

4. Обзор литературных источников по теме градостроительного формирования экологически устойчивых городов / Беседина Е. А. [и др.] // Архитектура и архитектурная среда: вопросы исторического и современного развития: сб. ст. / Тюменский индустриальный университет; ред. кол.: А. Б. Храмцов, О. С. Порошин [и др.] – Тюмень, 2021. – С. 82–87.
5. Green city Freiburg [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://greencity.freiburg.de/pb/Len/1450158.html>. – Дата доступа: 07.11.2021.
6. Agroforestry: agriculture of the future? The case of Montpellier [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/agroforestry-agriculture-of-the-future-the-case-of-montpellier>. – Дата доступа: 07.11.2021.
7. Natural capital • Ecosystem services • Nature-based solutions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oppla.eu>. – Дата доступа: 07.11.2021.
8. Coalition for urban transitions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://urbantransitions.global> – Дата доступа: 07.11.2021.
9. Сысоева, В. А. Подходы к систематизации лучших практик по повышению экологической и энергетической эффективности урбанизированных территорий градостроительными методами / В. А. Сысоева, Е. А. Беседина, Ю. А. Русецкая // Наука молодых – интеллектуальный потенциал XXI века: материалы междунар. науч.–практ. конф. молодых ученых и исследователей в рамках международного научного форума «Наука молодых – интеллектуальный потенциал XXI века» / редкол.: С. А. Болдырев. – Пенза : ПГУАС, 2021. – С. 199–203.
10. Беседина, Е. А. Лучшие практики повышения экологической и энергетической эффективности городов / Е. А. Беседина, Ю. А. Русецкая // Актуальные проблемы архитектуры и градостроительства [Электронный ресурс] : материалы 77-ой студенческой научно-технической конференции БНТУ, 26 апреля – 3 мая 2021 г. / редкол.: Г. А. Потаев, Е. Е. Нитиевская, П. Г. Вардеванян. – Минск : БНТУ, 2021. – С. 16–19.

УДК 725.4

## ТЕНДЕНЦИИ ЭКОЛОГООРИЕНТИРОВАННОГО РАЗВИТИЯ БЕЛОРУССКИХ ГОРОДОВ

В. А. Сысоева, Е. Е. Нитиевская, Е. С. Веренич

---

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь  
E-mail: [sysoeva@bntu.by](mailto:sysoeva@bntu.by)*

*В статье представлены промежуточные результаты научно-исследовательской работы «Разработка комплексных экологических и энергоэффективных градостроительных методов формирования устойчивых городов Республики Беларусь». Авторы рассматривают актуальные тенденции городского развития с акцентом на экологичность, ресурсоэффективность и адаптацию к климатическим изменениям. Региональные особенности белорусских городов различных типов приводятся в контексте известных общемировых трендов экологоориентированного градостроительства.*

*Ключевые слова: экологоориентированное градостроительство, градостроительные решения, экологическая и энергетическая эффективность, климатическая адаптация, тенденции городского развития.*

Сегодня проблема изменения климата в мировом масштабе находится на лидирующей позиции, ведь с ее последствиями начали сталкиваться не только ученые, но и рядовые жители планеты. Города оказывают непосредственное влияние на состояние экологии, так как являются безусловным лидером потребления ресурсов, энергии и, соответственно, центральным источником выбросов парниковых газов.

По официальным оценкам изменения климата, базирующимся на регионализации климатического сценария по результатам модели общей циркуляции атмосферы HadCM2 (Великобритания), «на территории Беларуси средняя температура всех месяцев в среднем повысится на 0,6–1,9 °С в период с 1990 года по 2039 год и на 1,0–2,9 °С в последующие годы XXI века, среднегодовое количество осадков возрастет незначительно и будет приходиться на зимние месяцы, когда их роль как источника влаги для вегетации текущего года невелика» [1]. Гидрометеорологические службы нашей страны отмечают, что такие неблагоприят-

ные погодные явления, как заморозки, очень сильный ветер, включая шквалы и смерчи, очень сильный дождь, очень сильный снег, туманы, гололед, чрезвычайная пожарная опасность в засушливый период, в отдельные годы охватывают значительную часть территории нашей страны. В связи с изменением климата прогнозируется, что количество таких явлений не вырастет, но их интенсивность увеличится.

