

Для цитирования: Манаева И. В. Распределение городов в федеральных округах России. Тестирование закона Ципфа // Экономика региона. — 2019. — Т. 15, вып. 1. — С. 84-98

doi 10.17059/2019-1-7

УДК. 332.12

**И. В. Манаева**

Белгородский государственный национальный исследовательский университет  
(Белгород, Российская Федерация; e-mail: in.manaeva@yandex.ru)

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРОДОВ В ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОКРУГАХ РОССИИ: ТЕСТИРОВАНИЕ ЗАКОНА ЦИПФА<sup>1</sup>

*На современном этапе глобализационного развития дисбаланс в распределении городов в территориальном пространстве представляет угрозу для экономического развития и социальной стабильности России, что актуализирует экономические исследования по данной проблематике. Целью статьи является анализ распределения городов в границах федеральных округов с применением закона Ципфа. Выбор данного закона определен тем, что он позволяет связывать численность населения города с его местом в иерархии городских систем регионов, федеральных округов и страны в целом. Выполнение закона Ципфа свидетельствует о равномерном распределении населения. Информационной базой являются данные Федеральной службы государственной статистики. Для исследования была сформирована выборка городов по каждому федеральному округу, в которую вошли 10 городов — лидеров по численности населения в 2015 г. Проверка гипотезы о логонормальном законе распределения городов в границах федеральных округов России выполнена с применением метода наименьших квадратов. Проведенные расчеты определили оценочный параметр  $K$  в диапазоне от 0,6 до 2, что демонстрирует неравномерное распределение городов в границах федеральных округов России (исключением является Южный федеральный округ  $K = 1$ ). В ЦФО, СЗФО и УрФО население сосредоточено в крупных городах: г. Москва, г. Санкт-Петербург и г. Екатеринбург. В СКФО, ПФО, СФО и ДВФО население непропорционально рассеяно. Следует подчеркнуть, что на территории России отсутствует промежуточная группа городов с численностью населения в диапазоне от 2000 тыс. чел. до 5000 тыс. чел. Выявление особенностей распределения городов в границах федеральных округов России необходимо для разработки научно обоснованных рекомендаций социально-экономической политики. Проведенное исследование является этапом в разработке методологического инструментария выбора местоположения промышленного производства в территориальном пространстве и методики определения оптимального размера города.*

**Ключевые слова:** закон Ципфа, «ранг — размер», индекс Парето, город, федеральный округ, размер города, численность населения, межрегиональная дифференциация, распределение городов, территориальное распределение

### Введение

На современном этапе глобализационного развития Россия занимает первое место по площади территории и 181-е по плотности населения в мире, что определяет уникальность размещения экономической активности в территориальном пространстве.

Сосредоточение конкурентных преимуществ на одних территориях и недостаток на других и дифференциация доходов населения обостряются социальным неравенством. Неравномерный доступ к рынку труда, образованию, здравоохранению снижает качество жизни населения и представляет угрозу социально-политической стабильности.

Актуальность и своевременность исследования распределения городов в федеральных

<sup>1</sup> © Манаева И. В. Текст. 2019.

округах России определяется необходимостью разработки научно обоснованных рекомендаций социально-экономической политики:

— методический инструментарий выбора местоположения промышленного производства в территориальном пространстве;

— методика определения оптимального размера города;

— определение эффективности и целесообразности субсидирования развития моногородов;

— рекомендации по снижению межрегиональной и внутрирегиональной дифференциации в регионах России.

Цель исследования — определить особенности территориального распределения городов в федеральных округах России с применением закона Ципфа.

### Теория

В. Парето в 1896 г. поднимал проблему неравномерности распределения доходов, изучал распределение доходов между регионами и заключил следующее: «20 % населения владеют 80 % блага (богатства), и 80 % населения — только 20 % блага — правило „богатый богатеет”» [1]. Ф. Ауэрбах в 1913 г. представил гипотезу «зависимости размера города (численность населения) и его ранга в иерархической системе городов региона или страны» [2]:

$$\log R = \log A - \alpha \log P, \quad (1)$$

где  $R$  — ранг города от 1 до  $n$ ,  $P$  — численность населения города,  $A$  — константа,  $\alpha$  — показатель Парето.

