

10. Saka T., Taniguchi Y. Buckling behaviour of space trusses constructed by bolted jointing systems. *Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ)*. 1983, vol. 331, pp. 1–9.
11. Schmidt L. C., Hanaor A. Force Limiting Devices in Space Trusses. *Journal of the Structural Division, ASCE*. 1979, vol. 105, no. ST5, pp. 939–951.
12. Bai C., Tian L., Xu G., Zhong W. Numerical simulation and performance evaluation of compression members in long-span single-layer spatial grid structures constrained by steel bars. *Structures*. 2024, vol. 65, pp. 106804.
13. Konin D. V., Olurombi A. R. Analiz ustoychivosti pryamoshovnykh i spiralnoshovnykh trub iz vysokoprochnykh staley pri tsentralnom i vnetsentrennom szhatii na primere naturnykh eksperimentov [The buckling analysis of direct-welding and spiral-welding tubes made of high-strength steels at central and eccentric compression based on experiment]. *Izvestiya visshikh uchebnikh zavedenii. Stroitelstvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2018, no. 6 (714), pp. 106–116. EDN TOKNXG.
14. Konin D. V. Eksperimentalnie issledovaniya stalnikh sterzhnei na tsentralnoe i vnetsentrennoe szhatie [Experimental studies of steel rods for central and eccentric compression]. *Vestnik NITS. Stroitelstvo* [Bulletin of the Research Center. Construction]. 2021, no. 1 (28), pp. 16–37. DOI 10.37538/2224-9494-2021-1(28)-16-3 EDN JSWWYL.
15. Faibishenko V. K. Eksperimentalnie issledovaniya kvadratnikh v plane perekrestnykh sistem pri razlichnykh variantakh opiraniya [Experimental studies of square-in-plan cross systems with various support options]. *Stroitel'naya mekhanika. Raschet i konstruirovaniye sooruzheniy : trudy Moskovskogo ordena Trudovogo Krasnogo Znameni arkhitekturnogo instituta* [Structural mechanics. analysis and design of structures : proceedings of the Moscow Order of the Red Banner of Labour Architectural Institute]. Moscow; 1969.
16. Hori A. Static test of a model of a long-span double-layer space truss under unsymmetrical vertical load: Long-span space truss with a rise and a semicircle-connected plan (Part 1). *Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ)*. 1992, vol. 436, pp. 113.
17. Kato S., Kubodera I. Elasto-Plastic Buckling Loads of Latticed Shells with Elastic Springs at Both Ends of Members. *Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ)*. 1993, no. 448, pp. 47–58.
18. Cai J. G., Ye Z., Wang X. Y., et al. Static and Kinematic Behaviour of a Foldable Truss Roof Structure. *Advanced Steel Construction*. 2018, vol. 14, no. 4, pp. 606–619.
19. Mushchanov A. V., Mushchanov V. F., Romenskii I. V. Vliyaniye podatlivosti opor na napryazhenno-deformirovannoe sostoyaniye elementov strukturnogo pokrytiya [The impact of support on the compliance of the stress-strain state of structural elements covering]. *Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of Unique Buildings and Structures]. 2016, no. 1 (40), pp. 7–19. EDN VLNKRR.
20. Mushchanov A. V. *Deistvitelnaya rabota i formoobrazovaniye sterzhnevikh strukturnykh pokrytiy na netipovom plane* [Actual behavior and shaping of bar structural coverings on a non-typical plan]. Donetsk : DONNASA; 2020, pp. 30–89.

© С. А. Лютров, И. А. Терехов

Ссылка для цитирования:

Лютров С. А., Терехов И. А. К вопросу расчета на устойчивость при продольно-поперечном изгибе элементов пространственных стержневых конструкций // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2026. № 3 (57). С. 13–20.

УДК 711.4:004.9

DOI 10.52684/2312-3702-2026-57-3-20-27

СОЦИАЛЬНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА КРУПНОГО ГОРОДА: ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДОСТУПНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ОБРАЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ Г. РЫБИНСКА)

И. В. Дмитриюков, О. В. Ладыгина, Н. А. Яманина

Дмитрюков Иван Васильевич, магистрант, Ярославский государственный политехнический университет, г. Ярославль, Российская Федерация, тел.: + 7 (995) 692-70-93; e-mail: ivdmitryukov@mail.ru;

Ладыгина Ольга Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Инфраструктура и транспорт», Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль, Российская Федерация, тел.: + 7 (910) 977-58-30; e-mail: o_ladigina@mail.ru;

Яманина Надежда Аркадьевна, главный инженер проектов, Национальное объединение проектировщиков, г. Ярославль, Российская Федерация, тел.: + 7 (903) 822-44-38; e-mail: frauYamanina@yandex.ru

Рассмотрена пространственная доступность объектов образования в городе Рыбинск с учетом распределения жилой застройки. Актуальность работы обусловлена территориальной неравномерностью размещения образовательных учреждений и различиями в охвате жилой застройки нормативными радиусами пешеходной доступности. Систематизированы пространственные данные, классифицированы образовательные учреждения, определена плотность жилой застройки и построены буферные зоны нормативной доступности в геоинформационной системе QGIS. Установлено, что 72 % рассматриваемых объектов образования сосредоточено в Центральном, Западном и Южном районах. Охват жилой застройки нормативными радиусами доступности составляет 18-72 % для детских садов, 15-68 % для школ и 0-85 % для учреждений дополнительного образо-

вания. Наименьшие значения выявлены в Заволжском и Восточном районах. Полученные результаты позволяют выявить территории с низкой пространственной доступностью объектов образования и использовать их при дальнейшем планировании развития образовательной инфраструктуры.