Для эффективной адаптации уже существующих городов к климатическим изменениям и минимизации их влияния на окружающую среду верным вектором будет внесение новых подходов в некоторые аспекты функционирования городов. Безусловно, способствовать этому будет экологоориентированное развитие городов: усовершенствованные методы территориального планирования, градостроительства и дизайна городской среды.

Современное развитие городов должно базироваться не только на инновационных принципах и разработках, но и на оптимизации предыдущего опыта. Адаптация сложившейся пространственной структуры к особенностям среды позволит обеспечить дальнейшее развитие городов с минимальными потерями для экологии. Было неоднократно доказано, что городская форма и пространственная структура напрямую влияют на энергоэффективность и экологичность поселения и тесно связаны с объемом выбросов парниковых газов в атмосферу. С помощью различных классификаций городских поселений можно значительно упростить выбор методов влияния на поселение. Мы можем видеть, как в зависимости от градостроительных особенностей изменяется распределение по территории концентрации людей, и, как следствие, по-разному происходит ресурсопотребление, а значит и методы работы с каждым городом будут индивидуальны.

Идеология устойчивого развития повсеместно диктует в эпоху Антропоцена существенное повышение значимости экологических факторов при формировании и развитии городского развития. Международные рекомендации, продвигающие экологический императив градостроительной деятельности, предусматривают обязательный учет принципов экологического развития, сохранение и обогащение природных ресурсов [2] во всех регионах мира. Тем не менее, особенности структурно-функциональной и архитектурно-пространственной организации территорий белорусских городов, их климато-географических и социально-экономических условий, а также сложившихся отечественных механизмов территориального планирования требуют анализа складывающихся местных тенденций и выработки релевантных градостроительных решений. Например, как уже отмечалось: «В Беларуси имеется достаточно развитая теоретическая база, проектный и практический опыт эколого-ориентированного развития населенных мест и территорий. ... современные эколого-ориентированные концепции градостроительного развития ... выборочно применяются при разработке генеральных планов городов и другой градостроительной документации... Однако, идеи «зеленого» градостроительства внедряются медленно и инертно, мало реализованных объектов, в которых использованы современные технологии и методы экологического развития» [2, с. 116].

В рамках выполняемой в 2021–2025 годах архитектурно-инновационным бюро филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт» НИР «Разработка комплексных экологических и энергоэффективных градостроительных методов формирования устойчивых городов Республики Беларусь» поставлена цель – сформулировать градостроительные решения для снижения выбросов парниковых газов и адаптации к изменению климата. Гипотеза научного исследования заключается в том, что в градостроительные проекты целесообразно включать специфические мероприятия, направленные на сокращение выбросов парниковых газов, климатическую митигацию и адаптацию – перечень градостроительных мероприятий зависит от характеристик планировочной структуры. В то же время, схожие характеристики ряда белорусских городов позволяют назвать региональные особенности градостроительных методов повышения экологичности и ресурсоэффективности городской среды и использовать подобные градостроительные решения для поселений одного типа [3].