Впоследствии положение Ф. Ауэрбаха было усовершенствовано Д. Ципфом. Термин «закон Ципфа» определяет, что в границах территории размещение городов в соответствии с их размером (численность населения) следует правилу Парето с индексом, равным единице. Закон Ципфа предполагает, что в процессе ранжирования городов по убыванию численности населения отношение численности двух городов обратно пропорционально отношению их рангов (правило «ранг — размер» или «степенной закон»).

$$P = \frac{K}{R^q}, \quad (2)$$

или

$$P = KR^q, \quad (3)$$

или

$$\log P = \log K - q \log R, \quad (4)$$

где  $q$  — коэффициент Ципфа, когда показатель  $q$  равен единице ( $q = 1$ ), распределение размера

города соответствует закону Ципфа;  $K$  — константа;  $P$  — численность населения города;  $R$  — ранг города.

Путем математических преобразований определим взаимосвязь формул (1) и (4):  $q = 1/\alpha$ . Когда  $\alpha \rightarrow \infty$ ,  $q \rightarrow 0$  и размер городов равен.

Ввиду того, что закон Ципфа в зарубежных исследованиях нашел широкое применение для городов, ряд ученых стремится обеспечить теоретическое обоснование данного закона. Основополагающим принципом теоретических моделей является то, что в промышленно развитых странах в городах сконцентрирована не только значительная часть населения, но и экономическая активность, а городская структура является результатом динамичного взаимодействия экономической деятельности и процесса роста городов [3–6]. Данные модели демонстрируют, что экономические изменения и экзогенные факторы (кризисные факторы, инновации) способствуют изменениям в распределении размера городов. В результате проведенных исследований К. Габаикс [3] получил следующие выводы: «шоки роста» действуют независимо и одинаково, оказывают влияние на коммунальные услуги как положительно, так и отрицательно. Миграция рабочих происходит в города с более высокой заработной платой, которая в равновесии приравнивает заработную плату, скорректированную на коммунальные услуги. Принимая фиксированное число городов и постоянную отдачу от масштаба для технологии производства, ученый показывает, что все города демонстрируют одинаковые ожидаемые темпы роста и отклонения от ожидаемого роста скорости наблюдаются случайным нормальным распределением, размеры городов следуют закону Ципфа. Если в городской системе появятся новые города, то только распределение размеров городов верхнего хвоста будет следовать закону Ципфа.

Е. Росси-Хансберг и М. Райт [7] предложили модель городского роста, основанную на экзогенных шоках производительности, которые характерны для каждой отрасли производства. При возникновении подобного шока увеличивается объем производства и, следовательно, размеры городов, специализирующихся в этой отрасли. Городская система, в которой миграция способствует росту городов, позволит устранить эти локальные растущие отдачи от масштаба на местах, что дает постоянную отдачу от масштаба для всей городской системы в совокупности.

Ж. Дюрантон [6] определил, что случайные инновационные шоки в городах могут привести к распределению по размерам городов, которые следуют закону Ципфа. В его модели город представляет собой совокупность отраслей промышленности, и отрасли перемещаются в города с высоким уровнем инновационного развития.

Ряд ученых моделируют распределение закона Ципфа на основе альтернативных подходов, а не процессе роста. По мнению К. Беренса, Ж. Дюрантона и Ф. Роберт-Никуда [8], крупные города имеют более высокую производительность. Исследователи показывают, что если производительность труда подчиняется закону, то распределение размера города также следует закону Ципфа.

В. Хсу моделирует распределение размера города с использованием иерархического подхода, основанного на теории центрального места [9]. В этой модели различия в размерах городов возникают из-за неоднородности в масштабах производства товаров. Если распределение масштабов экономики меняется, то распределение по размерам городов под центральной иерархией места демонстрирует степенной закон.

