оксид азота (N<sub>2</sub>O) [11]. Для расчета углеродного следа от зданий и сооружений предназначен калькулятор воплощенного углерода в строительстве (ЕС3). Он используется европейскими архитекторами для количественной оценки и проверки экологической устойчивости, а также в качестве конкурентного параметра при выборе строительных материалов [12]. Как пример здания, стремящегося к углеродной нейтральности, можно привести индивидуальный дом общей площадью 214 м<sup>2</sup>, изготовленный из сборных деревянно-каркасных элементов, германского архитектора М. Айхнера [13]. Проект выполнен с учетом требований онлайн-калькулятора eLCA (оценка жизненного цикла – 50 лет) Германского федерального института исследований в области строительства, городского хозяйства и пространственного развития (BBSR). Согласно немецкой системе сертификации устойчивого жилья (NaWoh), для малоэтажных домов в Центральной Европе рекомендуется максимум ≤ 12 кг CO<sub>2</sub>-экв/(м<sup>2</sup>NRF\*a) в качестве приемлемого значения годовых выбросов парниковых газов CO<sub>2</sub> на м<sup>2</sup> общей площади пола. В таблице представлены также другие категории вредного воздействия здания на протяжении жизненного цикла.

По мнению М. Айхнера, даже использование лучших современных строительных, отделочных и монтажных материалов не может считаться гарантом нулевого уровня выбросов, так как здание неминуемо создает определенное количество вредных парниковых газов.

**Инновационные строительные материалы.** Одна из главных проблем современной архитектурно-строительной сферы – создание принципиально новых строительных материалов с действительно нулевым выбросом парниковых газов. В проектах разработчиков – биоинженерные материалы (с использованием биологических организмов), которые сами растут, производят энергию, самовосстанавливаются; биокирпичи, выращенные на мицелии. Эти начинания представляют собой рубеж в биологии и материаловедении и, возможно, путь к архитектуре нового типа. Компания Skidmore, Owings & Merrill (SOM) предложила проект Urban Sequoia – новую архитектурную концепцию на основе эокантропоцентрического подхода. В проекте представлены «леса зданий», которые улавливают углерод, очищают воздух, производят биоматериалы и создают новую экологическую и устойчивую городскую среду [15].

Среди новых разработок и другие инновационные углеродонейтральные материалы: переработанные заполнители, более экологичные варианты бетона, переработанная конструкционная сталь, древесина, сертифицированная FSC (Международной некоммерческой организацией «Лесной попечительский совет»).

**Озеленение города и зданий.** Эта мера рекомендуется для снижения температуры воздуха и его увлажнения, для улучшения теплового комфорта в целом. Однако зеленые крыши представляют наиболее эффективный способ снижения потребления энергии не только летом, но и круглогодично. Проектирование зеленых крыш, внешних зеленых стен (засаживание их растениями) или вертикальных садов рассматривается архитекторами и градостроителями также как одно из решений для декарбонизации зданий, компенсации выбросов углерода. Растительность на стенах способна поглощать газ, пыль, охлаждать здание и снижать температуру внутри помещений летом, зимой – сохранять тепло и уменьшить потребление энергии.

В Стратегии развития строительной отрасли и ЖКХ Российской Федерации до 2030 года предусматривает-

## Система рейтинга устойчивого жилья, индикаторы воздействия (NaWoh 3.2.1.), типичные значения для проверки достоверности [14]

