

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ АГЛОМЕРАЦИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ПРОЕКТА GLOBAL HUMAN SETTLEMENT LAYER (GHSL)

И. А. Логвинов

кафедра картографии и геоинформатики Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург, st069572@student.spbu.ru

В данной статье описана авторская методика использования данных проекта Global Human Settlement Layer (GHSL) при исследовании пространственного развития агломераций. В методике используется растровая арифметика для определения изменений в застройке с течением времени. Показаны преимущества и недостатки методики в сравнении с данными дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ). Преимуществами методики являются простота получения исходных данных, игнорирование административных границ и особенностей статистического учёта, применимость к любой агломерации мира. Недостатками являются низкое пространственное разрешение, дискретный временной ряд с большими временными пробелами (10–15 лет) и отсутствие типологии застройки. В качестве примера рассмотрены изменения в застройке Санкт-Петербургской городской агломерации в 2000–2015 годах.

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ); городские агломерации; пространственное развитие; Global Human Settlement Layer; растровая арифметика.

Городские агломерации представляют собой урбанизированные территории, состоящие из множества взаимосвязанных населённых пунктов [1]. Городские агломерации являются теми территориями, где одновременно происходит наибольшее количество трансформаций городского пространства: расползание городов из-за переезда населения и бизнеса в пригороды в рамках субурбанизации, редевелопмент центральных районов города, формирование полицентрической структуры и другие [2]. Данные процессы преобразуют пространственную структуру городских агломераций и обеспечивают их динамизм, позволяя отвечать требованиям развития.

Для исследования внутренних процессов развития агломераций данные статистических служб не являются оптимальными по ряду причин. Во-первых, административно-территориальное деление (АТД), по которому собираются данные, порождает ошибку модифицируемых площадных ареалов, искажающих картину распределения точечных явлений (население, объекты промышленности и т. п.) [3]. Во-вторых, временной ряд данных муниципальной статистики в России из базы данных показателей муниципальных образований в обрабатываемом и легко доступном варианте [4] короткий – 10–15 лет. Он не позволяет в полной мере рассмотреть динамику развития городской агломерации. В-третьих, в муниципальной статистике России репрезентативных данных о застройке не имеется (только жилищное строительство, не равное всей застройке).

Указанные недостатки современные исследователи чаще всего решают при помощи использования ДДЗЗ. Городскую экспансию в развивающихся странах уже давно и активно изучают при помощи ДДЗЗ: Шанхай [5], Ханжоу [6], Гуанчжоу [7] и другие. Однако и эти работы обладают рядом недостатков, одним из которых является невозможность применить результаты этих данных для других территорий из-за использования механизмов машинного обучения, разнящихся от исследователя к исследователю.

Данную проблему позволяют решать глобальные слои обработанных ДДЗЗ от различных исследовательских групп: Land Cover CCI, WorldPOP, LandScan, GPW и особенно Global Human Settlement Layer от Еврокомиссии [8]. Проект Global Human Settlement Layer включает в себя 15 наборов данных: от застройки с 1975 по 2015 год на основе данных спутниковых снимков Landsat до типов населённых пунктов (определённых на основе модели распределения населения в зависимости от плотности застройки).

В итоговой методике используется набор данных GHS-BUILT, который позволяет оценить изменения застройки в 3 пространственных разрешениях: 1 км, 250 м (доля ячейки космоснимка, считающаяся застройкой) и 30 м (простое деление ячеек снимка на городские и не городские, 1 или 0) Так как данные представляют собой растровые слои на определённые годы, то их можно использовать при изучении пространственного развития городских агломераций, сравнивая базовый и конечный год (рисунок 1).