Ключевые слова: геоинформационные системы, доступность социальной инфраструктуры, объекты образования, пешеходная доступность, плотность жилой застройки, градостроительное планирование, буферные зоны.

SOCIAL INFRASTRUCTURE IN A LARGE CITY: SPATIAL ACCESSIBILITY OF EDUCATIONAL FACILITIES (A CASE STUDY OF RYBINSK)

I. V. Dmitryukov, O. V. Ladygina, N. A. Yamanina

Dmitryukov Ivan Vasilevich, undergraduate student, Yaroslavl State Polytechnical University, Yaroslavl, Russian Federation, phone: + 7 (995) 692-70-93; e-mail: ivdmitryukov@mail.ru;

Ladygina Olga Viktorovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Infrastructure and Transport Department, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation; phone: + 7 (910) 977-58-30; e-mail: o_ladigina@mail.ru;

Yamanina Nadezhda Arkadevna, Chief Project Engineer, National Association of Designers, Yaroslavl, Russian Federation, phone: + 7 (903) 822-44-38; e-mail: frauYamanina@yandex.ru

This study assesses the spatial accessibility of educational institutions in the city of Rybinsk (Russia), taking into account the distribution of residential development. The study examines the uneven spatial distribution of educational institutions and differences in the proportion of residential development covered by regulatory zones of walking accessibility. For the purposes of this study, spatial data on educational institutions were organized and classified by type; residential density was calculated; and accessibility zones were modeled using the QGIS geographic information system. The study uses standard walking accessibility radii: 300 m for kindergartens, 500 m for schools, and 1,000 m for supplementary education institutions. As a result, 72 % of the educational institutions analyzed are concentrated in the Central, Western, and Southern districts. The proportion of residential development within these accessibility zones ranges from 18 to 72 % for kindergartens, from 15 % to 68% for schools, and from 0 to 85 % for supplementary education institutions. The lowest accessibility rates are observed in the Zavolzhsky and Eastern districts. The results obtained make it possible to identify districts with limited access to educational institutions and serve as a basis for further planning of educational infrastructure development.

Keywords: geographic information systems, social infrastructure accessibility, educational facilities, pedestrian accessibility, residential development density, urban planning, buffer zones.

Введение

Пространственная доступность объектов образования является одним из факторов, определяющих качество городской среды и уровень жизни населения [6, 22]. В соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации и стратегией пространственного развития, обеспечение равного доступа граждан к учреждениям образования и другим социально значимым объектам входит в число приоритетных задач государственной политики [2, 4, 9, 10].

Город Рыбинск является городом с исторически сложившейся застройкой и относится к крупным городам Ярославской области по численности населения [12]. Исследования показывают, что в таких городах наилучшая пешая доступность наблюдается в исторических центрах, что связано с наибольшей концентрацией точечных объектов, предоставляющих уникальные и общегородские услуги [2, 20]. Целью данного исследования является систематизация пространственных данных об объектах образования, оценка их размещения и выявление зон жилой застройки, не охваченных нормативными радиусами пешеходной доступности согласно СП 42.13330.2016 [6, 11, 21].

Научная новизна работы заключается в комплексной систематизации и пространственном

анализе объектов образования для крупного промышленного города с учетом неоднородности жилой застройки [8, 10]. Предложенный методический подход, основанный на применении буферного анализа и оценке плотности застройки, позволяет выявить количественные и качественные характеристики территориального дефицита и служит базой для дальнейшего сетевого моделирования доступности [10, 15, 19].

Метод

В работе применялись теоретические и эмпирические методы: анализ научной и нормативной литературы [6, 10]; сбор и систематизация пространственных данных из открытых источников; пространственный анализ в среде QGIS (построение буферных зон, оценка плотности застройки, наложение слоев) [23]; буферный анализ нормативной пешеходной доступности в соответствии с СП 42.13330.2016 [11]; расчет доли жилой застройки, попадающей в зоны обслуживания [2, 17].

Пространственная база данных сформирована на основе OpenStreetMap, реестра жилого фонда ГИС ЖКХ и генерального плана г. Рыбинска [1, 3, 13]. Адресная информация из ГИС ЖКХ геокодирована в QGIS. Для учета геометрических размеров зданий построены буферные зоны, радиус которых определялся площадью здания

[21]. Из общего массива выделены только объекты, попадающие в функциональные зоны жилой застройки согласно генплану. Оценка плотности выполнена методом регулярной сетки с ячейкой 200 × 200 м: для каждой ячейки рассчитана суммарная площадь жилой застройки и вычислен показатель плотности (отношение площади застройки к площади ячейки) [7]. Результаты визуализированы в виде картограммы [6].