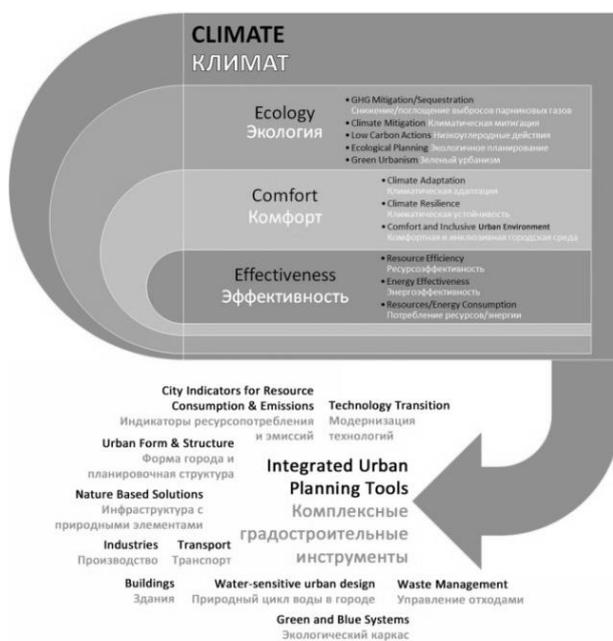
Рассмотрим специфику белорусских городов на фоне известных общемировых трендов экологоориентированного градостроительства (рис. 1), которая была выявлена с прицелом на оценку экологичности, ресурсоэффективности и климатостойчивости городских поселений различных типов [4] и с использованием материалов обзора общей экологической ситуации в городах Беларуси [5]:

**Индикаторы ресурсопотребления и эмиссий** – мониторинг эмиссии парниковых газов на уровне города (большие, крупные и крупнейший города) и района (малые и средние города-

центры районов) в рамках Соглашения мэров по климату (более 50 городов Беларуси); внедрение стратегической экологической оценки государственных, отраслевых и региональных программ, а также схем, прогнозов, программ и стратегий территориального развития наряду с государственной экологической экспертизой градостроительных проектов общего, специального и детального планирования, архитектурных проектов застройки городских территорий; пилотное использование системы индикаторов для оценки результативности градостроительной деятельности (Концепция умного, интегрированного города «Брест СимбиоСити-2050»).

**Форма города и планировочная структура** – оптимизация пространственной организации городских населенных пунктов (формирование пространственно сбалансированных экологических каркасов, ограничение территориального роста Минска, крупных и больших городов, повышение интенсивности использования городских территорий, формирование компактных районов).

Большинство белорусских городов не отличается компактностью: расчленены естественными и антропогенными преградами, границы городских территорий имеют изрезанные контуры, города постепенно расширяются за счет освоения свободных сельских территорий, отводимых под новое жилищное строительство, как многоэтажное, так и усадебное. При этом экстенсивное приращение территорий в разы опережает прогнозируемый прирост населения. В срединной зоне больших и более крупных городов большую часть территорий занимает «рыхлая» промышленная и коммунальная застройка. Площадь городских территорий со вторичной застройкой незначительная, хотя количество высвобождаемых зданий (в том числе производственного назначения) постоянно растет. Повсеместно происходит равномерный отток населения в сторону более урбанизированной среды, поэтому очевидна необходимость учета данной тенденции и освоения «управляемого сжатия» территорий, особенно в малых и средних городах.



**Рисунок 1 – Общемировые тренды проектирования экологических и ресурсоэффективных городов в условиях климатических изменений (составление и перевод с англ. Сысоевой В. А.) [3]**

Малые и средние города Беларуси имеют укрупненное функциональное зонирование – сформированы большими по площади территориями одного вида использования, которое в центральном районе города иногда сочетается с мелкогабаритной сетью кварталов смешанного использования (исторический центр). В структуре жилых территорий преобладают массивы усадебной застройки, многоквартирная застройка формирует микрорайоны разного размера с набором (не всегда полным) объектов, оказывающих услуги социально гарантированного обслуживания. Производственные территории размещены на главных улицах (чаще на въездах в город), иногда объединены в промышленную зону.

Более крупные города имеют в своей структуре центрально-интегрированную зону, для которой более вероятно присутствие районов и кварталов смешанного использования, однако в целом их функционально-планировочная структура пространственно разобщена, что не соответствует экологическим требованиям устойчивого развития населенных пунктов. В них практически отсутствуют территории многофункционального использования. Дисперсное расположение монофункциональных зон провоцирует ежедневные транспортные передвижения горожан.