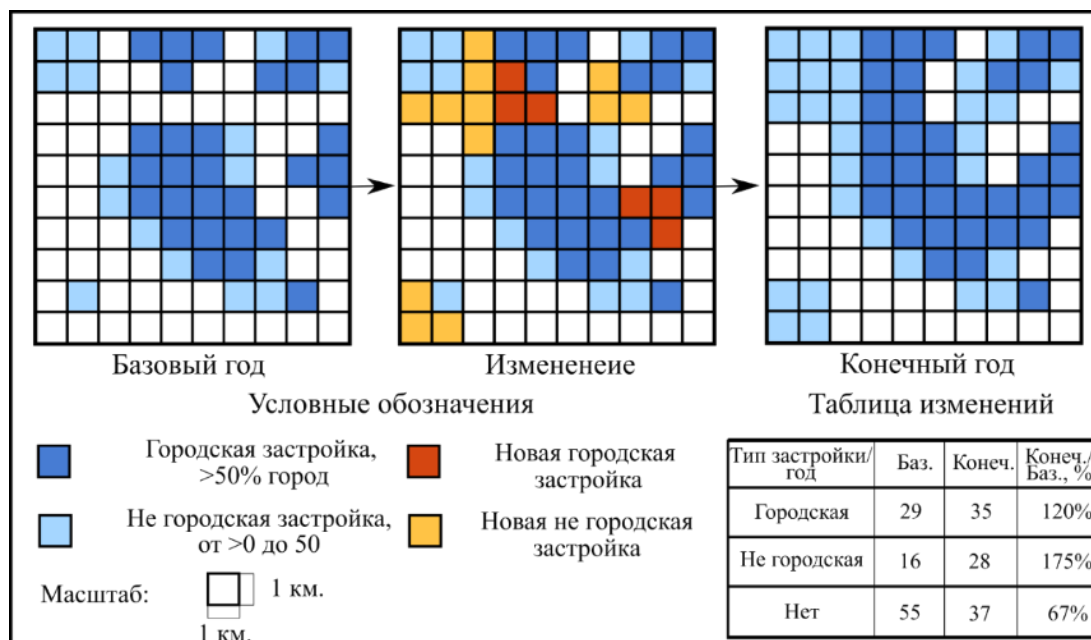


Рис. 1. Абстрактная схема города и способа количественной оценки застройки агломерации, по данным GHS-BUILT (составлено автором)

Во-первых, можно провести простое сравнение количества ячеек разного типа застройки (0 % – отсутствует застройка, от > 0 % до 50 % – не городская, более 50 %

– городская застройка) и картографирования изменений. Наиболее пригодным для исследования можно считать пространственное разрешение 1 км. При таком разрешении плотные садовые товарищества или единичные промышленные, торговые объекты не воспринимаются как городская застройка ($> 50\%$ застройка), что отмечается при разрешении 250 м. Во-вторых, имеется возможность расчёта количества ячеек, перешедших из одного типа застройки в другой (например, из отсутствия застройки в городскую застройку (более 50 % ячейки являются городом). Для этого можно использовать растровый калькулятор и формулу (1):

$$I_{x,y,0 \text{ to } 1} = (I_{x,y,1}^2 + I_{x,y,1}^2) - (I_{x,y,0}^2 + I_{x,y,0}^2) \quad (1),$$

где I – конкретная ячейка; x, y – координаты; 0 – базовый год; 1 – конечный год; 0 to 1 – изменение значения в конечном году относительно базового.

Данная методика исследования пространственного развития агломерации применима для описания практически всех процессов в агломерации: во-первых, это урбанизация, выражающаяся в данном способе появлением новых ячеек городской застройки. Во-вторых, это субурбанизация, выражающаяся в росте числа ячеек не городской застройки в ближних и дальних пригородах агломерации. В-третьих, реурбанизация в городском ядре агломерации, выражающаяся в росте доли городской застройки (более актуально при пространственном разрешении в 250 метров).

Преимуществами данной методики является полное игнорирование данных статистических служб, так как они абсолютно не используются при дистанционном зондировании Земли. Также эти данные обладают таким важным свойством, как отображение полноценного временного среза: космоснимок представляет однозначную информацию о пространстве в исследуемом периоде в отличие от данных по возрасту зданий, когда неизвестно, что было на этом месте ранее. По сравнению с использованием необработанных ДДЗЗ проект Global Human Settlement Layer более доступен для обычного пользователя. Исходные ДДЗЗ обработаны автоматически, вопрос проведения радиометрической и атмосферной коррекции не стоит. Подбор подходящих снимков (процент облачности, исследуемая территория, временной период) осуществлять не нужно. Эти данные можно применить для любой агломерации мира и анализировать по единым параметрам.