Результаты и обсуждение

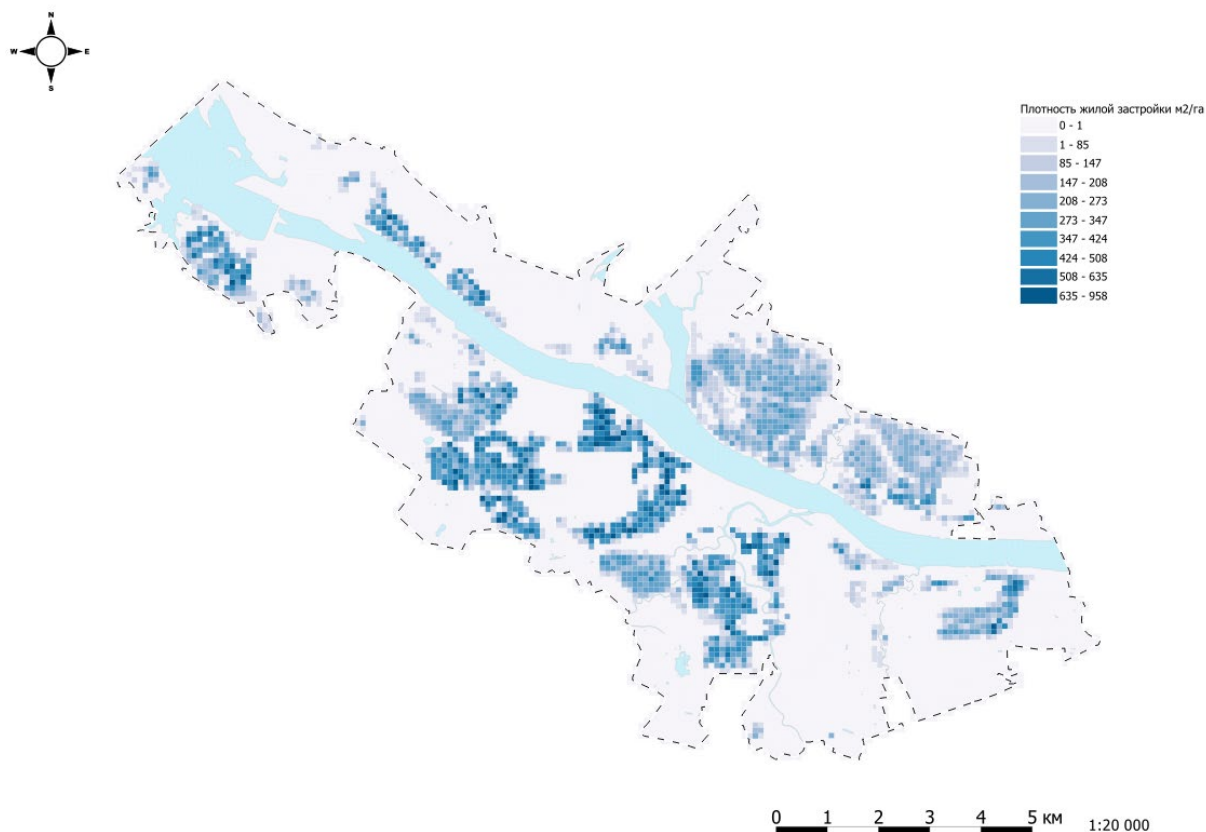


Рис. 1. Карта плотности жилой застройки г. Рыбинск (иллюстрация авторов)
Fig. 1. Residential development density map of Rybinsk (illustration by the authors)

Таблица 1

Проценты по видам зон застройки районов г. Рыбинск

Table 1

Percentages by development zone type in Rybinsk districts

№ п/п	Район	4–8 этажей, %	Более 9 этажей, %	До 4 этажей, %	ИЖД, %
	1	2	3	4	5
1	Южный	37,76	6,03	6,78	49,43
2	Шекснинский	17,93	9,61	31,79	40,67
3	Центральный	28,15	45,92	21,51	4,42
4	Переборский	23,53	0,00	18,75	57,71
5	Западный	46,76	14,26	11,58	27,39
6	Заволжский	4,31	0,14	1,19	94,37
7	Восточный	11,94	7,46	9,54	71,07

Полученные данные использованы для последующей оценки пространственной доступности объектов образования.

По состоянию на 2026 год в городе зарегистрировано 119 объектов образования. Для анализа нормативной пешеходной доступности рас-

смотрены учреждения повседневного и регулярного спроса: дошкольные образовательные организации (56), общеобразовательные школы (31) и учреждения дополнительного образования (12). Остальные (вузы, колледжи, интернаты) в расчет

радиусов не включены, так как их контингент формируется не по микрорайонному принципу. Распределение этих объектов по районам приведено в таблице 2.

