

УДК 528.94 (470.345)

МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ
ЗАСТРОЙКИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

MATHEMATICAL-CARTOGRAPHIC MODELING OF DENSITY OF BUILDING
OF URBAN ENVIRONMENT

Макарова К.П., Левина Ю.С., Зарубин О.А., Климов А.Е.
Makarova K.P., Levina Yu.S., Zarubin O.A., Klimov A.E.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва
(Саранск, Россия)

National Research Mordovia State University (Saransk, Russian Federation)

Аннотация. Статья посвящена проблемам математико-картографического моделирования плотности застройки городской среды как важнейшего показателя, используемого в градостроительной практике. Исследование проводилось на примере территории Пролетарского района г.о. Саранск. Моделирование выполнено в ArcGIS 10.0 на основе созданных электронных слоев и пространственных баз данных. В качестве статистических данных использовались характеристика жилого фонда административного района. Картографической основой послужили карта функциональных зон Генерального плана г. о. Саранск и геоизображения сервиса Яндекс.Карты (программа SAS.Planet). В результате реализации этапов математико-картографического моделирования спроектирована карта плотности застройки Пролетарского района г.о. Саранск. Проведено экспериментальное исследование, направленное на выбор оптимального размера ячейки для регулярной сетки при построении картографической модели. В ходе анализа полученных результатов выявлено, что плотность застройки изучаемой территории соответствует нормативным показателям.

Ключевые слова: математико-картографическое моделирование, геоинформационная система, плотность застройки, карта, ArcGIS v. 10.0.

Дата принятия к публикации: 24.08.2018
Дата публикации: 25.09.2018

Сведения об авторах:

Макарова Кристина Павловна – бакалавр 4-го года обучения направления подготовки «Картография и геоинформатика» Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва, makarova_kristina15@mail.ru.

Левина Юлия Сергеевна – магистрант кафедры землеустройства и ландшафтного планирования Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва, julia.levina2015@yandex.ru.

Abstract. The article is devoted to the problems of mathematical-cartographic modeling of the density of building as the most important indicator of urban planning. The research was conducted on the example of the territory of Proletarsky area of the city district of Saransk. Modeling is performed in the ArcGIS 10.0 based on the created electronic layers and spatial databases. Characteristics of the housing stock of Proletarsky area of the city district of Saransk was used as a statistical data. The map of the functional zones of the General Plan of the city district of Saransk and the geoimage from the Yandex.Maps service (the SAS.Planet program) served as the initial map data. The projection of Gauss Kruger, coordinate system SK-42 was used for the projected maps. The density map of the Proletarsky area of the city district of Saransk was obtained as a result of the implementation of the stages of mathematical and cartographic modeling. An experimental research was conducted on the choice of the most optimal cell size for a regular grid when constructing a cartographic model. The compliance of the density of the building of the Proletarsky area with normative indicators was revealed by the authors.

Keywords: mathematical-cartographic modeling, geoinformation system, building density, map, ArcGIS v. 10.0.

Date of acceptance for publication: 24.08.2018
Date of publication: 25.09.2018

Authors' information:

Kristina P. Makarova – bachelor of the 4th year of training of the direction of training "Cartography and Geoinformatics" at the National Research Mordovia State University, makarova_kristina15@mail.ru.

Yulia S. Levina – undergraduate student of the Department of Land Management and Landscape Planning at the National Research Mordovia State University, julia.levina2015@yandex.ru.

Зарубин Олег Александрович – преподаватель кафедры землеустройства и ландшафтного планирования Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва, *oleg-zarubin@list.ru*.
ORCID: 0000-0002-3410-1139

Климов Александр Евгеньевич – магистрант кафедры землеустройства и ландшафтного планирования Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва, *alex_klim1995@mail.ru*.

Современные тенденции устойчивого эколого-социально-экономического территориального планирования на региональном и локальном уровнях ориентированы на комплексный учет природных, экономических, социальных, исторических и иных факторов развития территории [1]. Особое значение исследования в данной области приобретают для городов, являющихся многофункциональными центрами и выполняющими политические, промышленные, деловые, культурные, спортивные и туристские функции. Задача изучения пространственной организации городской территории актуальна и для Саранска, характеризующегося расширением городских функций в связи с проведением матчей Чемпионата мира по футболу FIFA 2018™, развитием системы общественных пространств, высокими темпами жилищного строительства.