Я. Мансури и Л. Гулиас [10] разработали модель на основе пространственных агентов для создания системы городов, которая демонстрирует статистические свойства закона Ципфа. Когда агенты обладают свойствами ограниченной рациональности и максимальной гетерогенности, их миграция в городские районы не всегда порождает распределение размера города по закону Ципфа.

Эмпирический анализ закона Ципфа проводился в основном на городских системах США и Китая. Закон Ципфа нашел подтверждение в работах следующих ученых: П. Кругман (1996) [11], К. Габаикс (1999) [3], Я. Иоаннидес и Х. Оверман (2003) [12], Б. Берри, А. Окулич-Козарин (2012) [13], В. Зигин (2016) [14].

А. Шаффар и М. Димои (2012) заключили, что распределение по размерам в Китае и Индии соответствует закону Ципфа для городов численностью населения более 100 тыс. чел. [15]

В работах Д. Блека и В. Хендерсона (2003) [16], И. Икноута (2009) [17], М. Леви (2009) [18], М. Би, М. Риккабони, С. Шиаво (2013) [19] размещение городов не соответствует закону Ципфа.

Выделим группу ученых, которые заключили, что размер городского распределения может эволюционировать от закона Ципфа в

разные периоды: К. Су (2007) [20], Е. Перес-Кампусано (2015) [21], Х. Дуран и С. Озкан (2015) [22].

Рассмотрим исследования российских ученых по данному вопросу. Е.А. Коломак (2014), тестируя закон Ципфа в системе российских городов, заключила: «Из стабильности распределения размера городов следует, что допустимы колебания численности населения отдельных городов, однако это не сопровождается увеличением (или сокращением) неоднородности в урбанистической системе и процессами концентрации (или деконцентрации) городского населения» [23].

В.В. Андреев, В.Ю. Лукиянова и Е.Н. Кадышев (2017), анализируя территориальное распределение населения в Приволжском федеральном округе с применением закона Ципфа, заключили, что в данном федеральном округе закон Ципфа не выполняется, что свидетельствует о неравновесном характере распределения населения по поселениям. Также ученые выявили, что в Республике Башкортостан и в Пермском крае имеются кластеры из четырех крупных городов, для которых выполняется закон Ципфа [24].

#### Данные и методы

Закон Ципфа — это формулирование степенного закона: «В эмпирической литературе для оценки экспоненты степенной функции используют метод наименьших квадратов» [25]. Выбор данного метода продиктован тем, что он дает визуальные критерии согласно с законом:

$$\ln_{rank} = A - K \ln_{size}, \quad (5)$$

где  $\ln_{rank}$  — логарифм ранга города;  $\ln_{size}$  — численность населения города;  $K$  — оценочный коэффициент Ципфа (параметр распределения), дает наклон линейной зависимости между размером города и городским рангом. Условие выполнения закон Ципфа —  $K = 1$ , самый большой по численности населения город в  $K$  раз больше  $k$ -го по величине города. При  $K < 1$  — наблюдается концентрация населения в крупных городах; при  $K > 1$  — население непропорционально сильно рассеяно по малым и средним городам.

В соответствии с законом Ципфа, отношение численностей населения двух городов, ранжированных в порядке убывания (то есть лидирующий по численности населения город имеет ранг  $R = 1$ , второй — ранг  $R = 2$  и т. д.), обратно пропорционально отношению их рангов. Таким образом, дополнительно в ра-

Таблица 1

## Распределение размеров городов по федеральным округам России в 2015 г.\*

Размер города, тыс. чел	Количество городов по федеральным округам							
	ЦФО	СЗФО	ЮФО	СКФО	ПФО	УФО	СФО	ДФФО
≥ 10 000	1	—	—	—	—	—	—	—
5000–10000	—	1	—	—	—	—	—	—
2000–5000	—	—	—	—	—	—	—	—
1000–2000	1	—	2	—	5	2	3	—
500–1000	3	—	2	1	7	1	5	2
250–500	12	5	2	3	5	7	2	2
100–250	27	4	9	10	15	11	11	6
≤ 100	262	137	64	42	166	118	109	56
Кол-во городов	306	147	79	56	198	139	130	66

\* Рассчитано автором по данным 26.