Таблица 2

Количество образовательных учреждений по типам и районам города Рыбинск

Table 2

Number of educational institutions by type and district in Rybinsk

№ п/п	Район	Детские сады	Школы	Доп. образование	Всего
	1	2	3	4	5
1	Центральный	16	10	6	32
2	Западный	12	7	2	21
3	Южный	12	5	2	19
4	Шекснинский	5	3	1	9
5	Переборский	5	3	1	9
6	Восточный	4	1	0	5
7	Заволжский	2	2	0	4

На Центральный, Западный и Южный районы приходится 72 % рассматриваемых объектов образования. В периферийных районах их количество существенно меньше; в Восточном и Заволжском районах отсутствуют учреждения дополнительного образования.

Для количественной оценки доступности был проведен буферный анализ в соответствии

с нормативами СП 42.13330.2016 [11]. Нормативные радиусы обслуживания для объектов образования, следующие: для детских садов – 300 м; для школ – 500 м; для дополнительного образования – 1000 м.

Доля жилой площади, попадающей в зоны нормативной доступности, рассчитана для каждого района и представлена в таблице 3.

Таблица 3

Доля жилой застройки, охваченная нормативными радиусами пешеходной доступности, %

Table 3

Share of residential development covered by standard pedestrian accessibility radii, %

№ п/п	Район	Детские сады (300 м)	Школы (500 м)	Доп. образование (1000 м)
	1	2	3	4
1	Центральный	72	68	85
2	Западный	58	52	53
3	Южный	63	67	61
4	Шекснинский	41	35	38
5	Переборский	52	58	45
6	Восточный	44	27	0
7	Заволжский	18	15	0

Пространственное распределение зон доступности на фоне плотности жилой застройки визуализировано на карте (рис. 2).

Полученные значения существенно различаются между районами. Максимальный охват наблюдается в Центральном районе: 72 % жилой застройки для детских садов, 68 % для школ и 85 % для учреждений дополнительного образования. Минимальные значения для детских садов и школ зафиксированы в Заволжском районе – 18 и 15 % соответственно. В Восточном районе охват составляет 44 % для детских садов и 27 % для школ, при этом учреждения дополнительного образования отсутствуют. В Шекснинском районе показатели составляют 41, 35 и 38 % соответственно.

В Западном и Южном районах, несмотря на значительное количество объектов, охват

жилой застройки не является полным и составляет 52–71 % в зависимости от типа объекта. В Переборском районе показатели составляют 52 % для детских садов, 58 % для школ и 45 % для дополнительного образования.

Сопоставление результатов показывает, что низкие показатели охвата характерны прежде всего для Заволжского и Восточного районов. При этом наличие большего количества объектов в отдельных районах не обеспечивает полного охвата жилой застройки нормативными радиусами. Это показывает необходимость учитывать при оценке доступности не только количество и размещение объектов, но и пространственную структуру жилой застройки [5, 22].