В качестве одного из важнейших градостроительных параметров городской территории является плотность застройки. Согласно СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» (актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89) [6] данный параметр может определяться двумя показателями:

- коэффициентом застройки (отношение площади под зданиями и сооружениями к площади участка (квартала));

- коэффициентом плотности застройки (отношение площади всех этажей зданий и сооружений к площади участка (квартала)).

Динамичные изменения планировочной структуры, следовательно, и плотности застройки, ставят задачи оперативного моделирования и пространственного анализа городской среды для принятия верных управленческих решений. В географии и смежных нау-

† **Oleg A. Zarubin** – lecturer of the Department of Land Management and Landscape Planning at the National Research Mordovia State University, *oleg-zarubin@list.ru*. ORCID: 0000-0002-3410-1139

† **Alexander E. Klimov** – undergraduate student of the Department of Land Management and Landscape Planning at the National Research Mordovia State University, *alex_klim1995@mail.ru*.

ках решение данной задачи основывается на применении геоинформационных (ГИС) технологий, позволяющих накапливать, хранить, анализировать и интерпретировать большие объемы пространственно-распределенной информации. Математико-картографическое моделирование на основе ГИС-технологий основывается на сочетании математических и картографических моделей для создания прикладных карт и их применении для решения практико-ориентированных задач. Сочетание математических и картографических моделей может выражаться как в простых формах, так и в виде сложного многостадийного процесса. Последний строится из элементарных моделей-звеньев. Схематично такая модель выражается следующим образом: данные + математическая модель = результат моделирования [4].

Обработка методики математико-картографического моделирования плотности застройки производилась для Пролетарского района г.о. Саранск. Выбор объекта исследования связан, с одной стороны, со сложившейся планировочной структурой и многофункциональным характером городской среды, с другой стороны, – с высокой численностью населения и значительным потенциалом территории для дальнейшего промышленного и гражданского строительства.

Пролетарский район расположен в северо-западной части городского округа. Район создавался на основе разработанного в 1960 году институтом «Гипрогор» проекта планировки и застройки Саранска. В настоящее время численность населения района (95 372 тыс. чел. [5]) соответствует проектной. В соответствии с Генеральным планом г.о. Саранск в структуре территории района с учетом исторически сложившихся особенностей

выделяются жилые (северо-западная часть), рекреационные (юго-западная часть) и производственные (восточная часть) функцио-

нальные зоны. Дисперсно в планировочной структуре района расположены общественно-деловые зоны (рис. 1).

