АРХИТЕКТУРА. РЕКОНСТРУКЦИЯ. РЕСТАВРАЦИЯ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. АРХИТЕКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ. ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ГРАДОРЕГУЛИРОВАНИЕ.

УДК 504.06:711.4

DOI: 10.22227/2305-5502.2021.3.1

Экосистема жилого квартала: проблемы, перспективы развития

О.Н. Дьячкова

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
(СПбГАСУ); г. Санкт-Петербург, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. Проблема антагонистического противоречия жизнедеятельности человека и окружающей среды начала приобретать глобальные масштабы с развитием урбанизации, прорывным ростом энергетической и технологической мощи городов, способствующих увеличению потребления ресурсов природы и воздействия на биосферу. Ученые во всем мире, в том числе в России, ведут поиск экологически безопасных технологий для градостроительной деятельности и жилищно-коммунального хозяйства. Однако задача анализа и прогноза состояния экосистем жилых кварталов, их влияния на человека и окружающую среду для многих населенных пунктов остается открытой и требующей решения.

Материалы и методы. Анализируются правовая и нормативная документация проектирования и строительства, градостроительные решения жилых кварталов, архитектурно-строительные решения многоквартирных домов, статистические и аналитические отчеты по жилищному строительству в России, представленные в сети интернет.

Результаты. К обсуждению предлагаются два понятия термина «экосистема», результаты анализа показателей жилищного строительства в России и индексов качества городской среды населенных пунктов, факторная модель оценки экосистемы жилого квартала. С позиции системного анализа известные подходы обобщаются на основе модели жизненного цикла жилого квартала, включающего объекты капитального строительства, линейные объекты, благоустройство и озеленение территории, обращение с отходами, как сложной системы. Учитываются свойства взаимодействия объектов между собой и окружающей средой.

Выводы. В населенных пунктах Российской Федерации с целью обеспечения населения качественным жильем наращиваются темпы жилищного строительства и, соответственно, увеличиваются площади городских земель, занятых жилой застройкой. Главным направлением градостроительного развития страны продолжает оставаться массовое строительство многоквартирных домов. Все большего внимания требуют градостроительная деятельность, направленная на развитие селитебных территорий; эксплуатация жилых кварталов; потребление ресурсов жителями многоквартирных домов. Для решения проблем сохранения природы и здоровья населения актуально применение биосферного подхода, поддержанного нормативно-технической базой оценки проектно-строительных и эксплуатационных решений объектов строительства и градостроительной среды.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: устойчивое развитие, экологическая безопасность, охрана окружающей среды, градостроительная деятельность, городское хозяйство, городская среда, экосистема, жилой квартал

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Дьячкова О.Н. Экосистема жилого квартала: проблемы, перспективы развития // Строительство: наука и образование. 2021. Т. 11. Вып. 3. Ст. 1. URL: <http://nso-journal.ru> DOI: 10.22227/2305-5502.2021.3.1

The ecosystem of a residential district: problems, development prospects

Olga N. D'yachkova

*Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
(SPbGASU); Saint Petersburg, Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. The problem of antagonistic contradiction between human life and the environment has been turning global along with the development of urbanization, breakthrough growth of the energy and technological potency of cities, leading to an increase in the consumption of natural resources and an impact on the biosphere. All over the world and in Russia, scientists are searching for environmentally friendly technologies for urban planning, housing and utilities sectors. However, the problem of analyzing and forecasting the state of ecosystems in residential areas and their influence on man and the environment remains unresolved and needs to be solved in many settlements.

Materials and methods. The article analyzes the legal and regulatory documentation on design and construction, urban planning solutions for residential areas, architectural and structural solutions for apartment buildings, statistical and analytical reports on housing construction in Russia, presented on the Internet.

Results. The proposed subjects for discussion include two concepts of the term “ecosystem”, results of the analysis of indicators of housing construction in Russia, indices of the quality of the urban environment in settlements, and a factor model used to assess the ecosystem of a residential area. A lifecycle model of a residential area, that represents a complex system, composed of capital construction facilities, linear facilities, landscaping and gardening, and waste management, is used as the basis for the generalization of well-known approaches, developed from the standpoint of the system analysis. Properties of interaction between facilities, on the one hand, facilities and the environment, on the other hand, are taken into account.

Conclusions. Now residential housing is constructed faster, and urban areas, occupied by residential buildings, grow accordingly in the settlements of the Russian Federation willing to provide their population with high-quality housing. Mass construction of apartment buildings continues to be the main focus of the country's urban development. Urban planning activities, aimed at the development and maintenance of residential areas, need all the more attention. It is important to use the biosphere approach, supported by the regulatory and technical framework of construction and operation of facilities and the urban planning environment, to solve the problem of nature conservation and human health maintenance.

KEYWORDS: sustainable development, environmental safety, environmental protection, urban planning activities, urban economy, urban environment, ecosystem, residential area

FOR CITATION: D'yachkova O.N. The ecosystem of a residential district: problems, development prospects. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2021; 11(3):1. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2021.3.1 (rus.).

ВВЕДЕНИЕ

Рост городов, их энергетической и технологической мощи ведет к увеличению потребления ресурсов природы, прямого и косвенного воздействия на биосферу. Проблемы антагонистического противоречия жизнедеятельности человека и окружающей среды приобретают глобальные масштабы. В работе В.И. Осипова рассматриваются три глобальные проблемы, под влиянием которых идет деградация биосферы, и подчеркивается необходимость «исследований реальной ситуации в биосфере, выявления ее законов, оценки экологической емкости, нахождения экстремальных (пороговых) величин техногенеза» [1]. Ю.А. Сумеркин, проводя «обзор научно-исследовательских изысканий по вопросам экологической безопасности городской среды крупнейших населенных пунктов России», приходит к выводу, что «живая природа из-за плотных антропогенных нагрузок испытывает постоянный стресс, вызывающий ее деградацию и гибель» [2]. Более подробно вопросы контроля загрязнений элементов окружающей природной среды на урбанизированных территориях раскрываются в публикациях [3, 4]. Однако, как отмечает И.П. Прядко, «в настоящее время теоретики архитектуры стремятся уйти от противопоставления концепта «экологического» концепту «технократического». Проекты городов будущего, с одной стороны, удовлетворяют требованиям биосферной совместимости, а с другой — требованиям века высоких технологий» [5]. Bryan G. Norton [6] и José Edgardo Abaya Gomez Jr. [7] рассматривают масштабные экологические проблемы через проблемы населения и потребления, авторы работ [8, 9] — через проблемы управления мегаполисов и городских агломераций.

Современным проблемам жизнедеятельности на урбанизированных территориях и некоторым фундаментальным направлениям их решения посвящены труды российских ученых.

Благодаря научным работам В.А. Ильичева, С.Г. Емельянова, В.И. Колчунова, Н.В. Бакаевой

сформирована парадигма биосферной совместимости^{1, 2} [10–12]: «биосферная совместимость города — это состояние симбиоза города и окружающей биосферы, при котором город и его жители позитивно развиваются, так же, как и биосфера, сохраняют способность естественно развиваться в данном регионе» [10].

Принципиально новую стратегию, основанную на коэволюции законов развития природы и общества, предложил В.И. Осипов: «адаптация — эффективный коэволюционный механизм управления природопользованием, позволяющий сохранять природу и одновременно использовать ее для создания комфортных условий проживания людей» [13].

В.И. Теличенко и М.Ю. Слесарев, разработав концепцию природоподобных технологий среды жизнедеятельности и биопозитивных инновационных продуктов, являются основателями российской системы «зеленых» стандартов для «зеленого» строительства и «зеленой» среды жизнедеятельности^{3, 4} [14–17]. В статье [14] авторы отмечают «необходимость в короткий срок совершить прорыв в новой области «зеленых» технологий среды жизнедеятельности и «зеленой» инновационной продукции для превращения городов и поселений

¹ Ильичев В.А., Емельянов С.Г., Колчунов В.И., Гордон В.А., Бакаева Н.В. Принципы преобразования города в биосферосовместимый и развивающий человека: научная монография для высшего профессионального образования. М. : Изд-во АСВ, 2015. 184 с.

² Ильичев В.А., Емельянов С.Г., Колчунов В.И., Бакаева Н.В. Инновационные технологии в строительстве городов. Биосферная совместимость и человеческий потенциал: учебное пособие. М. : Изд-во АСВ, 2019. 208 с.

³ Технический комитет по стандартизации «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности и «зеленая» инновационная продукция (ТК 366). URL: <https://mgsu.ru/science/technical-committee-366/>

⁴ Слесарев М.Ю., Теличенко В.И. Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства : учебно-методическое пособие. М. : Изд-во МИСИ-МГСУ, 2020. 103 с.

в привлекательные и конкурентоспособные по качеству жизни людей территории».

Значительное количество научных публикаций посвящено вопросам экологической безопасности селитебных территорий [18–22]. В них ведется поиск экологически безопасных технологий для градостроительной деятельности [23–27] и жилищно-коммунального хозяйства [28–34], а также путей стимулирования их внедрения [35]. Эти подходы с позиции системного анализа могут быть обобщены на основе модели жизненного цикла объекта капитального строительства (ОКС), линейного объекта как сложных систем, включающих добычу полезных ископаемых, производство строительных материалов, изделий, конструкций; этапов проектирования, возведения, эксплуатации, сноса зданий (сооружений) [36–40]; утилизации отходов строительной отрасли, учитывая свойства взаимодействия объектов между собой и окружающей средой.

Задача анализа и прогноза состояния экосистем жилых кварталов для многих населенных пунктов остается открытой и требующей решения. Исследование представляется более полным, если учитывать трансформацию понятия «экосистема».