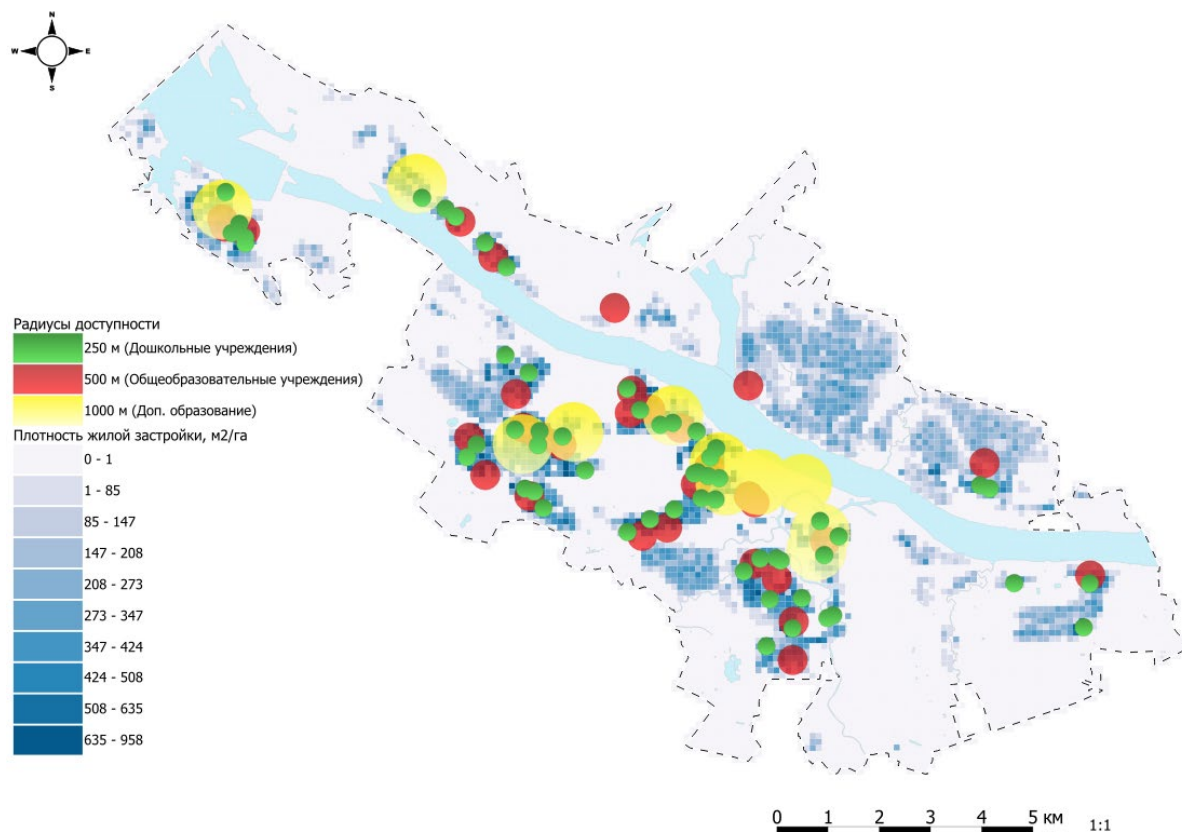


Рис. 2. Карта доступности объектов образования (иллюстрация авторов)
Fig. 2. Map of accessibility of educational facilities (illustration by the authors)

Полученные результаты соответствуют применяемому в исследованиях подходу к оценке доступности социальной инфраструктуры с использованием ГИС и пространственных методов [8, 10, 14, 15, 18, 19, 23]. В рассматриваемом случае сопоставление размещения образовательных объектов с плотностью жилой застройки позволяет дополнительно выявить территории, не охваченные нормативными зонами доступности.

Заключение

В результате выполненного исследования проведен анализ территориальных особенностей размещения и доступности образовательных учреждений Рыбинска:

1. Установлена территориальная неравномерность размещения образовательных учреждений. 72 % рассматриваемых объектов сосредоточено в Центральном, Западном и Южном районах Рыбинска. Заволжский и Восточный районы характеризуются малым количеством объектов и полным отсутствием учреждений дополнительного образования.

2. Оценена обеспеченность жилой застройки нормативными зонами пешеходной доступности. Охват жилой застройки составляет 18–72 % для детских садов, 15–68 % для школ и 0–85 % для учреждений дополнительного образования. Наиболее низкие показатели характерны для Заволжского и Восточного районов.

3. Выявлена внутрирайонная неоднородность пространственной доступности. Даже в районах с высокой концентрацией образовательных объектов значительная часть жилой застройки располагается вне нормативных радиусов, что показывает необходимость учитывать пространственное распределение жилой застройки при оценке обеспеченности.

4. Определены территории, требующие дальнейшей проработки при планировании развития образовательной инфраструктуры. Результаты создают основу для определения фактической доступности и обоснования размещения новых объектов с учетом конфигурации дорожно-уличной сети и временных затрат на перемещение.

Список литературы

1. Генеральный план городского округа город Рыбинск // Федеральная государственная информационная система территориального планирования. – Режим доступа: <https://fgistp.economy.gov.ru/lk/#/document-show/347950> (дата обращения: 19.06.2026), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
2. Гонюхов П. О. Являются ли постсоветские города 15-минутными? Различия пешеходной доступности базовых городских услуг по морфотипам жилой застройки Краснодар, Саратова и Набережных Челнов