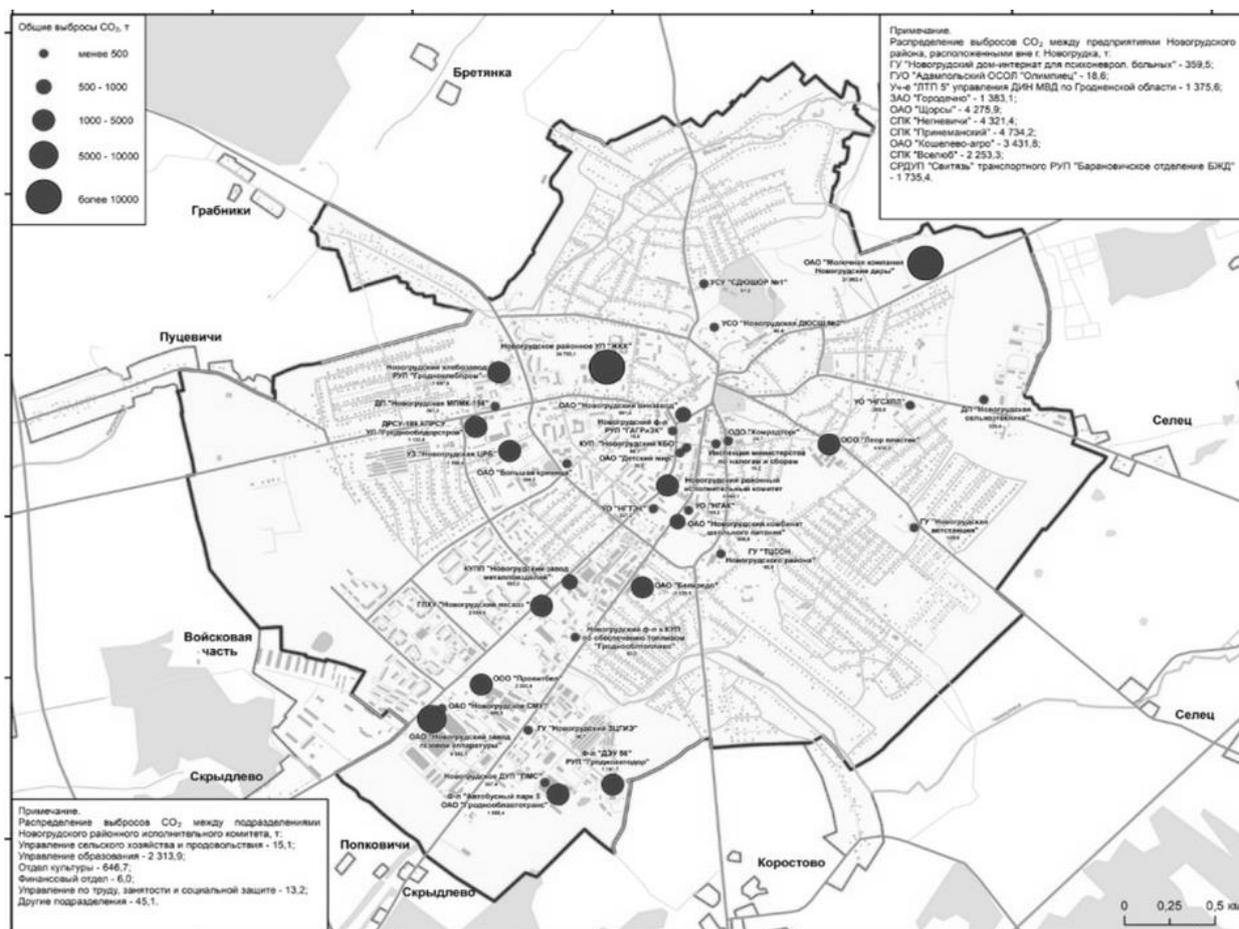
Практически во всех малых, средних и больших белорусских городах преобладает моноцентричная планировочная структура, обусловленная спецификой исторического формирования градостроительного каркаса, что является предпосылкой для организации полицентричных сетевых систем центров.