Характеристика	Степень	Значение	Единица измерения
Потенциал истощения озонового слоя (ODR)	Приемлемо	0,0020	g CFC11-экв/(м <sup>2</sup> NGFa*a)*
	Хорошо	0,0010	g CFC11-экв/(м <sup>2</sup> NGFa*a)
	Очень хорошо	0,0007	g CFC11-экв/(м <sup>2</sup> NGFa*a)
Потенциал формирования озона (POCF)	Приемлемо	14,0	g C2H4-экв/(м <sup>2</sup> NGFa*a)
	Хорошо	10,0	g C2H4-экв/(м <sup>2</sup> NGFa*a)
	Очень хорошо	7,0	g C2H4-экв/(м <sup>2</sup> NGFa*a)
Потенциал окисления (AP)	Приемлемо	70,0	g SO2-экв/(м <sup>2</sup> NGFa*a)
	Хорошо	50,0	g SO2-экв/(м <sup>2</sup> NGFa*a)
	Очень хорошо	35,0	g SO2-экв/(м <sup>2</sup> NGFa*a)
Потенциал роста уровня фосфатов/эвтрофикации (EP)	Приемлемо	7,0	g PO4-экв/(м <sup>2</sup> NGFa*a)
	Хорошо	5,0	g PO4-экв/(м <sup>2</sup> NGFa*a)
	Очень хорошо	3,5	g PO4-экв/(м <sup>2</sup> NGFa*a)

Примечание. \*m<sup>2</sup> NGFa\*a – на м<sup>2</sup> внутренней полезной площади здания в год.

ся создание зеленых крыш. За счет этого планируется уменьшение теплопотери здания зимой до 35% и обеспечение защиты от жары летом.

**Светлые или белые крыши.** По мнению специалистов это поможет в борьбе с глобальным потеплением. Американские физики из Университета Беркли подтвердили такой вывод своими расчетами: изменение цвета на белый увеличит отражательную способность крыш на 10%, а вызванный этим охлаждающий эффект сопоставим с удалением из атмосферы около 44 млрд. тонн парниковых газов [16].

**Применение цифровых технологий** (Artificial intelligence (AI), Big data, Internet of things). Они могут внести изменения в строительную площадку или в способ проектирования нового здания или городской среды. Новые инструменты, основанные на данных, способны помочь создавать более качественные пространства и здания, которые позволяют экономить ресурсы. Они могут включать в себя оптимизацию здания для снижения энергопотребления, обеспечения хороших условий микроклимата. Независимо от масштаба или желаемого результата, технология помогает профессионалам легче создавать, тестировать и выбирать варианты, которые оказывают меньшее воздействие на окружающую среду.

Эффективным инструментом является Spacemaker, программное обеспечение Autodesk, которое работает с облачным AI, позволяя командам сотрудничать, а также анализировать и проектировать объекты недвижимости с подходом, ориентированным на результат. Таким образом, начиная разработку нового проекта, можно протестировать тысячи возможностей, чтобы максимально использовать потенциал участка и связи с городом, обеспечивая при этом естественное освещение, изоляцию шума, микроклимат и т. д.

**Изменение климата и профессиональная ответственность архитекторов и градостроителей**  
Передовые знания в области причин и последствий глобального потепления, знание технологий для адаптации застроенной среды к изменению климата, профессиональная и личная ответственность – необходимое условие для работников, в обязанности которых входит

нахождение путей и способов смягчения негативных последствий климатического кризиса. Насколько ответственными за создаваемую среду чувствуют себя будущие градостроители и архитекторы, вступающие в свои профессиональные обязанности в условиях изменения климата? Каковы их понимание причин климатических бедствий и готовность к разработке и реализации климатосберегающих проектов?

Для выяснения этих вопросов было проведено два социологических опроса в НИУ МГСУ – в ноябре 2021 и в ноябре – декабре 2022 года.

В ноябре 2021 года опрошено 234 студента, обучающихся по направлениям «архитектура», «градостроительство», «строительство уникальных зданий и сооружений». Цель опроса – понимание студентами причин изменения климата и готовности предпринять личные действия в защиту климата.

Из всех опрошенных 80,4% респондентов изменение климата назвали реальной проблемой, однако 19,6% респондентов считают, что особой опасности нет, все происходит в пределах нормы колебаний температуры и природных процессов.

80% респондентов уверены, что естественные процессы изменения климата ускорены промышленной деятельностью человека. Наибольший вред наносят природе сжигание угля и газа (73%), вырубка леса (67%), образование свалок (61%), использование любого вида автотранспорта (44%).