- / П. О. Гонюхов, А. В. Шелудков // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2024. – Т. 88, № S5. – С. 820–835. – DOI 10.31857/S2587556624050142.
3. Государственная информационная система жилищно-коммунального хозяйства. – Режим доступа: <https://dom.gosuslugi.ru> (дата обращения: 20.06.2026), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
4. Российская Федерация. Градостроительный кодекс Российской Федерации : Федеральный закон № 190-ФЗ от 29.12.2004 // Собрание законодательства РФ. – 2005. – № 1 (ч. 1). – Ст. 16.
5. Иванкова М. А. Отечественный опыт определения потребности в инженерной инфраструктуре при градостроительном развитии территорий / М. А., Иванкова, Т. В. Костюченко, Д. И. Саттарова, Э. Г. Мартиросов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2024. – № 4 (50). – С. 65–70. – DOI 10.52684/2312-3702-2024-50-4-65-70.
6. Картографирование социальной инфраструктуры города Перми // Вестник СГУГиТ. – 2026. – Т. 31, № 2. – С. 98–105. – DOI 10.33764/2411-1759-2026-31-2-98-105.
7. Макарова К. П. Математико-картографическое моделирование плотности застройки городской среды / К. П. Макарова, Ю. С. Левина, О. А. Зарубин, А. Е. Климов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2018. – № 3. – DOI 10.22281/2413-9920-2018-04-03-321-327.
8. Семина И. А. Применение геоинформационных технологий в изучении уровня обеспеченности объектами дошкольного образования на территориях Новой Москвы / И. А. Семина, С. С. Ефимов, С. А. Копнина, Л. Н. Фоломейкина // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2023. – Т. 29, № 2. – С. 453–470. – DOI 10.35595/2414-9179-2023-2-29-453-470.
9. Российская Федерация. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года : Указ Президента РФ № 309 от 07.05.2024 // Собрание законодательства РФ. – 2024. – № 19. – Ст. 2321.
10. Рыбкина Г. В. Промышленная цифровизация в строительстве: многоаспектный подход и ключевые технологии / Г. В. Рыбкина, И. А. Зайцева, С. А. Логинова, А. В. Симагин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2024. – № 2 (48). – С. 77–84. – DOI 10.52684/2312-3702-2024-48-2-77-84.
11. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*. – М. : Минстрой России, 2016. – 101 с.
12. Численность населения города Рыбинска // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ярославской области. – Режим доступа: <https://76.rosstat.gov.ru/folder/225859> (дата обращения: 19.06.2026), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
13. OpenStreetMap. – Режим доступа: <https://www.openstreetmap.org> (дата обращения: 19.06.2026), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
14. Deniz M. Analysis of accessibility to public schools with GIS: a case study of Salihli city (Turkey) / M. Deniz // Children's Geographies. – 2023. – Vol. 22, № 1. – P. 30–51. – DOI 10.1080/14733285.2023.2209532.
15. Fransen K. A commuter-based two-step floating catchment area method for measuring spatial accessibility of daycare centers / K. Fransen, T. Neutens, P. De Maeyer, G. Deruyter // Health & Place. – 2015. – Vol. 32. – P. 65–73. – DOI 10.1016/j.healthplace.2015.01.002.
16. Geng J. Spatial Equity of Children's Extracurricular Activity Facilities Under Government–Market Dual Provision Systems: Evidence from Tianjin / J. Geng, P. Zeng, J. Li, X. Ren, L. Cai // ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2026. – Vol. 15, № 2. – Art. 63. – DOI 10.3390/ijgi15020063.
17. Gómez J. M. Spatial Equity Analysis of Educational Service. Methodological Proposal Based on a Transport Supply Model / J. M. Gómez, C. A. Moncada, D. A. Escobar // GeoJournal of Tourism and Geosites. – 2023. – Vol. 51, № 4 (suppl.). – P. 1622–1628. – DOI 10.30892/gtg.514spl03-1158.
18. Kim H. Disparity in Spatial Access to Public Daycare and Kindergarten across GIS-Constructed Regions in Seoul, South Korea / H. Kim, F. Wang // Sustainability. – 2019. – Vol. 11, № 19. – Art. 5503. – DOI 10.3390/su11195503.
19. Method for Analysing the Association Between School-Built Environment and Home-School Route Measures with Active Commuting to School in Urban Children and Adolescents // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2020. – Vol. 17, № 7. – Art. 2295. – DOI 10.3390/ijerph17072295.
20. No W. Children's walking to urban services: an analysis of pedestrian access to social infrastructures and its relationship with land use / W. No, J. Choi, Y. Kim // International Journal of Geographical Information Science. – 2022. – Vol. 37, № 1. – P. 189–214. – DOI 10.1080/13658816.2022.2104455.
21. Oanh H. H. Developing a tool to identify residential areas out of preschool service areas with buffer analysis / H. H. Oanh, T. T. Nhat // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2024. – P. 012006. – DOI 10.1088/1755-1315/1345/1/012006.
22. Podawka K. Educational Accessibility as an Element of Sustainable Urban Transformation: The Case of Poland in the Context of Legislative Reform / K. Podawka, A. Pawłat-Zawrzykraj, M. Ogryzek // Land. – 2025. – Vol. 14, № 9. – Art. 1924. – DOI 10.3390/land14091924.
23. Telega A. Measuring Walkability with GIS – Methods Overview and New Approach Proposal / A. Telega, I. Telega, A. Bieda // Sustainability. – 2021. – Vol. 13, № 4. – Art. 1883. – DOI 10.3390/su13041883.
24. Zhao J. Evaluation and Optimization of Walkability of Children's School Travel Road for Accessibility and Safety Improvement / J. Zhao, W. Su, J. Luo, J. Zuo // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – Vol. 19, № 1. – Art. 71. – DOI 10.3390/ijerph19010071.