Первичным является понятие природной экологической системы. «Экосистема — объективно существующая часть природной среды, которая имеет пространственно-территориальные границы и в которой живые (растения, животные и другие организмы) и неживые ее компоненты взаимодействуют как единое функциональное целое и связаны между собой обменом веществ, информацией и энергией»⁵.

С развитием цифровизации и информационных технологий появилось новое употребление термина «экосистема» — взаимосвязь всех сервисов какой-либо компании или проекта. Структура экосистемы включает совокупность платформ, предоставляющих различную продукцию и услуги; онлайн- и офлайн-сервисов; специализированных систем, выстроенных вокруг одной или нескольких базовых потребностей; сервисов для физических и юридических лиц⁶.

«Умный город — инновационный город, который внедряет комплекс технических решений и организационных мероприятий, направленных на достижение максимально возможного в настоящее время качества управления ресурсами и предоставления услуг, в целях создания устойчивых благоприятных условий проживания и пребывания, деловой активности нынешнего и будущих поколений»⁷.

⁵ ГОСТ Р 57007-2016. Наилучшие доступные технологии. Биологическое разнообразие. Термины и определения.

⁶ Neftegaz.RU. URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/mednedshtment/147972-ekosistema/>

⁷ ПНСТ 439-2020 (ИСО/МЭК 30182:2017). Информационные технологии. Умный город. Совместимость данных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С использованием статистических и аналитических отчетов, представленных в сети интернет, проведен анализ объемов жилищного строительства в России и обеспеченности населения жильем, в том числе в многоквартирных домах. На основе индекса качества городской среды приведен сравнительный обзор крупнейших российских городов, а также городов с максимальным и минимальным индексом по группам в зависимости от численности населения. На материалах, представленных в научной литературе, сформированы группы факторов оценки жилых кварталов. Осуществлен анализ архитектурно-строительных и инженерных решений многоквартирных домов и благоустройства придомовых территорий.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 1998 г. в Москве земли жилой застройки занимали 27,6 % земель в границах города, в Санкт-Петербурге — 7 %; до 2011 г. в обоих городах ситуация сохраняется; с 2012 г. в Москве, учитывая площадь присоединенной территории, показатель изменяется и к 2020 г. составляет 8,3 %, в Санкт-Петербурге — 9,8 % (табл. 1).

В состав Российской Федерации входят 85 субъектов, объединенных в 8 федеральных округов, которые различны по географическому положению, природно-климатическим условиям, размерам территории, численности населения и уровню социально-экономического развития, что влияет на объем жилищного строительства, спрос и уровень цен.

Главным направлением градостроительного развития страны продолжает оставаться массовое строительство многоквартирных домов [41]. «Многоквартирным домом (МКД) признается совокупность двух и более квартир, имеющих самостоятельные выходы либо на земельный участок, прилегающий к жилому дому, либо в помещения общего пользования в таком доме. МКД содержит в себе элементы общего имущества собственников помещений в таком доме в соответствии с жилищным законодательством»⁸.

В России 61,7 млн семей, из них 64 % проживают в МКД⁹. Информация за два года о количестве построенных МКД и квартир в них в зависимости

⁸ Об утверждении Положения о признании помещения жилым помещением, жилого помещения непригодным для проживания, многоквартирного дома аварийным и подлежащим сносу или реконструкции, садового дома жилым домом и жилого дома садовым домом : Постановление Правительства РФ от 28.01.2006 № 47.

⁹ Обзор многоквартирного жилищного строительства в Российской Федерации : май 2021 г. URL: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/upload/iblock/558/558f1a545b370dc56a35b75df45aea5a.pdf>

Табл. 1. Динамика изменения площади земли жилой застройки в границах территории населенного пункта с 1998 по 2020 гг.¹⁰

Год	Распределение земель в границах городов по виду использования			
	Москва		Санкт-Петербург	
	Земли в границах населенного пункта, тыс. га	Земли жилой застройки, тыс. га	Земли в границах населенного пункта, тыс. га	Земли жилой застройки, тыс. га
1998	105,827	29,197	135,703	9,409
1999	106,0452	29,2572	135,9828	9,4284
2000	106,2634	29,3174	136,2626	9,4478
2001	106,3725	29,3475	136,4025	9,4575
2002	106,5907	29,4077	136,6823	9,4769
2003	106,6998	29,4378	136,8222	9,4866
2004	106,8089	29,4679	136,9621	9,4963
2005	106,918	29,498	137,102	9,506
2006	107,1362	29,5582	137,3818	9,5254
2007	107,3544	29,6184	137,6616	9,5448
2008	107,4635	29,6485	137,8015	9,5545
2009	109,1	30,1	139,9	9,7
2010	109,1	30,1	140,3	10,1
2011	109,1	30,1	140,3	10,1
2012	256,1	42,9	140,3	10,4
2013	256,1	42,9	140,3	11,9
2014	256,1	25,2	140,3	11,9
2015	256,1	25,2	140,3	13,1
2016	256,1	35,4	140,3	13,4
2017	256,1	20,8	140,3	13,4
2018	256,1	21,1	140,3	13,5
2019	256,1	20,9	140,3	13,7
2020	256,1	21,2	140,3	13,8

от численности населения города представлена на рис. 1.

В среднем на каждого жителя России в 2020 г. построено 0,56 м² жилья. В расчете на душу населения наиболее интенсивно жилье вводилось в Ленинградской области (1,41 м²/чел.), Севастополе (1,34 м²/чел.), Московской (1,17 м²/чел.), Калининградской (1,15 м²/чел.) и Липецкой (1,09 м²/чел.) областях¹¹.

Средняя стоимость строительства 1 м² общей площади по данным Единой информационной системы жилищного строительства по состоянию на 15.05.2021 максимальная в Москве — 84,7 тыс. руб., в Мурманской области составляет 73,9 тыс. руб., в Санкт-

Петербурге — 59,1 тыс. руб., минимальная в Кабардино-Балкарской Республике — 15,2 тыс. руб.¹²

По итогам мая 2021 г. площадь многоквартирного строительства превышает 1 млн м² в 21 регионе, в том числе Москве, Санкт-Петербурге, Краснодарском крае, Республике Башкортостан; Московской, Свердловской, Ленинградской, Новосибирской, Ростовской, Тюменской, Воронежской, Самарской, Рязанской, Калининградской, Нижегородской областях; Красноярском крае, Республике Татарстан, Пермском крае, Ставропольском крае, Удмуртской Республике, Приморском крае, которые в сумме занимают 79 % рынка многоквартирного жилищного строительства Российской Федерации (75,6 млн м²)⁹. На ТОП-3 региона приходится 37 % рынка многоквартирного жилищного строительства — 17,2 % в Москве, 10,4 % в Санкт-Петербурге и 9,8 % в Московской области⁹.

¹⁰ ЕМИСС. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/38124>

¹¹ Обзор рынков жилья, жилищного строительства и ипотеки в 2020 году. URL: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/upload/iblock/e84/e847279b9139afd0ae3f407cd6fb7bf5.pdf>

¹² Сайт ДОМ РФ. URL: <https://xn--80az8a.xn--d1aqf.xn--p1ai/>

Рис. 1. Динамика строительства МКД в населенных пунктах с различной численностью населения

Общая площадь МКД, строящихся в соответствии с Федеральным законом от 30.12.2004 № 214-ФЗ, по состоянию на 15.05.2021 максимальная в Москве — 27 620 901 м², в Санкт-Петербурге составляет 16 549 470 м², в Московской области — 14 659 545 м², в Краснодарском крае 10 824 825 м², минимальная — в Ненецком АО, Карачаево-Черкесской Республике, Камчатском крае, Магаданской области, Еврейской АО, Чукотском АО¹².

Уровень социально-экономического развития, географических и природно-климатических особенностей регионов, составляющих федеральный округ, оказывает существенное влияние на потребительские предпочтения и девелоперскую активность на рынке жилищного строительства.

Распределение валового объема ввода жилья по округам в значительной степени обусловлено численностью населения. Неблагоприятные демо-

графические процессы оказывают сдерживающее влияние на спрос на рынке жилья.

Пандемия, затронув экономику страны, повлияла и на строительную отрасль. В результате введения карантинных ограничений в апреле-мае 2020 г. в 44 регионах из 85 действовали ограничения на строительные работы, а в Москве и Московской области строительство было остановлено полностью практически на месяц. Кроме того, в связи с закрытием границ на строительных площадках ощущалась нехватка рабочей силы. В итоге сроки ввода в эксплуатацию отдельных объектов были перенесены, но в целом по стране это не имело массового характера.

К 2024 г. целями национального проекта «Жилье и городская среда» являются обеспечение доступным жильем семей со средним достатком, в том числе увеличение объема жилищного строительства не менее чем до 120 млн м² в год; кардинальное

Табл. 2. Сравнительный обзор российских городов с населением свыше 1 млн чел.

Крупнейший город ¹⁵	Население, тыс. чел. ¹⁶	Площадь территории, тыс. кв. км ¹⁶	Плотность населения, чел. на 1 кв. км ¹⁶	Индекс качества городской среды за год, балл ¹⁵		
				2018	2019	2020
Волгоград	1009,0	0,86	1173,0	116	159	159
Воронеж	1058,3	0,6	1772,6	154	164	176
Екатеринбург	1526,4	1,143	1335,5	191	188	194
Казань	1257,4	0,614	2047,3	190	201	204
Красноярск	1094,5	0,4	3092,8	189	181	181
Москва	12678,1	2,6	4950,4	276	283	288
Нижний Новгород	1252,2	0,4	3069,1	190	193	201
Новосибирск	1625,6	0,5	3242,0	161	158	166
Омск	1154,5	0,6	2036,7	104	106	113
Пермь	1055,4	0,8	1319,8	153	168	179
Ростов-на-Дону	1137,9	0,349	3260,5	178	193	200
Самара	1156,7	0,5	2134,4	163	159	168
Санкт-Петербург	5398,1	1,4	3858,5	238	243	249
Уфа	1140,3	0,7	1610,8	179	182	189
Челябинск	1196,7	0,5	2389,0	160	161	170

повышение комфортности городской среды, включая увеличение индекса качества городской среды на 30 %, сокращение количества городов с неблагоприятной средой в два раза¹³.