По мнению респондентов, возникающие экстремальные ситуации сравнимы с экологическим и климатическим кризисом. Возможные последствия для России – опасность проседания почвы при таянии вечной мерзлоты и обрушения зданий, сооружений (68,6%), гибель растительного и животного мира Сибири и Дальнего Востока (61,9%). Некоторые студенты обратили внимание на социальные последствия, предположив, что климатические процессы могут отразиться и на других сферах, в частности на характере общественных отношений, протекании социальных процессов, в усилении неравенства и бедности некоторых слоев населения.

Особую угрозу, по мнению респондентов (63%), изменение климата несет городам вследствие пере-

грева городской поверхности (зданий, автомобильных трасс, тротуаров, почвы). При этом здоровье горожан также окажется под угрозой (33%). 66,5% респондентов обеспокоено тем, что уже сегодня нужно готовить город к климатическим перепадам и экстремальным явлениям, разрабатывать технологии адаптации городов, хотя 33,5% респондентов полагают, что «не обязательно этим заниматься сейчас, сегодня у страны достаточно других проблем».

Отвечая на вопрос: «Что нужно делать сегодня, чтобы остановить или замедлить процесс изменения климата и глобальное потепление?» – большинство студентов предложило «ограничить и контролировать производственные выбросы, внедрять современные очистные системы» (83,3%), «сократить потребление электроэнергии» (53%), «снизить потребление тепла, установив тепловой счетчик в квартире/доме» (58%).

К каким именно действиям на личном уровне готовы студенты здесь и сейчас? Более половины опрошенных выбрали варианты: «раздельно собирать отходы» (74%), «не употреблять пластиковые упаковки и пакеты» (59%), «сократить использование одноразовых вещей в быту» (54%). «Остановить промышленные предприятия, загрязняющие природу» согласились 36,6% респондентов, «ограничить количество личного автотранспорта в городах, запретить дизельный автотранспорт» предложили 23%, «в малых городах активнее использовать велосипеды и другие виды индивидуального транспорта» порекомендовали всего лишь 14% опрошенных.

Исследование было продолжено в ноябре – декабре 2022 года. Целью нового опроса стало выявление ответственности и готовности студентов-магистрантов к климатозащитным профессиональным действиям. Опросу подверглись те же студенты, обучающиеся по направлениям «градостроительство» и «архитектура», но уже перешедшие с первого на второй курс магистратуры. Свои знания в области климатоустойчивой архитектуры респонденты оценили невысоко: как «средние» – 51,5% студентов-градостроителей и 46,7% студентов-архитекторов. Оценку «скорее скудные знания, чем обширные» дали 37,8% и 33,3% студентов соответственно. Знания в области климатоустойчивого города оценили как «средние» 50% студентов-градостроителей и 42,9% студентов-архитекторов, и оценку «скорее скудные знания, чем обширные» дали 32,4% и 38,1% соответственно. Таким образом, стало понятно, почему в опросе 2021 года получились низкие показатели по некоторым вопросам, связанным с пониманием причин и последствий изменения климата.

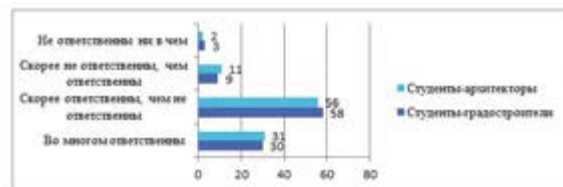
Респондентам был задан вопрос: «Какие меры можно было бы принять для противодействия изменению климата?» Для выбора им были предложены некоторые предлагаемые сегодня специалистами способы противодействия изменению климата:

- разрабатывать новые типы зданий и сооружений, способные выдерживать удары стихии, проектировать климатические убежища, здания-ковчеги (выбрали 76% студентов-архитекторов и 68% студентов-градостроителей);
- строить новые безопасные города на незатопляемой возвышенности с устойчивой несущей поверхностью грунтов (28% и 62%);
- не допускать возникновения «островков тепла» в городах средствами архитектурного и городского проектирования (30% и 58%);
- добиваться строжайшего контроля землепользования, запрета на новое строительство в зонах риска (30% и 62%);

– использовать «модульное строительство» с возможностью быстрого перебазирования (выбрали 40% студентов-архитекторов и 32% студентов-градостроителей).