У данной методики несколько недостатков. Во-первых, космоснимки имеют низкое пространственное разрешение – 250 метров, в то время как имеются мультиспектральные снимки Sentinel с разрешением 10 м. Во-вторых, создание новой ошибки модифицируемых площадных ареалов в виде ячеек космоснимка (в целом она не столь критична при разрешении 30 на 30 метров, но ощутима при меньшем разрешении (250 метров, 1 км)) и проблемы с временным рядом: данные имеются только на 1975, 1990, 2000 и 2015 год. В-третьих, отсутствие учёта наполнения пространства ячейки с застройкой: поскольку ячейки с размером 30 на 30 метров (основа GHS-Built) просто делятся на застройку и не застройку (без учёта той же

этажности), то ячейка застройки может являться, например, промышленной зоной, районом исторического центра, многоэтажными новостройками и т. д.

Данная методика была применена автором для рассмотрения пространственного развития Санкт-Петербургской городской агломерации. Территориальными единицами, по которыми рассчитывалась статистика, являлись пояса агломерации, выделенные в материалах по обоснованию генерального плана 2005 года [8]. Границы из данного документа построены по изохронам, то есть не опираются на АТД и как раз позволяют продемонстрировать преимущества используемой методики. Картографическая визуализация представлена на рисунке 2, статистика – в таблице 1.

Таблица 1

Изменение плотности застройки по поясам Санкт-Петербургской агломерации с 2000 по 2015 год, пространственное разрешение – 1 км (составлено автором по [9])

Плотность застройки / площадь в поясе, км ²	Дальние пригороды			Средние пригороды			Ближние пригороды			Ядро		
	2000	2015	15 к 00, %	2000	2015	15 к 00, %	2000	2015	15 к 00, %	2000	2015	15 к 00, %
застройки нет, 0%	4372	4019	-8	1446	1357	-6	482	423	-12	12	10	-17
до 50%	2077	2429	17	1691	1771	5	1347	1398	4	197	186	-6
от 50%	9	10	11	50	59	18	83	91	10	387	400	3

Преобладающие количественные изменения во всех поясах (кроме ядра) связаны с ростом коттеджных посёлков и дачных товариществ. Наиболее интенсивный рост застройки (ячейки по 1 км) происходит в дальних пригородах и связан с дачными товариществами.