Целевые показатели национального проекта «Жилье и городская среда» на 2021 г.¹³:

- площадь земельных участков, вовлеченных в оборот в целях жилищного строительства, — 43,6 тыс. га;
- увеличение объемов жилищного строительства — не менее чем до 94 млн м² в год;
- объем ввода в многоквартирных жилых домах — 60 млн м² в год;
- средняя стоимость 1 м² модельного жилья на первичном рынке — 81,5 тыс. руб.;
- среднее значение индекса качества городской среды по Российской Федерации — $N + 10$ %;
- доля городов с благоприятной средой от общего количества городов — 40 %.

В российских городах с населением свыше 1 млн чел. индекс качества городской среды¹⁴ имеет положительную тенденцию, однако не у всех

из них тенденция стабильна — Екатеринбург, Красноярск, Новосибирск, Самара, а также не все имеют благоприятную среду, т.е. набирают меньше половины от максимального количества баллов (360 баллов) — Волгоград, Воронеж, Новосибирск, Омск, Пермь, Самара, Челябинск (табл. 2).

В 2020 г. индекс качества городской среды сформирован для 1116 городов, из них 47 городов с населением до 5 тыс. чел., 497 городов с населением от 5 до 25 тыс. чел., 249 городов с населением от 25 до 50 тыс. чел., 150 городов с населением от 50 до 100 тыс. чел., 95 городов с населением от 100 до 250 тыс. чел., 63 города с населением от 250 тыс. до 1 млн чел., 15 городов с населением от 1 млн чел.¹⁵

Значение индекса в 2020 г. в зависимости от группы¹⁵:

- в городах с населением до 5 тыс. чел. среднее значение индекса составляет 167 баллов, 13 % городов имеют благоприятную среду, максимальное значение в городах: Иннополис (216) — Республика Татарстан, Правдинск (203) — Калининградская область, Плес (201) — Ивановская область и Нестеров (201) — Калининградская область; ми-

¹³ Паспорт национального проекта «Жилье и городская среда»: утв. президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. № 16).

¹⁴ Об утверждении методики формирования индекса качества городской среды: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23.03.2019 № 510-р.

¹⁵ Индекс качества городской среды. URL: <https://xn----dtbcccddtsypabxk.xn--p1ai/#/>

¹⁶ Регионы России. Основные социально-экономические показатели городов. 2020. Стат. сб. М.: Росстат, 2020. 456 с. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/RZLCLxM7/Region-Goroda-2020.pdf>

нимальное в городах: Среднеколымск (118) и Верхоянск (116) — Республика Саха (Якутия);

- в городах с населением от 5 до 25 тыс. чел. — 171 балл, 21 % городов имеют благоприятную среду, максимальное значение в городах: Талдом (230) и Пересвет (229) — Московская область, Полярный (228) — Мурманская область; минимальное в городах: Вилуйск (108) — Республика Саха (Якутия) и Алзаймай (98) — Иркутская область;

- в городах с населением от 25 до 50 тыс. чел. — 177 баллов, 35 % городов имеют благоприятную среду, максимальное значение в городах: Кудрово (259) — Ленинградская область и Истра (235) — Московская область; минимальное в городе Тулун (112) — Иркутская область;

- в городах с населением от 50 до 100 тыс. чел. — 182 балла, 49 % городов имеют благоприятную среду, максимальное значение в г. Видное (235) — Московская область; минимальное в г. Киселевск (134) — Кемеровская область;

- в городах с населением от 100 до 250 тыс. чел. — 188 баллов, 53 % городов имеют благоприятную среду, максимальное значение в г. Реутов (263) Московской области; минимальное в г. Новошахтинск (131) Ростовской области;

- в городах с населением от 250 тыс. до 1 млн чел. — 193 баллов, 76 % городов имеют благоприятную среду, максимальное значение в городах: Тюмень (225) — Тюменская область, Сочи (225) — Краснодарский край и Грозный (225) — Чеченская Республика; минимальное в городах: Симферополь (164) — Республика Крым и Архангельск (157) — Архангельская область;

- в городах с населением от 1 млн чел. — 189 баллов, 53 % из них имеют благоприятную среду, максимальное значение в г. Москва (288), минимальное в г. Омск (113) Омской области.

Новое жилищное строительство предполагает освоение свободных территорий населенного пункта и его ближайших окрестностей, реновацию существующих кварталов, уплотнительную застройку. Симбиоз градостроительной деятельности и городского хозяйства является основой устойчивого развития, как территории населенного пункта, так и элементов его планировочной структуры (жилой квартал, микрорайон, район).

К факторам оценки жилых кварталов относятся:

- возведение, благоустройство и обеспечение ОКС;

- строительство, благоустройство и содержание линейных объектов, их инфраструктуры;

- устройство «зеленого» каркаса и его элементов;

- создание и функционирование комплексной системы обращения с твердыми коммунальными отходами, а также крупногабаритными и опасными.

К санитарно-гигиеническим факторам жилых кварталов, формирующим негативные тенденции в состоянии здоровья населения, относятся [42]:

- химическая нагрузка, включая химическое загрязнение питьевой воды, атмосферного воздуха и почвы;¹⁶

- биологическая нагрузка, включая биологическое загрязнение питьевой воды и почвы;

- нагрузка, связанная с физическими факторами, в том числе шум, вибрация, ультразвук, инфразвук, тепловые, ионизирующие, неионизирующие и иные излучения.

В факторной модели оценка экосистемы жилого квартала может быть выражена индексом, который определяется по формуле $A_{ERD} = (x_1 d_1 + x_2 d_2 + x_3 d_3 + x_4 d_4)z$, где A_{ERD} — индекс качества экосистемы жилого квартала; x_1, x_2, x_3, x_4 — факторы, характеризующие экосистему жилого квартала; d_1, d_2, d_3, d_4 — коэффициенты весомости факторов, определяемые экспертным путем. В идеальном варианте $A_{ERD} = 100$, при $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 100$, $d_1 + d_2 + d_3 + d_4 = 1$ и коэффициенте достоверности $z = 1$. В свою очередь, факторы x_1, x_2, x_3, x_4 выявляются через субфакторы, которые рассчитываются из условия $x_n = x_{n1} d_{n1} + x_{n2} d_{n2} + \dots + x_{nm} d_{nm}$, где x_{nm} — субфактор n -го фактора; d_{nm} — коэффициент весомости i -го субфактора.

В субъектах Российской Федерации построено 652 энергоэффективных МКД (рис. 2)¹⁷, основное преимущество которых — сохранение энергии за счет конструктивных особенностей. Помимо ограждающих конструкций, энергосбережение обеспечивают инженерные сети, системы и оборудование, в том числе приборы учета воды, энергии и газа, датчики движения или присутствия, индивидуальные тепловые пункты, энергосберегающие лампы и пр. У жителей появляется возможность регулировать микроклимат, автоматически поддерживать оптимальную температуру, влажность и чистоту воздуха.

Достаточно новым, повсеместно внедряемым в российских городах градостроительным решением является возведение отдельных стоящих жилых комплексов, которые состоят из нескольких многоэтажных МКД, объединенных стилобатом (рис. 3). Как правило, в подземном, полуподземном пространстве комплекса, а также его первом, втором надземных этажах, кроме входных групп, технических помещений, размещаются встроенные и встроенно-пристроенные одно- или многоуровневые автостоянки, коммерческие площади. Для подобных жилых комплексов характерна охраняемая территория, расположенная полностью или частично на экс-

¹⁷ ГК Фонд содействия реформированию ЖКХ. URL: <https://fondgkh.ru/napravleniya-deyatelnosti/energoeffektivnost-v-zhkhkh/energoeffektivnye-doma/>

Рис. 2. География строительства энергоэффективных МКД¹⁶

плуатируемой кровле стилобата. В вариантах конструктивно-технологических решений МКД преобладают каркасно-стеновой несущий остов из монолитного железобетона, наружные стены из мелкоштучных материалов с плитным утеплителем и навесным фасадом, остекление лоджий и балконов. Заполнение световых проемов двухкамерными металлопластиковыми стеклопакетами. Класс энергоэффективности здания — высокий (В) — по приказу Минрегионразвития от 08.04.2011 № 161 (недействующий); повышенный (С) — по приказу Минстроя от 06.06.2016 № 399 (действующий)¹⁸.

Крайне редко количество машино-мест в паркинге жилого комплекса ведется из расчета два места на квартиру, реже одно место, обычно 50 % квартир и менее обеспечивается проектом. Поэтому для современных жилых кварталов характерна проблема загруженности автотранспортом, временно оставленным жителями на гостевых автостоянках, внутриквартальных проездах и прилегающих улицах, на придомовых территориях вблизи детских и спортивных площадок, мест отдыха, а также на газонах.

Зеленые насаждения представляют собой совокупность озелененных территорий, имеющих разную административную принадлежность. Большая часть территорий зеленых насаждений имеет фиксированные границы, что облегчает

управление ими — это территории зеленых насаждений общего пользования, ограниченного пользования, выполняющие специальные функции, защитных лесов, особо охраняемых природных территорий. Как правило, наибольшее внимание в садово-парковом хозяйстве населенного пункта уделяется зеленым насаждениям общего пользования. Придомовые территории и другие озелененные участки на муниципальных территориях жилых кварталов часто не имеют законодательно определенных границ и озеленяются жителями стихийно. При новом строительстве в проектной декларации об элементах благоустройства указывается следующая информация: «по окончании строительства жилого комплекса и прокладки инженерных коммуникаций к нему, прилегающая территория подлежит благоустройству. Благоустройство территории включает в себя устройство проездов и стоянок для временного хранения автотранспорта с асфальтобетонным покрытием, устройство тротуаров с покрытием бетонной плиткой, устройство детских игровых площадок. Озеленение территории предусматривается устройством газонов, посадкой кустарника и деревьев». Таким образом, при вводе объекта в эксплуатацию автоматически складывается проблема достаточности количества деревьев со здоровой развитой кроной, в частности, на придомовых территориях МКД и в целом в новых жилых кварталах, а также не учитывается вклад наличия или отсутствия новых посадок в «зеленый» каркас города [43].