Наиболее ярко из основной массы белорусских городов по показателям плотности населения выделяются Барановичи, Бобруйск, Брест, Витебск, Гродно, Могилев, Минск, Новополоцк и Пинск, которые имеют плотность расселения от 1 989,17 до 5 700 чел / кв. км, что позволяет отнести их к категории высокоплотных. Большинство городских поселений Республики Беларусь имеют достаточно низкие плотности населения (среднее значение по малым и средним городам составляет 2100 чел / кв. км, а в 55 поселениях она ниже 1000 чел / кв. км) – по критериям европейской статистики расселение менее 5000 чел / кв. км относится к сельскому типу, что не позволяет общественному транспорту и объектам шаговой доступности быть достаточно нагруженными (для базового автобусного сообщения требуются значения плотности населения от 35–40 чел / га, скоростное автобусное сообщение эффективно при плотности свыше 50 чел / га).

**Производство** – перевод промышленности на экологически чистые производственные технологии, не загрязняющие городскую среду; развитие циркулярной экономики. Большинство малых городов страны характеризуются технологической отсталостью и значительным износом градообразующих предприятий, для многих актуальна проблема исчезновения присущего для их местности исконного производства, основанного на использовании местных ресурсов, что служит предпосылкой развития новых инновационных производств. Средние города имеют низкую плотность промышленного землепользования, высокую степень физического износа и низкую технологическую модернизацию градообразующих предприятий. В совокупности со следующим пунктом это является поводом для комплексной реконструкции производственных территорий с расширением допустимых функций и повышением их интенсивности использования.

**Цифровая трансформация** – расширенное использование и совершенствование телекоммуникационных систем и компьютерных технологий для управления инженерно-технической и транспортной инфраструктурой городов, предоставление горожанам удаленного доступа к городским услугам, распространение опыта применения компьютерных систем управления на большие и средние города. Например, государственная программа "Цифровое развитие Беларуси" на 2021–2025 годы нацелена на исключение межрегиональной дифференциации по уровню и качеству жизни населения путем внедрения технологий «умных городов», ориентирована на цифровое развитие потенциальных центров экономического роста – 11 городов (районов) страны (Орша, Барановичи, Пинск, Новополоцк, Полоцк, Мозырь, Лида, Борисов, Солигорск, Молодечно, Бобруйск).

**Модернизация технологий** – использование альтернативных и возобновляемых источников энергии, децентрализация энергоснабжения; сокращение ресурсопотребления (воды, природного газа, других ресурсов), повышение эффективности потребления ресурсов городской застройкой (создание и расширение зон энергоэффективной эксплуатации зданий в реконструируемых жилых районах, улучшение теплотехнических характеристик зданий, систем отопления, горячего водоснабжения, канализации, вентиляции, освещения, учет условий ориентации зданий на местности и др.). В настоящий момент более 70 % жилищного фонда белорусских городов требуют модернизации для снижения энергопотребления. Рассредоточенная по территории большинства малых и средних городов сеть городских и ведомственных котельных стабильно загрязняет окружающую среду (рис. 2), система отвода и очистки ливневых стоков в них отсутствует, санитарно-технические условия систем забора воды не соответствуют нормам. В крупных городах и в большинстве средних – ситуация лучше: очистка сточных вод осуществляется в полном объеме.