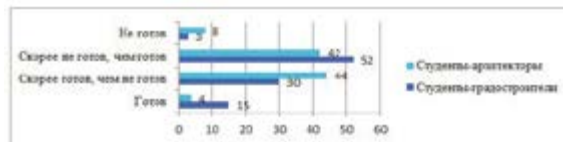
Полученные результаты свидетельствуют о том, что студенты еще не имеют достаточных знаний и профессионального мнения о предлагаемых способах реагирования на возможные угрозы.

Ответы, полученные на вопрос: «Как Вы оцениваете степень своей профессиональной ответственности за адаптацию города и архитектуры к процессу изменения климата?», оказались вполне зрелыми для респондентов, а также сходными в обеих группах респондентов (рис. 1)



▲ Рис. 1. Осознание своей профессиональной ответственности студентами магистратуры МГСУ за адаптацию города и архитектуры к изменению климата

В ответе на вопрос: «Как Вы оцениваете свою профессиональную готовность к противодействию негативным процессам изменения климата и адаптации городов к изменению климата?» – респонденты оказались весьма критичны по отношению к себе (рис. 2).



▲ Рис. 2. Готовность студентов магистратуры МГСУ к противодействию изменению климата

Таким образом, в результате двух социологических опросов одной и той же выборки студентов-магистрантов удалось выявить некоторые проблемы в их подготовленности к новым условиям и требованиям проектирования и строительства. Полученные данные настораживают, но некоторое оправдание низкой компетентности магистрантов можно найти. Выводы ученых о последствиях изменения климата все еще не являются окончательными и неопровержимыми.

## Выводы

1. Проблемы изменения климата на планете во многом политизированы, возможно, экономически ангажированы. Имеют место диаметрально противоположные мнения о причинах и последствиях глобального потепления и в научном мире. По мнению ведущих ученых мира – климатологов и специалистов в области изменения климата (в частности, Росгидромета, Института глобального климата и экологии им. акад. Ю. А. Израэля, Института географии РАН, на чьи исследования сделаны ссылки в данной статье), климатические изменения все же продолжают углубляться, температура по всему миру растет без признаков замедления. Данные факты должны быть приняты во внимание.

2. Происходящие в последние десятилетия стихийные бедствия, действительно связанные с экстремальными перепадами температуры, наносят серьезный урон урбанизированным территориям. Города и поселения оказываются неподготовленными к климатическим бедствиям, что требует немедленного реагирования и поиска способа адаптации в конкретных условиях.

3. Изменение климата меняет современный город и архитектуру. Защита от негативных последствий, экологичность становятся центральной движущей силой в строительстве и дизайне. Углеродно-нейтральная архитектура и безопасные строительные материалы – приоритет в современной архитектурной и строительной науке и проектировании.

4. Результаты опроса магистрантов – архитекторов и градостроителей – показали, что студенты, хотя и понимают причины изменения климата, демонстрируют свою озабоченность, но не имеют достаточных, с их точки зрения, знаний в области адаптации города и архитектуры к изменению климата. В то же время студенты осознают свою профессиональную ответственность за состояние городов, здоровье и безопасность горожан, но низко оценивают свою профессиональную готовность к противодействию климатическому кризису.

5. Следовательно, требуется усиление теоретической и практической подготовки градостроителей и архитекторов в области причин и последствий изменения климата, технологий адаптации городов, зданий и сооружений к ситуации глобального потепления, также требуется некоторая корректировка учебных программ в плане расширения объема климатических дисциплин.