References

1. Generalnii plan gorodskogo okruga gorod Ribinsk [General Plan of the Rybinsk Urban District]. *Federalnaya gosudarstvennaya informatsionnaya sistema territorialnogo planirovaniya* [Federal State Information System for Territorial Planning]. Available at: <https://fgistp.economy.gov.ru/lk/#/document-show/347950> (accessed: 19.06.2026).
2. Gonyukhov P. O., Sheludkov A. V. Yavlyayutsya li postsovetskie goroda 15-minutnimi? Razlichiya peshekhodnoi dostupnosti bazovikh gorodskikh uslug po morfotipam zhiloi zastroiki Krasnodara, Saratova i Naberezhnikh Chelnov [Are Post-Soviet Cities 15-Minute Cities? Differences in Walking Accessibility of Basic Urban Services by Residential Morphological Types in Krasnodar, Saratov, and Naberezhnye Chelny]. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series]. 2024, vol. 88, no. S5, pp. 820–835. DOI 10.31857/S2587556624050142.
3. *Gosudarstvennaya informatsionnaya sistema zhilishchno-kommunalnogo khozyaistva* [State Information System for Housing and Public Utilities]. Available at: <https://dom.gosuslugi.ru> (accessed: 20.06.2026).
4. Rossiiskaya Federatsiya. Gradostroitel'nyi kodeks Rossiiskoi Federatsii : Federalnii zakon № 190-FZ ot 29.12.2004 [Russian Federation. Urban Development Code of the Russian Federation: Federal Law No. 190-FZ of December 29, 2004]. *Sobranie zakonodatel'stva RF* [Collection of Laws of the Russian Federation]. 2005. no. 1 (ch. 1), st. 16.
5. Ivankova M. A., Kostyuchenko T. V., Sattarova D. I., Martirosov E. G. Otechestvennii opit opredeleniya potrebnosti v inzhenernoi infrastrukture pri gradostroitel'nom razvitii territorii [Domestic experience in determining the need for engineering infrastructure in urban development of territories]. *Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya* [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region]. 2024, no. 4 (50), pp. 65–70. DOI 10.52684/2312-3702-2024-50-4-65-70.
6. Kartografirovaniye sotsialnoi infrastruktury goroda Permi [Mapping the Social Infrastructure of Perm]. *Vestnik SGUGiT* [Bulletin of SSUGiT]. 2026, vol. 31, no. 2, pp. 98–105. DOI 10.33764/2411-1759-2026-31-2-98-105.
7. Makarova K. P., Levina Yu. S., Zarubin O. A., Klimov A. Ye. Matematiko-kartograficheskoe modelirovaniye plotnosti zastroiki gorodskoi sredi [Mathematical and cartographic modeling of urban development density]. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta* [Scientific and Technical Bulletin of Bryansk State University]. 2018, no. 3. DOI 10.22281/2413-9920-2018-04-03-321-327.
8. Semina I. A., Yefimov S. S., Kopnina S. A., Folomeikina L. N. Primeneniye geoinformatsionnykh tekhnologii v izuchenii urovnya obespechennosti obektami doskol'nogo obrazovaniya na territoriyakh Novoi Moskvi [Application of geoinformation technologies in studying the level of provision of preschool education facilities in the territories of New Moscow]. *InterKarto. InterGIS*. 2023, vol. 29, no. 2, pp. 453–470. DOI 10.35595/2414-9179-2023-2-29-453-470.
9. Rossiiskaya Federatsiya. O natsionalnykh tselyakh razvitiya Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda i na perspektivu do 2036 goda : Ukaz Prezidenta RF № 309 ot 07.05.2024 [Russian Federation. On the national development goals of the Russian Federation through 2030 and through 2036: Decree of the President of the Russian Federation no. 309 of May 7, 2024]. *Sobranie zakonodatel'stva RF* [Collected Legislation of the Russian Federation]. 2024, no. 19, st. 2321.
10. Ribkina G. V., Zaitseva I. A., Loginova S. A., Simagin A. V. Promishlennaya tsifrovizatsiya v stroitel'stve: mnogoaspektnyi podkhod i klyuchevye tekhnologii [Industrial digitalization in construction: a multifaceted approach and key technologies]. *Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya* [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region]. 2024, no. 2 (48), pp. 77–84. DOI 10.52684/2312-3702-2024-48-2-77-84.
11. SP 42.13330.2016. *Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastroika gorodskikh i selskikh poselenii. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.07.01-89** [Urban development. Planning and development of urban and rural settlements. Updated version of SNIp 2.07.01-89*]. Moscow : Minstroy Rossii; 2016, 101 p.
12. Chislennost naseleniya goroda Ribinska [Population of the city of Rybinsk]. *Territorialnyi organ Federalnoi sluzhbi gosudarstvennoi statistiki po Yaroslavskoi oblasti* [Territorial Office of the Federal State Statistics Service for the Yaroslavl Region]. Available at: <https://76.rosstat.gov.ru/folder/225859> (accessed: 19.06.2026).
13. *OpenStreetMap*. Available at: <https://www.openstreetmap.org> (accessed: 19.06.2026).
14. Deniz M. Analysis of accessibility to public schools with GIS: a case study of Salihli city (Turkey). *Children's Geographies*. 2023, vol. 22, no. 1, pp. 30–51. DOI 10.1080/14733285.2023.2209532.
15. Fransen K., Neutens T., De Maeyer P., Deruyter G. A commuter-based two-step floating catchment area method for measuring spatial accessibility of daycare centers. *Health & Place*. 2015, vol. 32, pp. 65–73. DOI: 10.1016/j.healthplace.2015.01.002.
16. Geng J., Zeng P., Li J., Ren X., Cai L. Spatial Equity of Children's Extracurricular Activity Facilities Under Government-Market Dual Provision Systems: Evidence from Tianjin. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2026, vol. 15, no. 2, art. 63. DOI 10.3390/ijgi15020063.
17. Gómez J. M., Moncada C. A., Escobar D. A. Spatial Equity Analysis of Educational Service. Methodological Proposal Based on a Transport Supply Model. *GeoJournal of Tourism and Geosites*. 2023, vol. 51, no. 4 (suppl.), pp. 1622–1628. DOI 10.30892/gtg.514spl03-1158.
18. Kim H., Wang F. Disparity in Spatial Access to Public Daycare and Kindergarten across GIS-Constructed Regions in Seoul, South Korea. *Sustainability*. 2019, vol. 11, no. 19, art. 5503. DOI 10.3390/su11195503.
19. Method for Analysing the Association Between School-Built Environment and Home-School Route Measures with Active Commuting to School in Urban Children and Adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020, vol. 17, no. 7, art. 2295. DOI 10.3390/ijerph17072295.
20. No W. Choi, J., Kim Y. Children's walking to urban services: an analysis of pedestrian access to social infrastructures and its relationship with land use. *International Journal of Geographical Information Science*. 2022, vol. 37, no. 1, pp. 189–214. DOI 10.1080/13658816.2022.2104455.
21. Oanh H. H., Nhat T. T. Developing a tool to identify residential areas out of preschool service areas with buffer analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2024, pp. 012006. DOI 10.1088/1755-1315/1345/1/012006.