Обращение с коммунальными отходами должно отвечать критерию безопасного равнове-

¹⁸ Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов : приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 06.06.2016 № 399/пр.

Рис. 3. Жилой комплекс в Санкт-Петербурге¹⁹

сия в природно-технологическом балансе на заданном временном интервале на всех участках системы в цепи «природа — хозяйственная деятельность — природа». Система раздельного сбора отходов жителями МКД — составная часть системы обращения с отходами производства и потребления населенного пункта в глобальной системе хозяйственной деятельности. Однако при новом строительстве, как правило, закладывается традиционная система сбора отходов [44].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

¹⁹ Сайт ЗАО «Балтийская жемчужина». URL: <https://bpearl.net/>

На примере городов Москва и Санкт-Петербург продемонстрирован рост урбанизации территорий. В Москве в 2020 г. земли в границах населенного пункта составляют 256,1 тыс. га, земли жилой застройки занимают 21,2 тыс. га; в Санкт-Петербурге — 140,3 тыс. га и 13,8 тыс. га, соответственно; общая площадь МКД, строящихся в соответствии с Федеральным законом от 30.12.2004 № 214-ФЗ, по состоянию на 15.05.2021 в Москве составляет 27 620 901 м², в Санкт-Петербурге — 16 549 470 м²; средняя стоимость строительства 1 м² общей площади по данным Единой информационной системы жилищного строительства по состоянию на 15.05.2021 в Москве — 84,7 тыс. руб., в Санкт-Петербурге — 59,1 тыс. руб.; индекс каче-

ства городской среды в 2020 г. в Москве — 288 баллов, в Санкт-Петербурге — 249 баллов.

Проведенный анализ показал, что за рассматриваемый период максимальное количество многоквартирных домов построено в населенных пунктах с численностью населения от 250 тыс. до 1 млн человек. Однако, несмотря на меньшее количество домов, по количеству сданных квартир лидируют города с населением от 1 млн человек. Более половины городов из этих групп имеют благоприятную среду.

Являясь составной частью экологической системы урбанизированной территории, экосистема того или иного жилого квартала может оказывать существенное влияние на качество городской среды. Учитывая стабильную тенденцию увеличения земель в границах населенных пунктов, в том числе занятых жилой застройкой, воздействия градостроительной деятельности требуют постоянного мониторинга и оценки.

К проблемам жилых кварталов, с одной стороны, относится их необходимость и достаточность

в том или ином населенном пункте и, соответственно, строительство новых и реновация существующих селитебных зон, наращивание площадей МКД для обеспечения потребности в комфортном жилье, с другой — сохранение и защита природных ресурсов, создание благоприятной городской среды.

Существующие и новые жилые кварталы не всегда удовлетворяют комфортности проживания населения и экологической безопасности, например, по количеству машино-мест в паркингах, количеству и качеству зеленых насаждений, функционированию системы обращения с коммунальными отходами.

Перспективна в развитии жилищного строительства компактная планировка кварталов, применение энергосберегающих архитектурных и инженерных решений, комплексное озеленение придомовых территорий, организация раздельного сбора коммунальных отходов.

Требуется сформированная нормативно-техническая база, цель которой — мониторинг экоустойчивости градостроительных решений селитебных зон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Осипов В.И. Биосферный подход к оценке экологической безопасности // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2017. № 4. С. 3–12.
2. Сумеркин Ю.А. Обзор научно-исследовательских изысканий в вопросах экологической безопасности городской среды населенных пунктов России // Строительство: наука и образование. 2017. Т. 7. № 1 (22). С. 3. DOI: 10.22227/2305-5502.2017.1.3
3. Дьячкова О.Н. Влияние загрязнения почвы на экологическую безопасность городской среды Санкт-Петербурга // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2020. № 1. С. 67–71. DOI: 10.31857/S0869780920010044
4. Дьячкова О.Н. Система контролирующих параметров рационального использования водных ресурсов // Яковлевские чтения : сб. докл. XVI Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. памяти академика РАН С.В. Яковлева. 2021. С. 75–83.
5. Прядко И.П. Привлечь к себе любовь пространства. Модели городов будущего — от технополиса до экограда // Строительство: наука и образование. 2014. № 4. С. 4.
6. Norton B. Population and Consumption Environmental Problems as Problems of Scale // Ethics and the Environment. 2000. Vol. 5. Issue 1. Pp. 23–45. DOI: 10.1016/S1085-6633(99)00028-5
7. José Edgardo Abaya Gomez Jr. The size of cities: A synthesis of multi-disciplinary perspectives on the global megalopolis // Progress in Planning. 2017. Vol. 116. Pp. 1–29. DOI: 10.1016/j.progress.2016.03.001
8. Samet R.H. Complexity, the science of cities and long-range futures // Futures. 2013. Vol. 47. Pp. 49–58. DOI: 10.1016/j.futures.2013.01.006
9. Vogel R.K., Savitch H.V., Xu J., Yeh A.G.O., Wu W., Sancton A. et al. Governing global city regions in China and the West // Progress in Planning. 2010. Vol. 73. Issue 1. Pp. 1–75. DOI: 10.1016/j.progress.2009.12.001
10. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Гордон В.А., Кормина А.А. Статистические зависимости показателей благоприятной среды жизнедеятельности биосферосовместимого города // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. № 5. С. 545–556. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.5.545-556
11. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Бакаева Н.В. Реконструкция урбанизированных территорий на принципах симбиоза градостроительных систем и их природного окружения // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 3. С. 4–11.
12. Ильичев В.А., Емельянов С.Г., Колчунов В.И., Бакаева Н.В., Кобелева С.А. Моделирование и анализ закономерностей динамики изменения состояния биосферосовместимых урбанизированных территорий // Жилищное строительство. 2015. № 3. С. 3–9.
13. Осипов В.И. Адаптационный принцип природопользования // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2017. № 5. С. 3–12.
14. Теличенко В.И., Слесарев М.Ю. «Зеленая» стандартизация будущего — фактор экологической безопасности среды жизнедеятельности // Промыш-

ленное и гражданское строительство. 2018. № 8. С. 90–97.

15. Слесарев М.Ю., Теличенко В.И. Обзор норм, методов и моделей геоэкологии в аспектах проблем «зеленой» стандартизации строительства // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2020. № 1. С. 42–46. DOI: 10.31857/S0869780920010184

16. Слесарев М.Ю., Теличенко В.И. Зеленые стандарты среды жизнедеятельности на примерах мировых лидирующих инновационных компаний // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы – 2019: сб. мат. Всерос. науч.-практ. конф. 2019. С. 484–493.

17. Теличенко В.И., Щербина Е.В. Социально-природно-техногенная система устойчивой среды жизнедеятельности // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 6. С. 5–12. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.06.5-12

18. Бойко В.М., Маршалкович А.С. Проблемы развития экологических сетей крупных городов на примере Москвы // Строительство: наука и образование. 2014. № 3. С. 3.

19. Егорова С.П., Кротова И.Э., Маршалкович А.С. Градостроительное регулирование территорий с учетом экологических факторов // Строительство: наука и образование. 2015. № 3. С. 1.

20. Авилова И.П., Крутилова М.О., Наumenko В.В. Инструменты оценки эколого-экономической эффективности проектных решений в жилищно-гражданском строительстве // Строительство: наука и образование. 2019. Т. 9. № 4. С. 8. DOI: 10.22227/2305-5502.2019.4.8

21. Голомазова Т.Н. Значение опыта жилищного строительства в СССР как средства формирования гуманитарного пространства человека для современной России // Строительство: наука и образование. 2015. № 2. С. 3.

22. Иванова З.И., Голомазова Т.Н. Необходимость социологических опросов для анализа градостроительных решений в рамках муниципальных образований // Строительство: наука и образование. 2014. № 1. С. 6.

23. Бенуж А.А., Сухинина Е.А., Имз Г.А. Этапы развития экологического архитектурно-строительного проектирования в России // Недвижимость: экономика, управление. 2021. № 1. С. 49–52. DOI: 10.22337/2073-8412-2021-1-49-52

24. Оленьков В.Д., Бирюков А.Д., Колмогорова А.О. Технологии виртуальной реальности для визуализации задач моделирования параметров микроклимата застройки // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. № 5. С. 557–569. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.5.557-569

25. Абрамян С.Г., Рыбакова О.В., Матвийчук Т.А. Основные направления обеспечения энергетической эффективности зданий и сооруже-

ний // Строительство: наука и образование. 2017. Т. 7. № 2 (23). С. 38–44. DOI: 10.22227/2305-5502.2017.2.4

26. Dokukin S.A., Ginzburg A.S. The influence of anthropogenic heat fluxes on the temperature and wind regimes of the Moscow and St. Petersburg regions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 606. P. 012010. DOI: 10.1088/1755-1315/606/1/012010

27. Ле Минь Туан, Шукуров И.С., Нгуен Тхи Май. Исследование интенсивности городского острова тепла на основе городской планировки // Строительство: наука и образование. 2019. Т. 9. № 3. С. 2. DOI: 10.22227/2305-5502.2019.3.2

28. Alexandrov G.G., Ginzburg A.S. Anthropogenic impact of Moscow district heating system on urban environment // Energy Procedia. 2018. Vol. 149. Pp. 161–169. DOI: 10.1016/j.egypro.2018.08.180

29. Чеховский А.В., Анисимов Н.К., Маршалкович А.С. Воздействие электромагнитных полей в городской урбозкосистеме и их негативное влияние на здоровье горожан // Строительство: наука и образование. 2013. № 2. С. 5.