#### Литература

1. The language of climate change and environmental sustainability: the OED October 2021 update. – URL: <https://public.oed.com/blog/the-oed-october-2021-update/> (дата обращения: 26.11.2022)
2. Negotiating Climate Change in Crisis / eds. S. Böhm, S. Sullivan. – Cambridge: Open Book Publishers, 2021. – DOI: 10.11647/OBP.0265
3. Кокорин, А. О. От климатической теории к экономической практике. Как преодолеть экологический и климатический кризисы на планете // Экология и жизнь. – 2008. – № 2. – С. 50–51
4. Тишков, А. А., Золотокрылин, А. Н., Семенов, В. А., Кухта, А. Е. Климатологические исследования в институте географии РАН: к 100-летию института // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2018. – № 2. – С. 8–30. – DOI: 10.21513/2410-8758-2018-2-8-30
5. Глобальное изменение климата. Происходит ли потепление и почему? // Геоинфо. – URL: <https://geoinfo.ru/product/analiticheskaya-sluzhba-geoinfo/> (дата обращения: 13.01. 2023)
6. Семенов, С. М. Парниковый эффект и современный климат // Метеорология и гидрология. – 2022. – № 10. – С. 5–17
7. Masson, V., Marchadier, C., Adolphe, L. Adapting cities to climate change: A systemic modelling approach // Urban climate. – 2014. – Vol. 10(2). – P. 407–429.
8. Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара. Приземная температура. Лето 2022. VI–VIII // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – URL: [www.igce.ru/climatechange](http://www.igce.ru/climatechange) (дата обращения: 13.01. 2023)
9. Лето в России стало 3-м самым теплым в истории наблюдений. – URL: <https://meteoinfo.ru/novosti/99-pogoda-v-mire/> (дата обращения: 13.01. 2023)
10. What is Net-Zero Architecture? Terms and Design Strategies. March 02, 2022 // ArchDaily. – URL: <https://www.archdaily.com/977740/what-is-net-zero-architecture> > ISSN 0719-8884 (дата обращения: 13.01. 2023)
11. The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2020 // WMO Greenhouse Gas Bulletin. – 2021. – N 17. – URL: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10904](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10904) (дата обращения: 13.01.2023)
12. Andersen, S., Larsen, H.F., Raffnsøe, L., Melvang, C. Environmental Product Declarations (EPDs) as a competitive parameter within sustainable buildings and building materials // IOP Conference. Series Earth and Environmental Science. – 2019. – N 323(1). – DOI: 10.1088/1755-1315/323/1/012145
13. Eichner, M., Ivanova, Z. Bioclimatic architecture as the main part of green building // E3S Web of Conferences. – 2029 – Vol. 91. – URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/2019910>
14. Bewertungssystem Nachhaltiger Wohnungsbau Mehrfamilienhäuser – Neubau. – URL: <https://www.nawoh.de/uploads/pdf/>

kriterien/v\_3\_0/Oekologische\_Qualitaet\_V\_3\_0.pdf (дата обращения: 29.12.2022)

15. SOM Proposes to Transform the Built Environment into a «Forest» of Absorbing Carbon at COP26. – URL: <https://www.archdaily.com/971822/som-proposes-to-transform-the-built-environment-into-a-forest-of-absorbing-carbon-at-cop26> (дата обращения: 25.12.2022)

16. Ученые: Белые крыши помогут в борьбе с глобальным потеплением. – URL: <https://www.rbc.ru/society/18/09/2008/5703cf079a79473dc814908f?ysclid=lc0z80jpkt2938827> (дата обращения: 25.12.2022)