**Рисунок 2 – Распределение стационарных источников выбросов CO<sub>2</sub> по территории Новогрудка (материалы проекта ПРООН-ГЭФ-Минприроды «Зеленые города»)**

**Транспорт** – развитие экологических видов городского, дальнейшее развитие и совершенствование общественного транспорта, содействие устойчивой городской мобильности путем оптимизации планировки улично-дорожной сети, пешеходных и велосипедных связей. Например, некоторые из белорусских городов (Полоцк, Новополоцк, Пинск) взяли вектор на устойчивую мобильность, сокращение количества личного транспорта, успокоение трафика и сокращение территорий, отданных под транспортную инфраструктуру. Актуальные тенденции формирования пространственной структуры «город 15-минутной доступности» наиболее подходят малым и средним городам, где малый размер городской территории служит объективной предпосылкой для выбора зеленого способа передвижения по городу пешком, на велосипеде и на общественном транспорте. Однако и в более крупных городах есть предпосылки для формирования самодостаточных многофункциональных районов с комфортной доступностью. В последнее десятилетие возросла популярность велотранспорта и других средств индивидуальной мобильности. В Минске, Полоцке, Новополоцке, Лиде и других городах развивается велоинфраструктура, включая велосипедные дорожки и выделенные полосы, велогаражи и стоянки.

**Применение эффективных технологий управления отходами** – 85 % промышленных и бытовых отходов попадает на свалки, что является результатом, в том числе, морально устаревших подходов к организации сбора мусора. Внедрение самых современных технологий вакуумного раздельного сбора более реально осуществлять при комплексном строительстве планировочных районов, тем не менее, в сложившихся районах белорусских городов также есть место для реализации экологических подходов (подземные резервуары, сбор органических отходов, компостирование). Так, в ближайшей перспективе планируется достичь 64 % использования коммунальных отходов, а к 2035 году этот показатель планируется на

уровне 90%. Основой достижения таких показателей станут межрайонные объекты по обращению с коммунальными отходами, включая внедрение технологий компостирования, а также энергетического использования отходов (использование RDF-топлива в цементной промышленности или сжигание коммунальных отходов для получения тепловой и электрической энергии) [7].

**Природный цикл воды в городе** – использование инфраструктуры с природными элементами является передовой альтернативой для устойчивого управления ливневыми осадками, поскольку ее создание и эксплуатация обходится дешевле строительства «серой» ливневой канализации, а для ландшафтного оформления общественных зон она имеет огромный экологический потенциал за счет применения проницаемых покрытий, дождевых садов, искусственных водоемов для сбора, удержания и очистки сточных вод, а также способствует повышению эстетической привлекательности этих территорий (рис. 3).



*Рисунок 3 – Управление ливневыми осадками в районе усадебной застройки в Новогрудке: создание на придомовой территории дождевого сада для сбора воды с крыши зданий, биоретанционных каналов вдоль проезжей части (дипломный проект Цурковской А. А.)*

**Экологический каркас** – сохранение и укрепление системы природных компонентов городской среды и их эффективное использование, развитие экосистемных услуг и внедрение инфраструктурных технологий с природными элементами. Водно-парковые территории городов, представляющие совокупность озеленённых пространств и водных акваторий, обеспечивают экологическую устойчивость и комфортность городской среды. Для крупных городов Беларуси характерно создание развитых водно-парковых систем, включающих городские парки, парки жилых районов, озелененные территории общественного пользования вдоль долин рек и ручьев, с оптимальной шириной от 0,5–0,7 км в центральной до 1,5–2 км в периферийной зонах города. Такие размеры позволяют улучшать экологическое состояние среды городов с многоэтажной высокоплотной застройкой и способствуют размещению многофункциональных парков, мест отдыха. Для городов средней величины ширина водно-парковых систем обычно не превышает 200–500 м. В большинстве малых городов зеленые пространства не объединены в единую водно-зеленую систему, но имеют большой потенциал с точки зрения предоставления экосистемных услуг [8].

**Климатическая адаптация** – использование новых возможностей, появляющихся в связи со сменой климатической зоны и глобальными изменениями климата (новые типы озеленения, расширение биологического разнообразия и т. п.); оценка уязвимости конкретного города перед изменениями климата (рис. 4).