30. Amirkhanyan M., Bryukhan F. Measurement errors of electromagnetic fields of industrial frequency in urban areas // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 170. P. 02020. DOI: 10.1051/mateconf/201817002020

31. Bryukhan F., Amirkhanyan M. Technogenic electromagnetic impact zones of electric grid facilities // MATEC Web of Conferences. 2018. P. 02017. DOI: 10.1051/mateconf/201819302017

32. Jing Wei, Jianjun Zhang, Bofeng Cai, Ke Wang, Sen Liang, Yuhuan Geng. Characteristics of carbon dioxide emissions in response to local development: Empirical explanation of Zipf's law in Chinese cities // Science of The Total Environment. 2021. Vol. 757. P. 143912. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.143912

33. Alekseev E.V., Gagarin V.G., Kubenin A.S., Churin P.S. Using CFD simulation to estimate the comfort of pedestrian zones in the urban environment // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10. Pp. 42800–42803.

34. Балакин В.В., Сидоренко В.Ф., Слесарев М.Ю., Антифеев А.В. Формирование средозащитных объектов озеленения в градозэкологических системах // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 8. С. 1004–1022. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.8.1004-1022

35. Беляков С.И. Кадастровая стоимость недвижимости — индикатор результативности программ развития города (на примере Москвы) // Строительство: наука и образование. 2015. № 2. С. 2.

36. Теличенко В.И., Слесарев М.Ю. Проблема и решение системы оценки экологической безопасности строительства в мегаполисе // Экология урбанизированных территорий. 2013. № 1. С. 13–17.

37. Slesarev M. Mathematical modeling of environmental loads at stages of construction object // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 365. P. 022038. DOI: 10.1088/1757-899x/365/2/022038
38. Velichko E., Tskhovrebov E., Shevchenko A. Environmental safety providing during heat insulation works and using thermal insulation materials // MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 106. P. 03009. DOI: 10.1051/mateconf/201710603009
39. Grafkina M.V., Sviridova E.Y., Sdobnyakova E.E. Improving ecological performance of design processes accounting for product life cycle // European Research Studies Journal. 2017. Vol. 20. No 2B. Pp. 294–307. DOI: 10.35808/ersj/680
40. Король Е.А., Шушунова Н.С. Сравнительная технологичность устройства кровельных покрытий с системами озеленения // Строительство: наука и образование. 2020. Т. 10. № 1. С. 4. DOI: 10.22227/2305-5502.2020.1.4
41. Старовойтов А.С. О необходимости изменения парадигмы массового жилищного строительства. Современные реалии и пути решения // Недвижимость: экономика, управление. 2019. № 2. С. 37–41.
42. Дьячкова О.Н. Влияние состояния природных компонентов городской среды на здоровье населения // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования : сб. докл. Первой Национальной конф. 2020. С. 449–554.
43. Евсеева А.А., Петровская Т.К., Сулова Э.Ю. Проблемы правового регулирования зеленого фонда урбанизированных территорий // Экология урбанизированных территорий. 2020. № 3. С. 115–120. DOI: 10.24412/1816-1863-2020-13115
44. Вайсман Я.И., Пугин К.Г. Ретроспективный анализ и перспективы развития систем управления обращением с отходами производства // Вестник МГСУ. 2015. № 2. С. 70–84. DOI: 10.22227/1997-0935.2015.2.70-84

Поступила в редакцию 30 июня 2021 г.

Принята в доработанном виде 21 сентября 2021.

Одобрена для публикации 30 сентября 2021 г.

ОБ АВТОРЕ: **Ольга Николаевна Дьячкова** — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии строительного производства; **Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ)**; 190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4; SPIN-код: 7630-8646; dyachkova_on@mail.ru.

INTRODUCTION

Growing cities, urban energy consumption and technological capacity lead to an increase in the consumption of natural resources, direct and indirect impacts on the biosphere. Problems of antagonistic contradictions between human life and the environment are turning global. In the work of V.I. Osipov, three global problems are considered. They boost the degradation of the biosphere, hence, the need for “researching the real situation in the biosphere, identifying its laws, assessing the ecological capacity, finding extreme (threshold) values of the technological genesis” is emphasized [1]. Yu.A. Sumerkin, the author of a “review of research studies on the environmental safety of the urban environment in the largest Russian settlements”, comes to the conclusion that “wildlife, due to dense anthropogenic pressures, experiences constant stress, causing its degradation and death” [2]. More details about the control over pollution of elements of the natural environment in urbanized areas are disclosed in other publications [3, 4]. However, as noted by I.P. Pryadko, “at present, architectural theorists are trying to get away from opposing the concept of “ecological” to the concept of “technocratic”. On the one hand, designs of future cities meet the requirements of biosphere compatibility, and on the other

hand, they satisfy the demands of the age of high technologies” [5]. Bryan G. Norton [6] and José Edgardo Abaya Gomez Jr. [7] consider large-scale environmental problems as problems of population and consumption, the authors of [8, 9] address them as problems of managing megacities and urban agglomerations.

The works of Russian scientists address modern problems of life in urbanized territories and offer some fundamental solutions.

The research works of V.A. Ilyichev, S.G. Emelyanov, V.I. Kolchunov, N.V. Bakaeva have established a paradigm of biosphere compatibility^{1, 2}[10–12]: “The biosphere compatibility of a city is a state of symbiosis between the city and the surrounding biosphere, in which the city and its inhabitants develop positively, and the same about the biosphere, they preserve the ability to develop naturally in this region” [10].

¹ Ilyichev V.A., Emelyanov S.G., Kolchunov V.I., Gordon V.A., Bakaeva N.V. Principles of transforming a city into a biosphere-compatible facility capable of developing a person. Moscow, ASV Publ., 2015.

² Ilyichev V.A., Emelyanov S.G., Kolchunov V.I., Bakaeva N.V. Innovative technologies in the construction of cities. Biosphere compatibility and human potential: a tutorial. Moscow, ASV Publ., 2019.

A fundamentally new strategy, based on the co-evolution of the laws of development of nature and society, was proposed by V.I. Osipov: “Adaptation is an effective co-evolutionary mechanism for managing the use of natural resources, which allows to preserve nature and at the same time use it to create comfortable living conditions for people” [13].

V.I. Telichenko and M.Yu. Slesarev, having developed the concept of nature-like technologies of the living environment and innovative biopositive products, are the co-founders of the Russian system of “green” standards for “green” construction and the “green” living environment^{3, 4} [14–17]. In the article [14], the co-authors emphasize “the need to make a prompt breakthrough in the new area of “green” technologies of the living environment and “green” innovative products to turn cities and settlements into attractive and competitive territories in terms of the quality of human life”.

A large number of research publications address the environmental safety of residential areas [18–22]. They search for environmentally friendly technologies in the field of urban planning [23–27], housing and utility services [28–34], as well as the ways to stimulate their implementation [35]. From the standpoint of the system analysis, these approaches can be consolidated using the lifecycle model of a capital construction facility, a linear object of complex systems, including the extraction of mineral resources, the production of building materials, products, structures; stages of design, construction, operation, demolition of buildings (structures) [36–40]; recycling of construction industry waste, with regard for the properties of interaction of objects between themselves and the environment.

The problem of analyzing and forecasting the state of ecosystems in residential areas remains unresolved and needs a solution in many settlements. The study will be more comprehensive if we take into account the transformation of the concept of “an ecosystem”.

The concept of a natural ecological system is a primary notion. “An ecosystem is an objectively existing part of the natural environment, which has spatial and territorial boundaries and in which living (plants, animals and other organisms) and non-living components interact as a single functional whole and are interconnected by metabolism, information and energy”⁵.

Within the framework of digitalization and emerging information technologies, the term “ecosystem” developed a new meaning: interconnected services of a company or a project. The structure of an ecosys-

tem includes a set of platforms that offer various products; online and offline services; special-purpose systems built around one or more basic needs; services for individuals and legal entities⁶.

“A smart city is an innovative city that implements a set of technical solutions and organizational measures aimed at achieving the highest possible quality of resource management and service provision in order to create a sustainable living environment suitable for business activities to be carried out by current and future generations”⁷.

MATERIALS AND METHODS

Using statistical and analytical reports available on the Internet, the co-authors analyzed housing construction in Russia and housing per capita values, including residential housing in apartment buildings. The urban environment quality index was applied to make a comparative overview of the largest Russian cities, as well as the cities with maximal and minimal index values, broken down into groups, depending on the population size. Groups of factors needed for assessing residential areas have been formed on the basis of the materials presented in the research literature. Architectural, structural and engineering solutions for apartment buildings and landscaping of adjacent territories are analyzed.

RESULTS OF THE STUDY

In 1998, residential areas occupied 27.6 % of land within the city of Moscow, in St. Petersburg this value was equal to 7 %; the situation remained the same in both cities before 2011; the indicator has changed in Moscow since 2012, taking into account the area of the annexed territory, and by 2020 it reached 8.3 %; in St. Petersburg it went up to 9.8 % (Table 1).

The Russian Federation has 85 subjects, clustered into 8 federal districts, that differ in terms of geographic location, natural and climatic conditions, the size of the territory, the population and the level of socioeconomic development, which affect the housing construction, the demand and the price level.