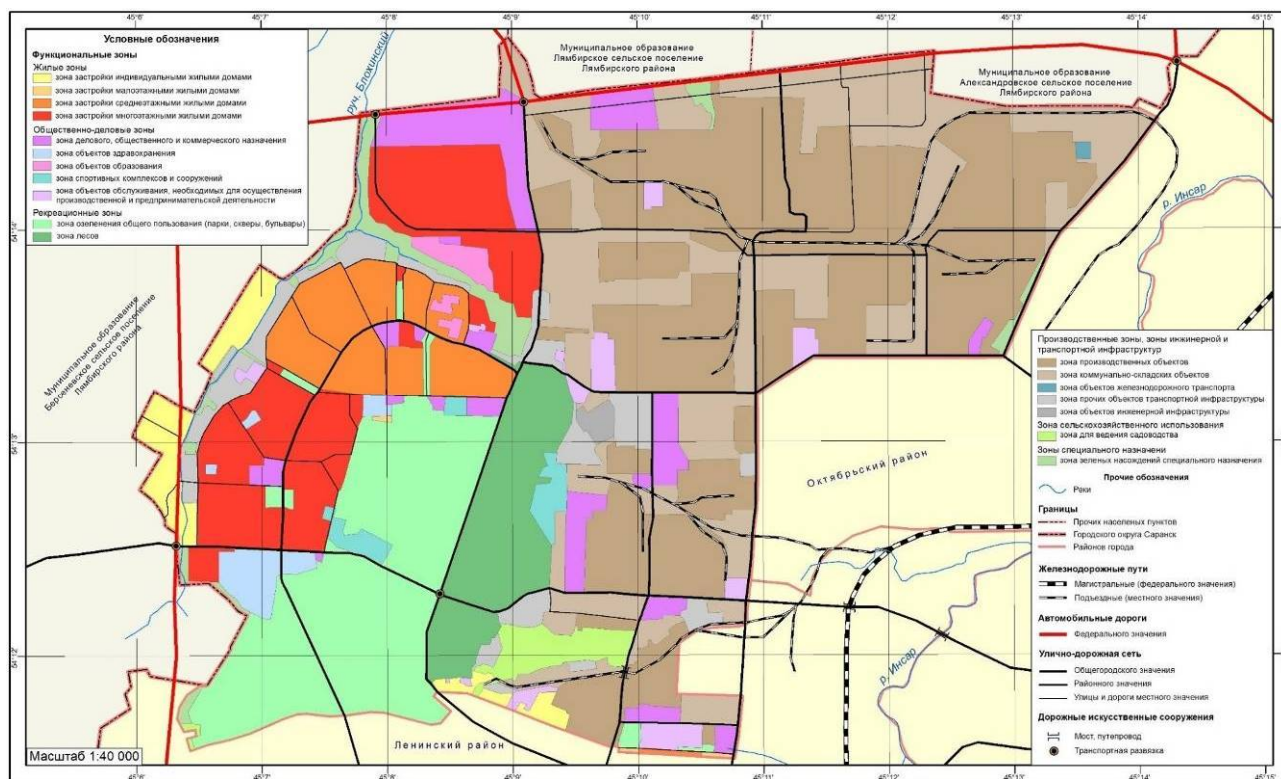


Рис. 1. Карта функциональных зон на территории Пролетарского района г.о. Саранск (по данным Генерального плана г.о. Саранск [3])

В исследовании в качестве статистических данных использована характеристика жилого фонда Пролетарского района г.о. Саранск, предоставленная администрацией района. Исходными картографическими данными послужили карта функциональных зон Генерального плана г.о. Саранск и геоизображения, полученные с сервиса Яндекс.Карты в программе SAS.Planet. Для создания электронной версии карт был выбран программный продукт ГИС ArcGIS версия 10.0. Для проектируемых карт использовалась проекция Гаусса-Крюгера, система координат – СК-42.

С учетом опыта математико-картографического моделирования территории г.о. Саранск [2] было решено работу в среде ГИС ArcGIS версия 10.0 проводить в несколько этапов (рис. 2).

На первом этапе для создания карты плотности застройки на территории Пролетарского района г.о. Саранск в ГИС ArcGIS

была создана регулярная сетка 200×200 м.

Пространственное наложение слоев производилось с использованием функциональных возможностей ГИС ArcGIS 10.0 с помощью модуля «Геообработка» (Geo-Processing), который позволяет выполнять разбиение и соединение объектов по ячейкам регулярной сетки. Через функцию «Калькулятор» была рассчитана площадь полученных объектов. Далее, значение в каждой ячейке сети делилось на площадь одной ячейки ($40\ 000\ \text{м}^2$), затем показатели были умножены на 100 %. В результате была рассчитана плотность застройки на $10\ 000\ \text{м}^2$ (или на 1 га). Далее полученные значения присваивались центральной точке каждой ячейки сети. Таким образом, была получена регулярная сеть точек со значениями плотности застройки (рис. 3).