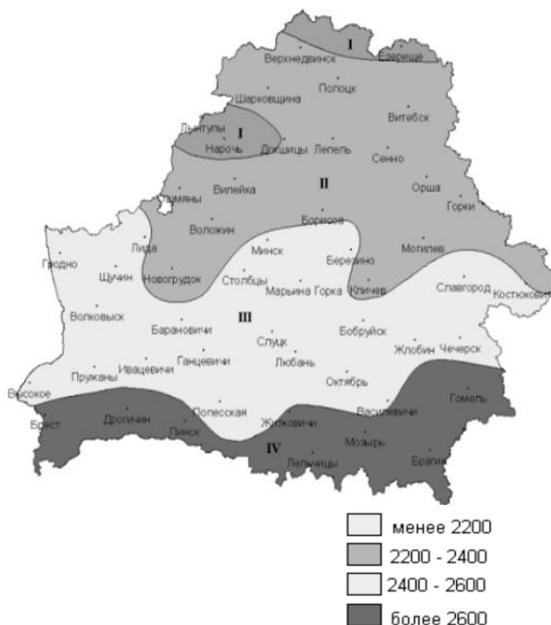
Изучение экологоориентированных тенденций городского развития позволяет конкретизировать наиболее уязвимые стороны городской планировочной структуры с точки зрения ресурсопотребления и воздействия климатических изменений и разработать градостроительные решения, применимые для городских поселений одного типа.

а)



Сумма температур воздуха выше 10°C

б)



- а) границы агроклиматических областей по А. Х. Шкляру (1973 г);  
 б) границы агроклиматических областей за период потепления 1989–2015 гг.  
 I – Северная, II – Центральная, III – Южная, IV – Новая [6]  
**Рисунок 4 – Изменение границ агроклиматических областей Беларуси**

## ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный доклад: Уязвимость и адаптация к изменению климата в Беларуси. – Форум восточных стран по климатическим изменениям. – Белорусское Общество Красного Креста, Минск, 2014. – 45 с.
2. Потаев, Г. А. Современное состояние и перспективы развития «зеленого» градостроительства в Республике Беларусь / Г. А. Потаев, В. А. Сысоева // Архитектура: сборник научных трудов. – 2018. – Вып. 11. – С. 116–123.
3. Сысоева, В. А. Научный аппарат исследования градостроительных методов в контексте формирования экологичных и энергоэффективных городов Беларуси / В. А. Сысоева // Архитектура и архитектурная среда: вопросы исторического и современного развития: материалы Международной научно-практической конференции: сборник статей. в 2 т. / отв. ред. А. Б. Храмцов. – Тюмень: ТИУ, 2021. – Том II. – С. 55–60.
4. Веренич, Е. С. Типы городских поселений с точки зрения их экологической и энергетической эффективности / Е. С. Веренич // Актуальные проблемы архитектуры и градостроительства : материалы 77-ой студенческой научно-технической конференции БНТУ, 26 апреля – 3 мая 2021 г. / редкол.: Г. А. Потаев, Е. Е. Нитиевская, П. Г. Вардеванян. – Минск : БНТУ, 2021.
5. Обзоры результативности экологической деятельности: Беларусь. Выпуск № 44 / ЕЭК ООН. – Нью-Йорк и Женева, 2016. – 490 с.
6. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата : Отчет по проекту ClimaEast / В. Мельник [и др.]. – Минск-Женева, 2017. – 84 с.
7. Применение новых технологий и совершенствование системы сбора и переработки вторичного сырья [Электронный ресурс]. – 11.11.2020 – Режим доступа: <https://minpriroda.gov.by/ru/news-ru/view>. – Дата доступа : 26.10.2022.
8. Потаев, Г. А. Философия современного градостроительства / Г. А. Потаев, – Минск : БНТУ, 2018. – 345 с.