Mass construction of apartment buildings remains the main direction of the country’s urban development [41]. “An apartment building is a set of two or more apartments that have independent exits either to a land plot adjacent to a residential building, or to common areas in such a building. An apartment build-

³ Technical Committee for Standardization. “Green” technologies of the living environment and “green” innovative products (TC 366). URL: <https://mgsu.ru/science/technical-committee-366/>

⁴ Russian National Standard 57007-2016. The best available technology. Biological diversity. Terms and definitions

⁵ Neftegaz.RU. URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/menedzhment/147972-ekosistema/>

⁶ Preliminary National Standard 439-2020 (ISO/IEC 30182: 2017). Information Technology. Smart city. Data compatibility.

⁷ On approval of Regulations on recognition of premises as residential premises, residential premises unsuitable for living, a dilapidated apartment building and an apartment building that is subject to demolition or reconstruction, a garden house as a residential building and a residential building as a garden house. Decree of the Government of the Russian Federation of January 28, 2006. No. 47.

Table 1. The dynamics of changes in the area of land occupied by residential buildings within the boundaries of settlements in 1998–2020⁸

Year	Distribution of land within city boundaries by the type of use			
	Moscow		St. Petersburg	
	Land within the boundaries of the settlement, thousand hectares	Residential land, thousand hectares	Land within the boundaries of the settlement, thousand hectares	Residential area, thousand hectares
1998	105.827	29.197	135.703	9.409
1999	106.0452	29.2572	135.9828	9.4284
2000	106.2634	29.3174	136.2626	9.4478
2001	106.3725	29.3475	136.4025	9.4575
2002	106.5907	29.4077	136.6823	9.4769
2003	106.6998	29.4378	136.8222	9.4866
2004	106.8089	29.4679	136.9621	9.4963
2005	106.918	29.498	137.102	9.506
2006	107.1362	29.5582	137.3818	9.5254
2007	107.3544	29.6184	137.6616	9.5448
2008	107.4635	29.6485	137.8015	9.5545
2009	109.1	30.1	139.9	9.7
2010	109.1	30.1	140.3	10.1
2011	109.1	30.1	140.3	10.1
2012	256.1	42.9	140.3	10.4
2013	256.1	42.9	140.3	11.9
2014	256.1	25.2	140.3	11.9
2015	256.1	25.2	140.3	13.1
2016	256.1	35.4	140.3	13.4
2017	256.1	20.8	140.3	13.4
2018	256.1	21.1	140.3	13.5
2019	256.1	20.9	140.3	13.7
2020	256.1	21.2	140.3	13.8

ing contains elements of common property of owners of premises in such a house in accordance with the housing legislation”⁸.

There are 61.7 million families in Russia, of which 64 % live in apartment buildings²⁸. The information on the number of apartment buildings built and their apartments, depending on the urban population, is presented in Fig. 1.

On average, 0.56 m² of housing was built for each resident of Russia in 2020. On the per capita basis, housing was commissioned most intensively in the Leningrad Region (1.41 m²/person), Sevastopol (1.34 m²/person), the Moscow Region (1.17 m²/per-

son), the Kaliningrad Region (1.15 m²/person) and the Lipetsk Region (1.09 m²/person)¹⁰.

According to the Unified Information System for Housing Construction as of May 15, 2021, the average cost of construction of 1 m² of residential housing was maximal in Moscow — 84.7 thousand rubles, the Murmansk region — 73.9 thousand rubles, St. Petersburg — 59.1 thousand rubles, and it was minimal in the Kabardino-Balkar Republic — 15.2 thousand rubles¹⁰.

At the end of May 2021, the area of apartment construction exceeded 1 million m² in 21 regions, including Moscow, St. Petersburg, the Krasnodar Territory, and the Republic of Bashkortostan; Moscow, Sverdlovsk, Leningrad, Novosibirsk, Rostov, Tyumen, Voronezh, Samara, Ryazan, Kaliningrad, Nizhny Novgorod re-

⁸ EMISS. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/38124>

⁹ Overview of Multi-Family Housing in the Russian Federation: May 2021. URL: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/upload/iblock/558/558f1a545b370dc56a35b75df45aea5a.pdf>

¹⁰ An overview of the housing, housing and mortgage markets in 2020. URL: <https://xn--80az8a.xn--d1aqf.xn--p1ai/>

Fig. 1. Dynamics of construction of apartment buildings in settlements having different population sizes

gions; Krasnoyarsk Territory, Republic of Tatarstan, Perm Territory, Stavropol Territory, Udmurt Republic, Maritime Territory, which collectively control 79 % of the market of apartment housing construction in the Russian Federation (75.6 million m²)⁹. Top 3 regions account for 37 % of the apartment housing market: 17.2 % in Moscow, 10.4 % in St. Petersburg, and 9.8 % in the Moscow region⁹.

As of May 15, 2021, the total area of apartment buildings under construction in accordance with Federal Law No. 214-FZ dated December 30, 2004 was maximal in Moscow: 27,620,901 m², in St. Petersburg — 16,549,470 m², in the Moscow region — 14,659,545 m², in the Krasnodar Territory — 10,824,825 m², and it was minimal in the Nenets Autonomous District, the Karachay-Cherkessia, the Kamchatka Territory, the Magadan Region,

the Jewish Autonomous District, the Chukotka Autonomous District¹⁰.

The level of socio-economic development, geographic and climatic characteristics of the regions, that make up a federal district, have a significant impact on consumer preferences and development activity in the housing market.

The breakdown of the gross commissioned amount of housing by districts is largely determined by the size of the population. Unfavorable demographic processes have a constraining effect on the housing market demand.

By affecting the national economy, the pandemic also affected the construction industry. As a result of the quarantine restrictions in April–May 2020, limitations imposed on construction work were in effect in 44 out of 85 regions, and in Moscow and the Moscow Region construction activities were stopped for almost

a month. In addition, due to the closure of borders, there was a shortage of labour force at construction sites. As a result, commissioning dates of individual construction facilities were postponed, but on the whole delays were not countrywide.

By 2024, the goals of the Housing and Urban Environment national project encompass affordable housing for average-income families, including a rise in the housing construction up to, at least, 120 million m² per year; a dramatic increase in the comfort of the urban environment, including a 30 % increase in the quality index of the urban environment, a 5 % decrease in the number of cities with an unfavorable environment¹¹.

The 2021 targets of the Housing and Urban Environment national project³⁰ include:

- the area of land plots involved in the turnover for the purpose of the housing construction: 43.6 thousand hectares;
- an increase in the housing construction up to, at least, 94 million m² per year;
- the amount of commissioned housing in apartment residential buildings: 60 million m² a year;
- the average cost of 1 m² of model housing in the primary market: 81.5 thousand rubles;
- the average value of the urban environment quality index in the Russian Federation: $N + 10$ %;
- the share of cities with a favorable environment in relation to the total number of cities: 40 %.

The urban environment quality index¹² has a positive trend in the Russian cities with the population of over 1 million people, but it is not stable in every city, because some cities do not have a favorable environment. It means that they score less than half of the maximum number of points (360 points). These cities are Volgograd, Voronezh, Novosibirsk, Omsk, Perm, Samara, and Chelyabinsk (Table 2).

In 2020, the urban environment quality index was calculated for 1,116 cities, of which 47 cities had up to 5 thousand residents, 497 cities had 5 to 25 thousand residents, 249 cities had 25 to 50 thousand residents, 150 cities — 50 to 100 thousand residents, 95 cities — 100 to 250 thousand residents, 63 cities — 250 thousand to 1 million residents, 15 cities — 1 million residents¹³.

¹¹ The passport of the Housing and Urban Environment national project is approved by the Presidium of the Council of the President of the Russian Federation for Strategic Development and National Projects (Minutes No. 16 of December 24, 2018).

¹² On approval of a methodology for the calculation of the urban environment quality index : Order of the Government of the Russian Federation dated 03.23.2019 No. 510-r.

¹³ Regions of Russia. The main socio-economic indicators of cities. 2020. Moscow, Rosstat Publ., 2020, 456 p. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/RZLCLxM7/Region-Goroda-2020.pdf>

The value of the 2020 index depending on the group¹³:

- in the cities with the population of up to 5 thousand residents, the average value of the Index is 167 points; 13 % of these cities have a favorable environment, the Index value is maximal in Innopolis (216), Republic of Tatarstan; Pravdinsk (203), the Kaliningrad region; Ples (201), the Ivanovo region, and Nesterov (201), the Kaliningrad region; the Index value is minimal in Srednekolymsk (118) and Verkhoyansk (116), both are located in the Republic of Sakha (Yakutia);

- in the cities with the population of 5 to 25 thousand residents, the average index value is 171 points; 21 % of these cities have a favorable environment; the Index value is maximal in Taldom (230) and Peresvet (229), the Moscow region; Polyarny (228), the Murmansk region; the Index value is minimal in Vilyuisk (108), Republic of Sakha (Yakutia), and Alzamai (98), the Irkutsk region;

- in the cities with the population of 25 to 50 thousand residents, the average index value is 177 points; 35 % of these cities have a favorable environment; the Index value is maximal in Kudrovo (259), the Leningrad region, and Istra (235), the Moscow region; the Index value is minimal in Tulun (112), the Irkutsk region;

- in the cities with the population of 50 to 100 thousand residents, the average index value is 182 points; 49 % of these cities have a favorable environment; the Index value is maximal in Vidnoye (235), the Moscow region; the Index value is minimal in the city of Kiselevsk (134), the Kemerovo region;

- in the cities with the population of 100 to 250 thousand residents, the average index value is 188 points; 53 % of these cities have a favorable environment; the Index value is maximal in the city of Reutov (263), the Moscow region; the Index value is minimal in the city of Novoshakhtinsk (131), the Rostov region;

- in the cities with the population of 250 thousand to 1 million residents, the average index value is 193 points, 76 % of these cities have a favorable environment; the Index value is maximal in Tyumen (225), the Tyumen region; Sochi (225), the Krasnodar Territory, and Grozny (225), the Chechen Republic; the Index value is minimal in Simferopol (164), the Republic of Crimea, and Arkhangelsk (157), the Arkhangelsk region;

- in the cities with the population of 1 million residents or more, the average index value is 189 points; 53 % of these cities have a favorable environment; the Index value is maximal in Moscow (288); the Index value is minimal in Omsk (113), the Omsk region.