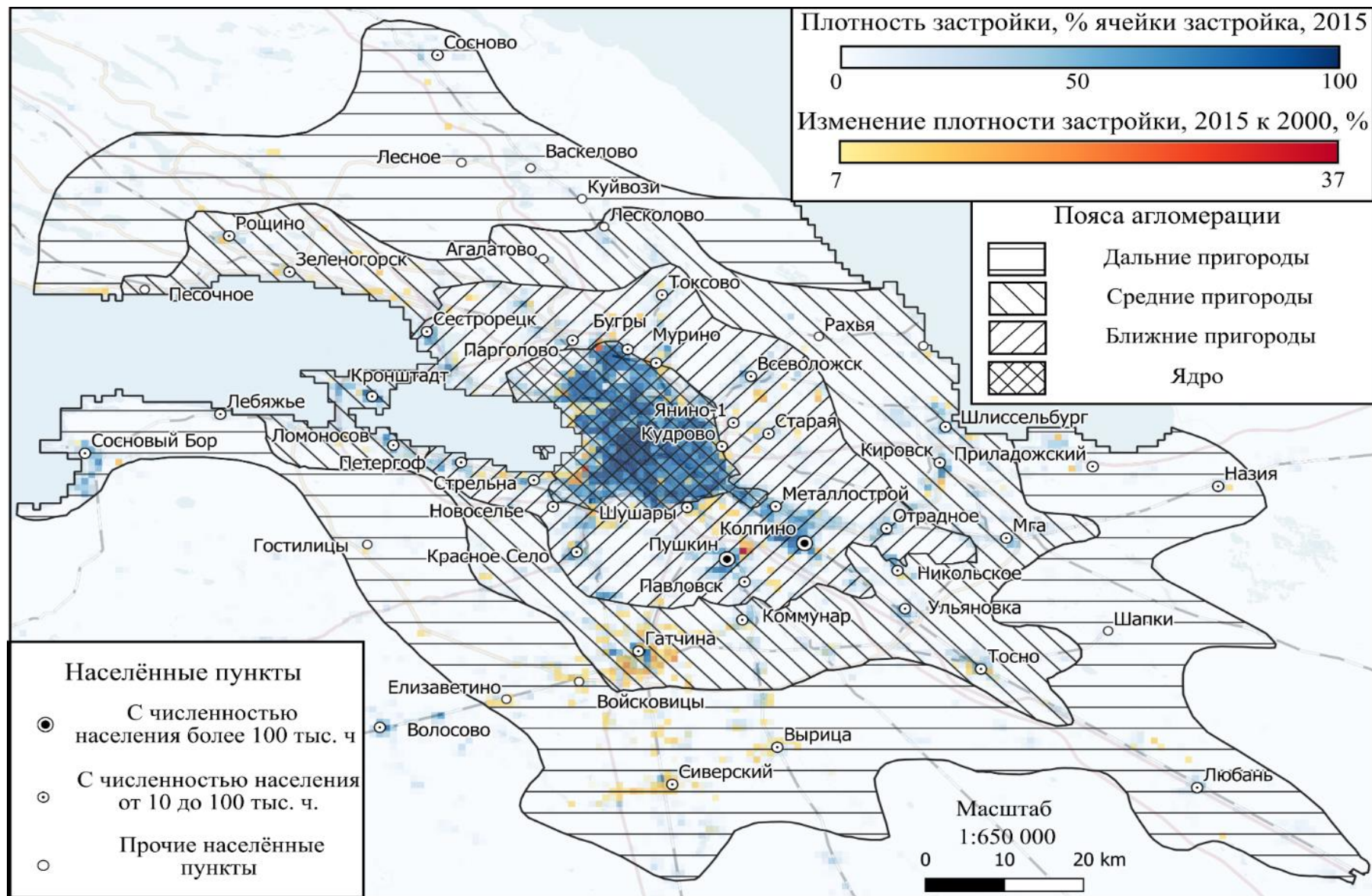


Рис. 2. Динамика плотности застройки с 2000 по 2015 год, по данным GHS-BUILT, пространственное разрешение – 1 км (составлено автором по [9])

Пояс ближних пригородов выделяется уплотнением имеющихся дачных товариществ, ростом новых жилых комплексов на окраинах города и строительством компактных коттеджных поселков. Рост именно городской застройки приурочен к ядру городской агломерации, где абсолютный прирост площади городской застройки наибольший и составляет 13 км² (против 9 и 8 в средних и ближних пригородах), а с учётом намывных территорий Василеостровского района – 15 км².

Исследования пространственного развития городских агломераций крайне актуальны. Однако используемые данные муниципальной статистики имеют множество недостатков, а необработанные ДДЗЗ не доступны для обычного пользователя. Недостатки муниципальной статистики и ДДЗЗ исправлены в разработанной авторской методике на основе данных проекта Global Human Settlement Layer. В методике используется растровая арифметика для определения изменений в застройке в течение длительного периода времени, показаны преимущества и недостатки методики в сравнении с ДДЗЗ. Преимуществами методики являются простота получения исходных данных, игнорирование административных границ и особенностей статистического учёта, применимость к любой агломерации мира. Недостатками являются низкое пространственное разрешение, дискретный временной ряд с большими временными пробелами (10–15 лет) и отсутствие типологии застройки. В качестве примера рассмотрены изменения в застройке Санкт-Петербургской городской агломерации в 2000–2015 годах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Лаппо, Г.М. География городов: учеб. пособие для географических факультетов вузов // М.: Гуманит. изд. центр «ВЛАДОС». – 1997. – 480 с.
2. Перчик, Е.Н. Геоурбанистика: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений – Москва: Издательский центр «Академия», 2009. – 413 с.
3. Science Direct: Modifiable Areal Unit Problem [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/modifiable-areal-unit-problem. – Дата доступа: 03.10.2022.
4. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.gks.ru – Дата доступа: 03.10.2022
5. Li J. et al. Spatiotemporal pattern of urbanization in Shanghai, China between 1989 and 2005 // Landscape ecology. 2013. Т. 28. №. 8. p. 1545–1565.
6. Yue W., Liu Y., Fan P. Measuring urban sprawl and its drivers in large Chinese cities: The case of Hangzhou // Land use policy. 2013. Т. 31. p. 358–370.
7. Gong J. et al. Urban expansion dynamics and modes in metropolitan Guangzhou, China // Land Use Policy. – 2018. Т. 72. p. 100–109.
8. Download the data produced by the GHSL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/download.php> – Дата доступа: 03.10.2022.
9. Материалы по обоснованию проекта Генерального плана Санкт-Петербурга. – СПб.: ЗАО «Петербургский НИПИГрад», 2004. – 304 с.