#### References

- Andersen, S., Larsen, H.F., Raffnsøe, L., & Melvang, C. (2019). Environmental Product Declarations (EPDs) as a competitive parameter within sustainable buildings and building materials. IOP Conference. Series Earth and Environmental Science, 323(1). DOI: 10.1088/1755-1315/323/1/012145
- Bewertungssystem Nachhaltiger Wohnungsbau Mehrfamilienhäuser - Neubau [Evaluation system for sustainable housing Multi-family houses - New construction]. Retrieved December 29, 2022, from [https://www.nawoh.de/uploads/pdf/kriterien/v\\_3\\_0/Oekologische\\_Qualitaet\\_V\\_3\\_0.pdf](https://www.nawoh.de/uploads/pdf/kriterien/v_3_0/Oekologische_Qualitaet_V_3_0.pdf)
- Böhm, S., & Sullivan, S. (Eds.). (2021). Negotiating Climate Change in Crisis. Cambridge: Open Book Publishers. DOI: 10.11647/OBP.0265.
- Byulleten monitoring izmenenii klimata Zemnogo shara. Prizemnaya temperatura. Leto 2022. VI–VIII [Global Climate Change Monitoring Bulletin. Surface temperature. Summer 2022. VI–VIII]. (2022). Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. Retrieved January 13, 2023, from [www.igce.ru/climatechange](http://www.igce.ru/climatechange)
- Eichner, M., & Ivanova, Z. (2019). Bioclimatic architecture as the main part of green building. E3S Web of Conferences, 91, 05015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/2019910>
- Globalnoe izmenenie klimata. Proiskhodit li poteplenie i pochemu? [Global climate change. Is warming occurring and why?]. Geoinfo. Retrieved January 13, 2023, from <https://geoinfo.ru/product/analiticheskaya-sluzhba-geoinfo/>
- Ions, R., & Wild, K. (2021, October 5). The language of climate change and environmental sustainability: the OED October 2021 update. OED. Retrieved November 26, 2022, from <https://public.oed.com/blog/the-oed-october-2021-update/>
- Kokorin, A. O. (2008). Ot klimaticheskoi teorii k ekonomicheskoi praktike. Kak preodolet ekologicheskii i klimaticheskii krizisy na planete [From climate theory to economic practice. How to overcome ecological and climatic crises on the planet]. Ecology and Life, 2, 50–51.
- Leto v Rossii stalo 3-m samym teplem v istorii nablyudenii [The summer in Russia became the 3rd warmest in the history of observations] (2022, October 4). Hydrometcenter of Russia. Retrieved January 13, 2023, from <https://meteoinfo.ru/novosti/99-pogoda-v-mire/>
- Masson, V., Marchadier, C., Adolphe, L. et al. (2014). Adapting cities to climate change: A systemic modelling approach. Urban climate, 10(2), 407–429. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2014.03.004>
- Semyonov, S. M. (2022). Greenhouse effect and modern climate. Meteorology and hydrology, 10, 5–17.
- SOM Proposes to Transform the Built Environment into a “Forest” of Absorbing Carbon at COP26. Retrieved December 25, 2022, from <https://www.archdaily.com/971822/som-proposes-to-transform-the-built-environment-into-a-forest-of-absorbing-carbon-at-cop26>
- Stouhi, D. (2022, March 2). What is Net-Zero Architecture? Terms and Design Strategies. ArchDaily. Retrieved January 13, 2023, from <https://www.archdaily.com/977740/what-is-net-zero-architecture>
- The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2020 (2021, October 25). WMO Greenhouse Gas Bulletin, 17. Retrieved January 13, 2023, from [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10904](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10904)
- Tishkov, A. A., Zolotokrylin, A. N., Semenov, V. A., & Kukhta, A. E. (2018). Climate studies in the Institute of Geography of the RAS: To the 100th anniversary of the Institute. Fundamental and Applied Climatology, 2, 8–30. DOI: 10.21513/2410-8758-2018-2-8-30.
- Uchenye: Belye kryshi pomogut v borbe s globalnym potepleniem [Scientists: White roofs will help fight global warming] (2008, September 18). RBC. Retrieved December 25, 2022, from <https://www.rbc.ru/society/18/09/2008/5703cf079a79473dc814908f?ysclid=lc0z80jpkt2938827>