New housing construction means the development of unoccupied areas in a settlement and its immediate environs, renovation of existing quarters, and urban infill. The symbiosis of urban planning activities and urban economy is the basis for sustainable development in terms of the territory of a settlement and elements

Table 2. Comparative overview of the Russian cities with the population of over 1 million people

The largest city	Population, thousand residents ¹³	Area, thousand sq. km ¹³	Population density, persons per sq. km ¹³	Annual urban environment quality index, points ¹⁴		
				2018	2019	2020
Volgograd	1,009.0	0.86	1,173.0	116	159	159
Voronezh	1,058.3	0.6	1,772.6	154	164	176
Ekaterinburg	1,526.4	1.143	1,335.5	191	188	194
Kazan	1,257.4	0.614	2,047.3	190	201	204
Krasnoyarsk	1,094.5	0.4	3,092.8	189	181	181
Moscow	12,678.1	2.6	4,950.4	276	283	288
Nizhny Novgorod	1,252.2	0.4	3,069.1	190	193	201
Novosibirsk	1,625.6	0.5	3,242.0	161	158	166
Omsk	1,154.5	0.6	2,036.7	104	106	113
Perm	1,055.4	0.8	1,319.8	153	168	179
Rostov-on-Don	1,137.9	0.349	3,260.5	178	193	200
Samara	1,156.7	0.5	2,134.4	163	159	168
St. Petersburg	5,398.1	1.4	3,858.5	238	243	249
Ufa	1,140.3	0.7	1,610.8	179	182	189
Chelyabinsk	1,196.7	0.5	2,389.0	160	161	170

of its planning structure (residential quarter, micro-district, district).

The factors that influence the value of residential areas include:

- construction, improvement and maintenance of capital construction facilities;
- construction, improvement and maintenance of linear facilities, their infrastructure;
- arrangement of a “green” framework and its elements;
- creation and operation of an integrated system for the management of municipal solid waste, as well as bulky and hazardous waste.

Sanitary and hygienic factors of residential areas that contribute to negative changes in the physical condition of the population include [42]:

- the chemical load, including the chemical pollution of drinking water, atmospheric air and soil;
- the biological load, including biological contamination of drinking water and soil;
- the load associated with physical factors, including noise, vibration, ultrasound, infrasound, thermal, ionizing, non-ionizing and other radiation.

In a factor model, the assessment of the ecosystem of a residential area can be expressed by an index, which is determined by the formula $A_{ERD} = (x_1 d_1 + x_2 d_2 +$

$+ x_3 d_3 + x_4 d_4)z$, where A_{ERD} is the quality index of the ecosystem in a residential area; x_1, x_2, x_3, x_4 are the factors characterizing the ecosystem of a residential area; d_1, d_2, d_3, d_4 are weight coefficients of factors, determined using the expert method. Ideally, $A_{ERD} = 100$, if $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 100$, $d_1 + d_2 + d_3 + d_4 = 1$ and if validity factor $z = 1$. In turn, factors x_1, x_2, x_3, x_4 are identified through subfactors, which are calculated if $x_n = x_{n1} d_{n1} + x_{n2} d_{n2} + \dots + x_{nm} d_{nm}$, where x_{nm} is a sub-factor of the n -th factor; d_{nm} is the coefficient of weight for the i -th subfactor.

652 energy-efficient apartment buildings have been built (Fig. 2) in the subjects of the Russian Federation¹⁵; their main advantage is energy conservation due to design features. In addition to enclosure structures, energy is saved by engineering networks, systems and equipment, including water, energy and gas meters, motion or presence sensors, individual heating points, energy-saving lamps, etc. Residents have the opportunity to regulate the microclimate, automatically maintain the optimal temperature, humidity and air purity.

A fairly new urban planning solution, widely implemented in the Russian cities, is the construction of detached residential complexes, which consist of several multi-storey apartment buildings united by a stylobate (Fig. 3). As a rule, underground, semi-

¹⁴ Urban environment quality index. URL: <https://xn----dtbccc-dtssypabxk.xn--plai/#/>

¹⁵ State Corporation Fund for Assistance to Housing and Utilities Reform. URL: <https://fondgkh.ru/napravleniya-deyatelnosti/energoeffektivnost-v-zhkh/energoeffektivnye-doma/>

Fig. 2. Geographical spread of construction of energy efficient apartment houses¹⁵

underground spaces of such a construction facility, its first and second above-ground floors have technical premises, built-in and built-in/attached single or multi-level parking lots and commercial areas in addition to entrance lobbies. Such residential facilities have protected areas on the roof of a stylobate. The majority of structural solutions, used to construct apartment houses, entail a bearing framework that encompasses walls, made of monolithic reinforced concrete, external walls made of small piece materials, having insulated slabs and hinged facades, glazed loggias and balconies. Window openings have double-chamber metal-plastic glass units installed. The energy efficiency class of the building may be high (B) in compliance with the Order of the Ministry of Regional Development dated 08.04.2011 No. 161 (invalid); the energy efficiency may be increased (C) in compliance with the Order of the Ministry of Construction dated 06.06.2016 No. 399 (in effect)¹⁶.

Each apartment in a residential complex seldom has two parking spaces in a parking lot; sometimes an apartment may have one parking space, and usually 50 % of apartments have parking spaces according to the design project. Therefore, contemporary residential areas are full of vehicles temporarily parked by local residents in guest parking lots, driveways and nearby streets, in curtilages near playgrounds and sports grounds, recreation areas and on lawns.

Green spaces are green areas that have different administrative affiliations. Most of the green ar-

reas have clearly set boundaries, which simplify their management, since these are the green areas of public use, limited use, that perform special functions, act as protective forests, or specially protected natural areas. As a rule, attention is focused on public green spaces. Curtilages and other municipality-controlled green areas of residential districts often have no legally determined boundaries, and hence, they are spontaneously landscaped by residents. In case of new construction, the following landscaping information is indicated in the project declaration: "Upon completion of construction of the residential complex and its engineering networks, the adjacent territory is subject to improvement. The improvement of the territory includes the arrangement of driveways and parking lots for the temporary storage of vehicles, including the asphalt concrete pavement, the arrangement of sidewalks covered with concrete tiles, the arrangement of playgrounds for children. Landscaping means making lawns, planting shrubs and trees". Thus, when a facility is brought into operation, there arises a problem of sufficiency of trees with healthy crowns in the curtilages of apartment buildings and new residential areas, in general, and the contribution of the presence or absence of new plants to the "green" framework of a city is not taken into account [43].

Municipal waste management must meet the criterion of safe natural and technological balance within a given time frame and the "nature – economic activity – nature" chain. The system of separate waste collection by residents of apartment houses is an integral part of the waste management system in the global system of economic activities. However, as a rule, a traditional waste collection system is established for new apartment buildings [44].

¹⁶ On the approval of the Rules for determining the energy efficiency class of apartment buildings. Order of the Ministry of Construction, Housing and Utility Services of the Russian Federation dated 06.06.2016 No. 399/pr.

Fig. 3. A residential complex in St. Petersburg¹⁷

CONCLUSION AND DISCUSSION

Growing urbanization of territories is showcased by Moscow and St. Petersburg. The area within the urban boundaries was equal to 256.1 thousand hectares in Moscow in 2020; residential buildings occupied 21.2 thousand hectares; the area of St. Petersburg was equal to 140.3 thousand hectares and its residential buildings occupied 13.8 thousand hectares, respectively; the total area of apartment buildings under construction in accordance with Federal Law No. 214-FZ dated December 30, 2004, was 27,620,901 m² in Moscow as of May 15, 2021; it was equal to 16,549,470 m² in St. Petersburg; accor-

ding to the Unified Information System of the Housing Construction, the average cost of construction of 1 m² of the gross floor area was 84.7 thousand rubles in Moscow and 59.1 thousand rubles in St. Petersburg; in 2020, the value of the urban environment quality index was 288 points in Moscow and 249 points in St. Petersburg.

The analysis showed that during the period under review, the maximal number of apartment buildings was built in settlements having 250 thousand to 1 million residents. However, despite the smaller number of houses, cities having 1 million or more residents were in the lead in terms of the number of leased apartments. More than half of the cities from these groups boast a favourable environment.

Being an integral part of the ecological system of an urbanized area, the ecosystem of a residential area

¹⁷ Web site of Joint stock company "Baltic Pearl". URL: <https://bpearl.net/>

can have a significant impact on the quality of the urban environment. Given a stable trend towards the expansion of land within the boundaries of settlements, including the land plots occupied by residential buildings, impacts of urban planning activities require continuous monitoring and evaluation.

On the one hand, problems of residential areas include their relevance and sufficiency in a particular settlement and, accordingly, the construction of new and renovation of existing residential areas, increasing the floor areas of apartment buildings to meet the need for comfortable housing, and on the other hand, these problems entail the preservation and protection of natural resources and creation of a favourable urban environment.

Existing and new residential areas do not always meet the comfortability and environmental safety criteria; for example, in terms of the number of parking spaces, the quantity and quality of green spaces, and the operation of municipal waste management systems.

Space-saving layouts of residential areas, the use of energy-saving architectural and engineering solutions, integrated landscaping of curtilages, and the organization of separate collection of municipal waste have good prospects in the development of housing construction.

An elaborate regulatory and technical framework is required, whose mission is to monitor the environmental sustainability of urban planning solutions applied to residential areas.