22. Podawca K., Pawlat-Zawrzykraj A., Ogryzek M. Educational Accessibility as an Element of Sustainable Urban Transformation: The Case of Poland. *Land*. 2025, vol. 14, no. 9, art. 1924. DOI: 10.3390/land14091924.
23. Telega A., Telega I., Bieda A. Measuring Walkability with GIS – Methods Overview and New Approach Proposal. *Sustainability*. 2021, vol. 13, no. 4, art. 1883. DOI 10.3390/su13041883.
24. Zhao J., Su W., Luo J., Zuo J. Evaluation and Optimization of Walkability of Children's School Travel Road for Accessibility and Safety Improvement. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022, vol. 19, no. 1, art. 71. DOI 10.3390/ijerph19010071.

© И. В. Дмитриюков, О. В. Ладыгина, Н. А. Яманина

Ссылка для цитирования:

Дмитрюков И. В., Ладыгина О. В., Яманина Н. А. Социальная инфраструктура крупного города: пространственная доступность объектов образования (на примере г. Рыбинска // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2026. № 3 (57). С. 20–27.

УДК 711.4

DOI 10.52684/2312-3702-2026-57-3-27-33

АДАПТИВНЫЕ ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМ ПЛАНИРОВАНИИ И ПРОЕКТИРОВАНИИ БЕРЕГОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ МАЛЫХ РЕК

Е. В. Котлярова, А. А. Карамышева

Котлярова Екатерина Владимировна, кандидат экономических наук, доцент Института опережающих технологий, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, тел.: + 7 (918) 555-86-10, e-mail: ekkot.arch@gmail.com;

Карамышева Анна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги», Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, тел.: + 7 (988) 586-26-85, e-mail: kaa-10-07-86@mail.ru

Объект исследования – береговые территории малых рек крупных городов, рассматриваемые как единая природно-градостроительная система. Рассмотрена возможность применения динамических адаптивных энергосистем при градостроительном планировании береговых территорий малых рек. Уточнено, что технические решения отдельного здания приобретают градостроительное значение только при их согласовании с режимом поверхностного стока, строением прибрежной полосы и задачами восстановления водосбора. Материалом исследования послужили опубликованные авторами модели планирования береговых территорий и положения об интеграции возобновляемых источников энергии в архитектуру. Была использована систематизация исследований, включая бассейновый подход, и, с помощью структурно-функционального анализа и двухступенчатого отбора мероприятий была получена схема «здание – квартал – берег – водосбор». Каждому уровню соответствует свое проектное решение с проверяемым результатом и описанием типичных ошибок. С учетом порядка отбора мероприятий сделан вывод, что адаптивная энергосистема на береговых территориях малых рек должна рассматриваться как часть водно-зеленой инфраструктуры, а не как отдельный технологический объект.

Ключевые слова: малые реки; береговые территории; градостроительное планирование; адаптивные энергосистемы; водно-зеленая инфраструктура; возобновляемые источники энергии; городская среда.

ADAPTIVE ENERGY-ECOLOGICAL SYSTEMS IN URBAN PLANNING AND DESIGN OF COASTAL AREAS OF SMALL RIVERS

Ye. V. Kotlyarova, A. A. Karamysheva

Kotlyarova Yekaterina Vladimirovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Institute of Advanced Technologies, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation, phone: + 7 (918) 555-86-10, e-mail: ekkot.arch@gmail.com;

Karamysheva Anna Anatolyevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Automobile Roads Department, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation, phone: + 7 (988) 586-26-85, e-mail: kaa-10-07-86@mail.ru

Small-river waterfronts in large cities are treated as integrated spatial, ecological and infrastructure systems. The possibility of applying of dynamic adaptive energy systems to urban planning for the coastal areas of small rivers is considered. It is clarified that technical solutions for individual buildings acquire urban planning significance only when they are aligned with the surface runoff regime, the coastal structure, and the objectives of watershed restoration. The study draws on published coastal planning models and regulations on the integration of renewable energy sources into architecture. A systematized study, including a basin approach, was used, and a "building-block-riverbank-watershed" scheme was developed using structural and functional analysis and a two-stage selection of measures. Each level corresponds to a specific design solution with a verifiable result and a description of typical errors. Taking into account