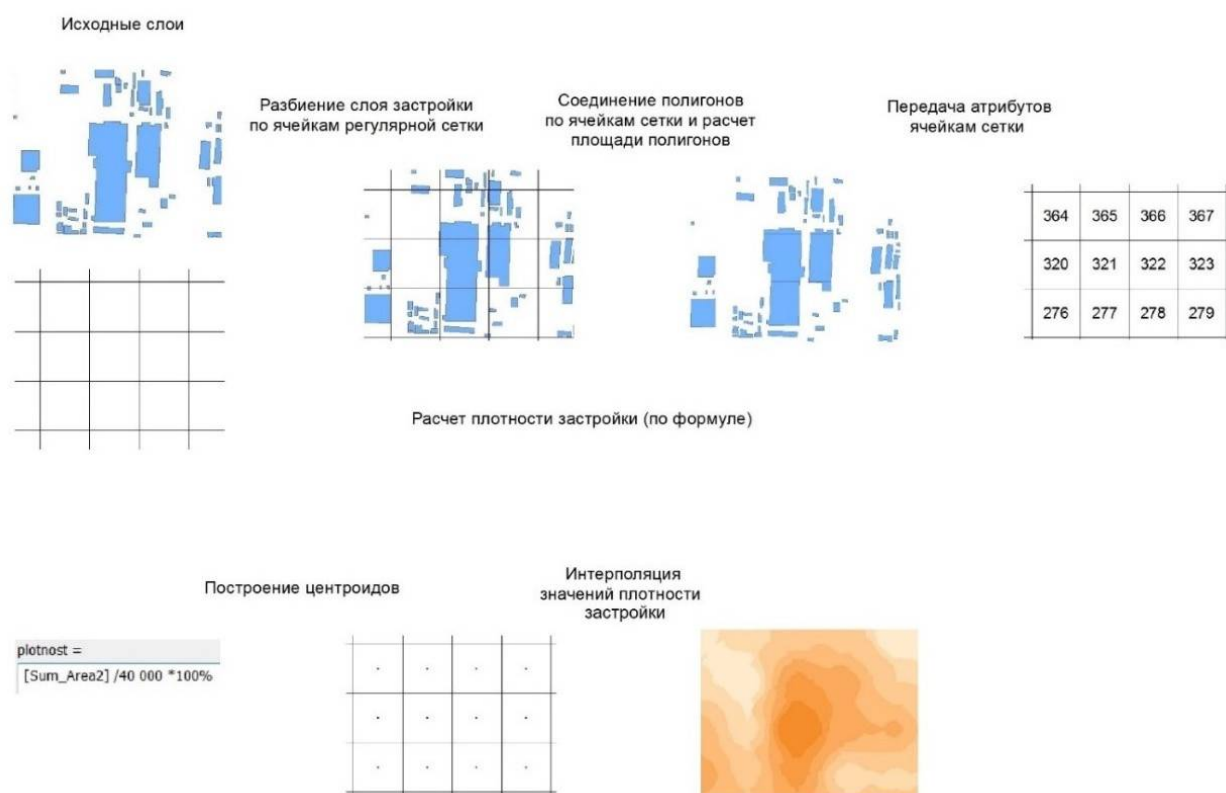


Рис. 2. Основные этапы обработки данных при создании карт плотности застройки

Используя метод пространственной интерполяции ОВР была построена поверхность распределения плотности застройки. Значение каждого пиксела полученного растра соответствует плотности застройки в процентах в каждой конкретной точке, что соответствует площади застройки в гектарах (число строений на 1 га, %).

При построении картографической модели было проведено экспериментальное исследование, направленное на выбор наиболее оптимального размера ячейки регулярной сетки. На рис. 4 представлено сравнение поверхностей, построенных с использованием разных размеров ячейки. Исследования показали, что от этого параметра зависит детальность изображения плотности застройки результирующей поверхности. Меньший размер ячейки отображает более локальные изменения («ядра»), но он может оказаться настолько мал, что большинство ячеек сетки будет иметь нулевое значение. Использование большого шага ведет к более обобщенному отображению явления, отдельные зоны застройки объединяются в единое целое. Все

это может усложнить дальнейший анализ распределения плотности застройки, поэтому в качестве наиболее оптимального варианта, была выбрана регулярная сетка с размером ячейки 200×200 м, представленная на рис. 4, в.

На рис. 5 представлена полученная карта плотности застройки Пролетарского района г.о. Саранск. Шкала для карты плотности застройки была выбрана на основе гистограммы распределения частот.

Наибольшая плотность застройки (более 40 %) наблюдается на участках производственных зон. В западной части района, где преобладают жилые функциональные зоны, плотность застройки варьирует от 10 % до 40 %. Ближе к центру района и между кварталами на северо-востоке района наблюдается минимальный процент плотности застройки.

Соответствие полученных в результате математико-картографического моделирования данных нормативным показателям плотности застройки, установленным СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских по-