REFERENCES

1. Osipov V.I. Biosphere approach to the ecological safety assessment. *Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology*. 2017; 4:3-12. (rus.).
2. Sumerkin Yu.A. Review of scientific research in the field of environmental safety of urban environment of settlements in the Russian Federation. *Construction: Science and Education*. 2017; 7:1(22):3. DOI: 10.22227/2305-5502.2017.1.3 (rus.).
3. D'yachkova O.N. Influence of soil contamination on ecological safety of St. Petersburg urban environment. *Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology*. 2020; 1:67-71. DOI: 10.31857/S0869780920010044 (rus.).
4. D'yachkova O.N. System of control parameters for the rational use of water resources. *Yakovlev's Readings: a collection of reports of the XVI International Scientific and Technical Conference dedicated to the memory of Academician S.V. Yakovleva*. 2021; 75-83. (rus.).
5. Pryadko I.P. Models of the Cities of the Future — from Technopolis to Ecosity. *Construction: Science and Education*. 2014; 4:4. (rus.).
6. Norton B. Population and Consumption Environmental Problems as Problems of Scale. *Ethics and the Environment*. 2000; 5(1):23-45. DOI: 10.1016/S1085-6633(99)00028-5
7. José Edgardo Abaya Gomez Jr. The size of cities: A synthesis of multi-disciplinary perspectives on the global megalopolis. *Progress in Planning*. 2017; 116:1-29. DOI: 10.1016/j.progress.2016.03.001
8. Samet R.H. Complexity, the science of cities and long-range futures. *Futures*. 2013; 47:49-58. DOI: 10.1016/j.futures.2013.01.006
9. Vogel R.K., Savitch H.V., Xu J., Yeh A.G.O., Wu W., Sancton A. et al. Governing global city regions in China and the West. *Progress in Planning*. 2010; 73(1):1-75. DOI: 10.1016/j.progress.2009.12.001
10. Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Gordon V.A., Kormina A.A. Statistical relationships between indicators of favourable living environments in biosphere compatible cities. *Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]*. 2021; 16(5):545-556. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.5.545-556 (rus.).
11. Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Bakayeva N.V. Redevelopment of urban areas on the principles of the symbiosis of urban planning systems and their natural environment. *Industrial and Civil Engineering*. 2018; 3:4-11. (rus.).
12. Ilyichev V.A., Emelyanov S.G., Kolchunov V.I., Bakayeva N.V., Kobeleva S.A. Modeling and analyzing of the regularities the dynamics state change of biosphere compatible urban areas. *Housing Construction*. 2015; 3:3-9. (rus.).
13. Osipov V.I. The adaptive principle of nature management. *Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology*. 2017; 5:3-12. (rus.).
14. Telichenko V.I., Slesarev M.Yu. "Green" standardization of the future is a factor of ecological safety of the life environment. *Industrial and Civil Engineering*. 2018; 8:90-97. (rus.).
15. Slesarev M.Yu., Telichenko V.I. Review of geoecological standards, methods and models in the view of "green" standardization of construction. *Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology*. 2020; 1:42-46. DOI: 10.31857/S0869780920010184 (rus.).
16. Slesarev M.Yu., Telichenko V.I. Green standards of the living environment on the examples of the world's leading innovative companies. *System engineering in construction. Cyber-physical building systems — 2019: collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference*. 2019; 484-493. (rus.).
17. Telichenko V.I., Shcherbina E.V. Social-natural-technogenic system of sustainable environment

- of vital activity. *Industrial and Civil Engineering*. 2019; 6:5-12. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.06.5-12 (rus.).
18. Boyko V.M., Marshalkovich A.S. Problem of ecological network development in big cities, using Moscow as an example. *Construction: Science and Education*. 2014; 3:3. (rus.).
19. Egorova S.P., Krotova I.E., Marshalkovich A.S. Town-planning management of urban areas with account for ecological factors. *Construction: Science and Education*. 2015; 3:1. (rus.).
20. Avilova I.P., Krutilova M.O., Naumenko V.V. Assessment tools for environmental and economic efficiency of design decisions in civil engineering. *Construction: Science and Education*. 2019; 9(4):8. DOI: 10.22227/2305-5502.2019.4.8 (rus.).
21. Golomazova T.N. The importance of housing construction experience in the USSR as means of forming humanitarian space for present-day Russia. *Construction: Science and Education*. 2015; 2:3. (rus.).
22. Ivanova Z.I., Golomazova T.N. The necessity of opinion polls for the town planning analysis within municipalities. *Construction: Science and Education*. 2014; 1:6. (rus.).
23. Benuzh A.A., Sukhinina E.A., Eames G.A. Development stages of ecological architectural and construction design in Russia. *Real Estate: Economics, Management*. 2021; 1:49-52. DOI: 10.22337/2073-8412-2021-1-49-52 (rus.).
24. Olenkov V.D., Biryukov A.D., Kolmogorova A.O. Using virtual reality technologies to visualize parameters of urban microclimate. *Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]*. 2021; 16(5):557-569. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.5.557-569 (rus.).
25. Abramyan S.G., Rybakova O.V., Matviichuk T.A. Key aspects of ensuring energy efficiency of buildings and structures. *Construction: Science and Education*. 2017; 7(2):(23):38-44. DOI: 10.22227/2305-5502.2017.2.4 (rus.).
26. Dokukin S.A., Ginzburg A.S. The influence of anthropogenic heat fluxes on the temperature and wind regimes of the Moscow and St. Petersburg regions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 606:012010. DOI: 10.1088/1755-1315/606/1/012010
27. Le Minh Tuan, Shukurov I.S., Nguyen T.M. A study case of urban heat island intensity based on urban geometry. *Construction: Science and Education*. 2019; 9(3):2. DOI: 10.22227/2305-5502.2019.3.2 (rus.).
28. Alexandrov G.G., Ginzburg A.S. Anthropogenic impact of Moscow district heating system on urban environment. *Energy Procedia*. 2018; 149:161-169. DOI: 10.1016/j.egypro.2018.08.180
29. Chekhovskiy A.V., Anisimov N.K., Marshalkovich A.S. Exposure to electromagnetic waves in the urban environment and their negative influence on the health of urban residents. *Construction: Science and Education*. 2013; 2:5. (rus.).
30. Amirkhanyan M., Bryukhan F. Measurement errors of electromagnetic fields of industrial frequency in urban areas. *MATEC Web of Conferences*. 2018; 170:02020. DOI: 10.1051/mateconf/201817002020
31. Bryukhan F., Amirkhanyan M. Technogenic electromagnetic impact zones of electric grid facilities. *MATEC Web of Conferences*. 2018; 02017. DOI: 10.1051/mateconf/201819302017
32. Jing Wei, Jianjun Zhang, Bofeng Cai, Ke Wang, Sen Liang, Yuhuan Geng. Characteristics of carbon dioxide emissions in response to local development: Empirical explanation of Zipf's law in Chinese cities. *Science of The Total Environment*. 2021; 757:143912. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.143912
33. Alekseev E.V., Gagarin V.G., Kubenin A.S., Churin P.S. Using CFD simulation to estimate the comfort of pedestrian zones in the urban environment. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2015; 10:42800-42803.
34. Balakin V.V., Sidorenko V.F., Slesarev M.Yu., Antyufeev A.V. Formation of environmental protection landscaping facilities in urban ecological systems. *Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]*. 2019; 14(8):1004-1022. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.8.1004-1022 (rus.).
35. Belyakov S.I. The cadastral value of real estate — an indicator of the efficiency of city development programs (On the example of Moscow). *Construction: Science and Education*. 2015; 2:2. (rus.).
36. Telichenko V.I., Slesarev M.Yu. System of assessment of ecological safety of construction processes in the megalopolis: problem and solution. *Ecology of Urbanized Areas*. 2013; 1:13-17. (rus.).
37. Slesarev M. Mathematical modeling of environmental loads at stages of construction object. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018; 365:022038. DOI: 10.1088/1757-899x/365/2/022038
38. Velichko E., Tskhovrebov E., Shevchenko A. Environmental safety providing during heat insulation works and using thermal insulation materials. *MATEC Web of Conferences*. 2017; 106:03009. DOI: 10.1051/mateconf/201710603009
39. Grafkina M.V., Sviridova E.Y., Sdobnyakova E.E. Improving ecological performance of design processes accounting for product life cycle. *European Research Studies Journal*. 2017; 20(2B):294-307. DOI: 10.35808/ersj/680
40. Korol' E.A., Shushunova N.S. Comparative technological efficiency of green roof systems. *Construction: Science and Education*. 2020; 10(1):4. DOI: 10.22227/2305-5502.2020.1.4 (rus.).
41. Starovoitov A.S. About the need to change the paradigm of mass housing construction. Modern realities and solutions. *Real estate: economics, management*. 2019; 2:37-41. (rus.).

42. D'yachkova O.N. Influence of the state of natural components of the urban environment on public health. *Actual problems of the construction industry and education: a collection of reports of the First National Conference*. 2020; 449-554. (rus.).

43. Evseeva A.A., Petrovskaya T.K., Suslova E.Yu. Problems of legislative regulation of the urban green ter-

ritories. *Ecology of Urbanized Areas*. 2020; 3:115-120. DOI: 10.24412/1816-1863-2020-13115 (rus.).

44. Vaysman Ya.I., Pugin K.G. Retrospective analysis and development prospects for the industrial waste management control systems. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015; 2:70-84. (rus.).

Received June 30, 2021.

Adopted in revised form on September 21, 2021.

Approved for publication on September 30, 2021.

B I O N O T E S: **Olga N. D'yachkova** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Construction Technology; **Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU)**; 4 2nd Krasnoarmeyskaya st., Saint Petersburg, 190005, Russian Federation, 190005; SPIN-code: 7630-8646; dyachkova_on@mail.ru.