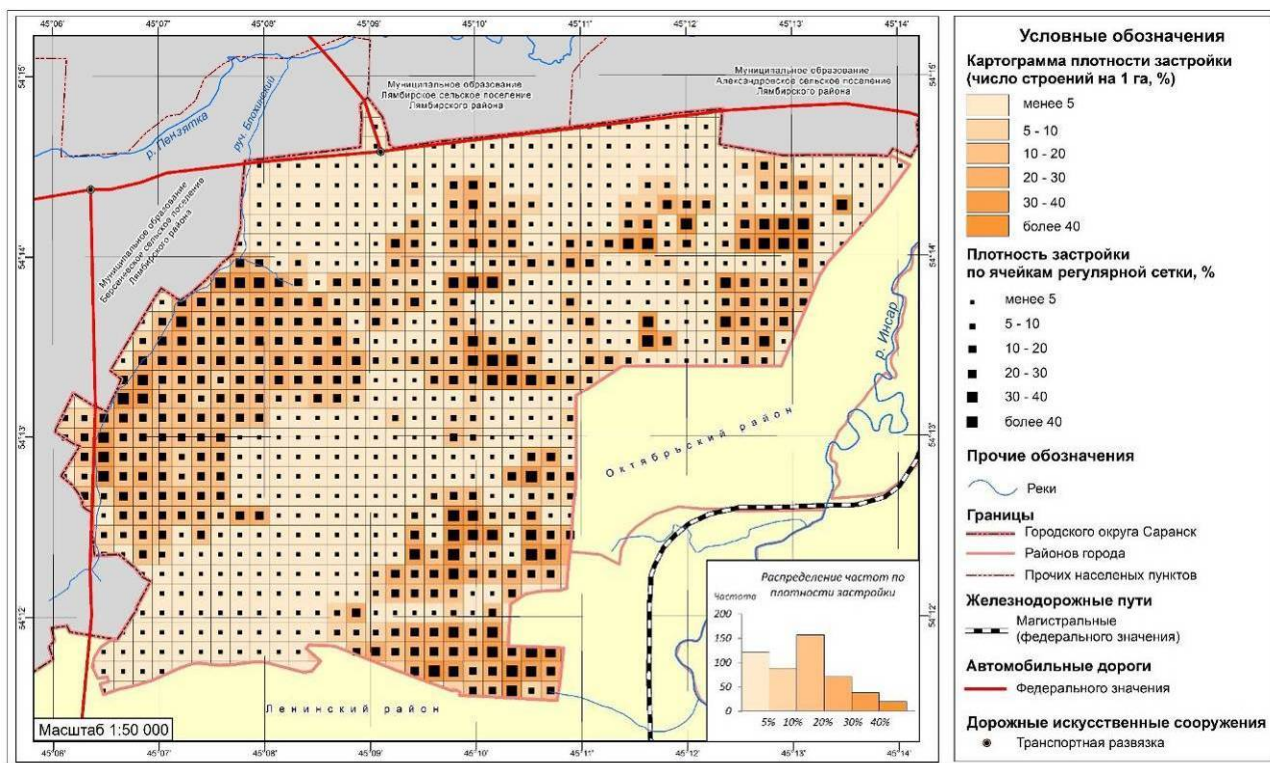


Рис. 3. Картограмма плотности застройки Пролетарского района г.о. Саранск

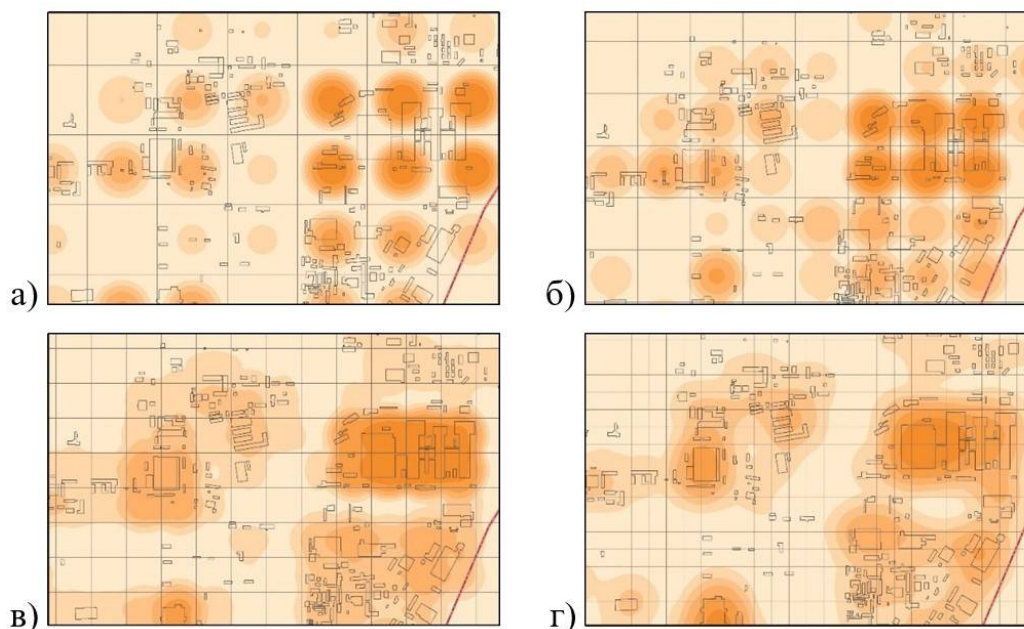


Рис. 4. Сравнение результатов обработки слоя застройки с использованием сетки с разным размером ячейки: а - 400×400 м; б - 300×300 м; в - 200×200 м; г - 100×100 м

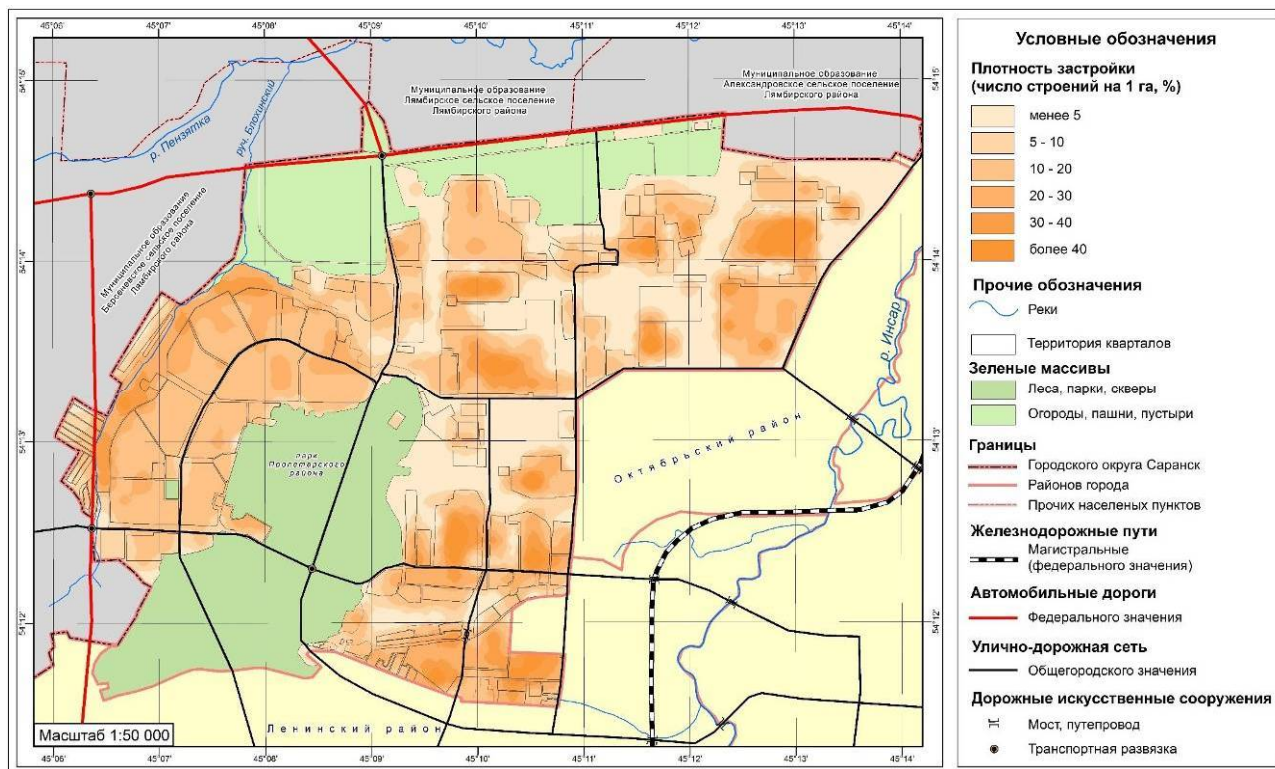


Рис. 5. Плотность застройки Пролетарского района г.о. Саранск

селений» (актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89) [6], производился на основании анализа коэффициента застройки. Наибольшую актуальность данное исследование имеет для густонаселенных жилых зон, так как характер застройки является важнейшим условием формирования комфортной среды обитания.

Так, северо-западная часть Пролетарского района, представленная жилым микрорайоном «Светотехстрой», соответствует градостроительному нормативу коэффициента застройки многоэтажными жилыми домами в 0,4 [6]. Для большинства кварталов данный показатель не превышает 0,1, максимальное значение (0,13) отмечено в квартале, ограни-

ченном улицей Веселовского, Лямбирским шоссе, проспектом 60-летия Октября и бульваром Веденяпиных.

Таким образом, математико-картографическое моделирование плотности застройки городской среды позволило сделать выводы о соответствии сложившейся планировочной структуры территории Пролетарского района г.о. Саранск нормативным показателям в части жилых зон. В связи с динамичным характером развития городского округа целесообразно аналогичные исследования провести для других районов с целью выработки рекомендаций по градостроительному освоению незастроенных территорий.

Список литературы

1. Геоинформационная поддержка процесса организации гармоничного взаимодействия природных, социальных и производственных систем региона / С.М. Вдовин, С.А. Ямашкин, М.М. Радованович, А.А. Ямашкин, О.А. Зарубин // Теория и практика гармонизации взаимодействия природных, социальных и производственных систем региона: материалы Междунар. науч.-

References

1. Vdovin S.M., Yamashkin S.A., Radovanovic M.M., Yamashkin A.A., Zarubin O.A. Geoinformation support of organization of harmonious interaction of natural, social and production systems of the region. *Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Teoriya i praktika harmonizatsii vzaimodeystviya prirodnykh, sotsialnykh i proizvodstvennykh sistem regiona"* [Proceed-

практ. конф., 12-13 окт. 2017 г., г. Саранск: в 2 ч. / редкол.: С.М. Вдовин [и др.]. – Саранск, 2017. – Т. 1. – С. 50–58.

2. Долгачева, Т.А. Оценка комфортности проживания населения в городе: на примере г. Саранска: дис. ... канд. геогр. наук / Т.А. Долгачева. – Калуга, 2006. – 174 с.

3. Об утверждении Генерального плана городского округа Саранск: решение Совета депутатов городского округа Саранск от 23 апреля 2014 г. № 333: принято Советом депутатов городского округа Саранск // Информационный бюллетень Совета депутатов и Администрации г.о. Саранск. – 2014. – 25 апр. (№ 8).

4. Основы геоинформатики: в 2 кн. / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарёв, В.С. Тикунов [и др.]; под ред. В. С. Тикунова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – Кн.1. – 352 с.

5. Оценка численности постоянного населения на 1 января 2017 г. [Электронный ресурс]: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Мордовия. – Режим доступа: http://mrd.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/mrd/ru/statistics/population/.

6. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений (актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89). – Введ. 2017-07-01. – М.: Минстрой России, 2011. – 94 с.

ings of the International Scientific and Practical Conference, part 1]. Saransk, 2017, pp. 50-58. (In Russian)

2. Dolgacheva T.A. Assessment of the comfort of living in the city: the example of Saransk. Diss. Cand. Sci. (Geography). Kaluga. 2006. 174 p. (In Russian)

3. On the approval of the General Plan of the city district of Saransk: the decision of the Council of Deputies of the city district of Saransk of April 23, 2014, No. 333: adopted by the Council of Deputies of the city district of Saransk // Information Bulletin of the Council of Deputies and the Administration of the city district of Saransk. – 2014. – 25 April. (№ 8) (In Russian)

4. Kapralov E.G., Koshkarev A.V., Tikunov V.S., Zavarzin A.V., Lurie I.K., Rylsky I.A., Trofimov A.M., Fleis M.E., Yarovoy V.B. *Osnovy geoinformatiki: v 2 kn.* [Fundamentals of geoinformatics: a textbook for high schools: in 2 books]. Moscow, Publishing center "Academy", 2004. 352 p. (In Russian)

5. Ocenka chislennosti postoyannogo naseleniya na 1 yanvarya 2017 g. Estimate of the number of permanent residents as of January 1, 2017). Available at: http://mrd.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/mrd/ru/statistics/population/. (In Russian)

6. Set of rules 42.13330.2016. Town planning. Planning and development of urban and rural settlements (updated version of SNiP 2.07.01-89). Enter 2017-07-01. Moscow, Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation, 2011. 94 p. (In Russian)