боте проверим закон Ципфа по следующей формуле:

$$\frac{N}{N_n} = \frac{R_n}{R}, \quad (6)$$

где  $N$  и  $N_n$  — численность населения в двух сравниваемых городах;  $R$  и  $R_n$  — ранги сравниваемых городов.

При проведении исследований с использованием закона Ципфа важным является определение размера выборки:

- использовать фиксированное количество городов (например, 100 городов в выборке);
- определить пороговый уровень показателя (например, города численность населения больше 100 тыс. чел.).

Анализ распределения городов с использованием закона Ципфа проводился в разрезе федеральных округов по показателю численности населения. По каждому федеральному округу была сформирована выборка, в которую вошли 10 городов — лидеров по анализируемому показателю в 2015 г. Источником информации стали данные Федеральной службы государственной статистики.

### Полученные результаты

Классификация городов в соответствии с их размерами в границах федеральных округов России представлена в таблице 1.

В границах федеральных округов и в целом в России наблюдается дисбаланс в размерах городов. На долю городов численностью населения менее 100 тыс. чел. в Центральном федеральном округе приходится 85 %, в Северо-Западном федеральном округе — 93 %, в Южном федеральном округе — 81 %, в Северо-Кавказском федеральном округе — 75 %, в Приволжском федеральном округе — 84 %, в Уральском федеральном округе — 85 %, в Сибирском федеральном округе — 84 %, в

Дальневосточном федеральном округе — 85 %. В России отсутствуют города с численностью населения в диапазоне от 2000 до 5000 тыс. чел. Данные таблицы 1 демонстрируют отрыв Москвы (12 108,3 тыс. чел.) и Санкт-Петербурга (5132 тыс. чел.) от остальной группы городов. Выявленная дифференциация представляет угрозу для социально-экономического состояния региона, так как неравномерная система подвержена влиянию кризисных факторов и развитию нестабильности в обществе.

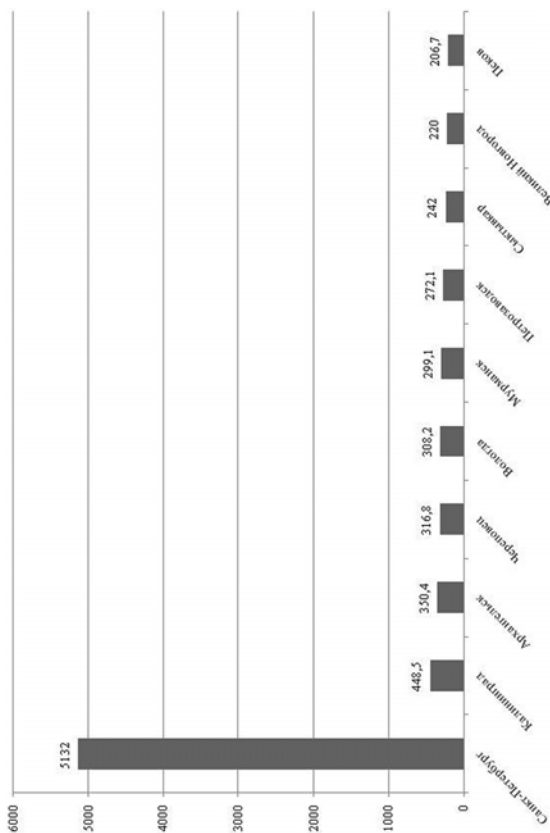
Для проведения исследования была сформирована выборка по каждому федеральному округу, в состав которой вошли десять городов — лидеров по численности населения (рис. 1).

Таким образом, диапазон численности населения обследуемых городов ЦФО от 408,5 до 12108,3 тыс. чел., СЗФО от 206,7 до 5132 тыс. чел., ЮФО от 193,8 до 1109,1 тыс. чел., СКФО от 120,5 до 578,3 тыс. чел., ПФО от 560 до 1265,9, УФО от 170,9 до 1412,3 тыс. чел. СФО от 335,8 до 1547,9, ДВФО от 102,4 до 603,2 тыс. чел.

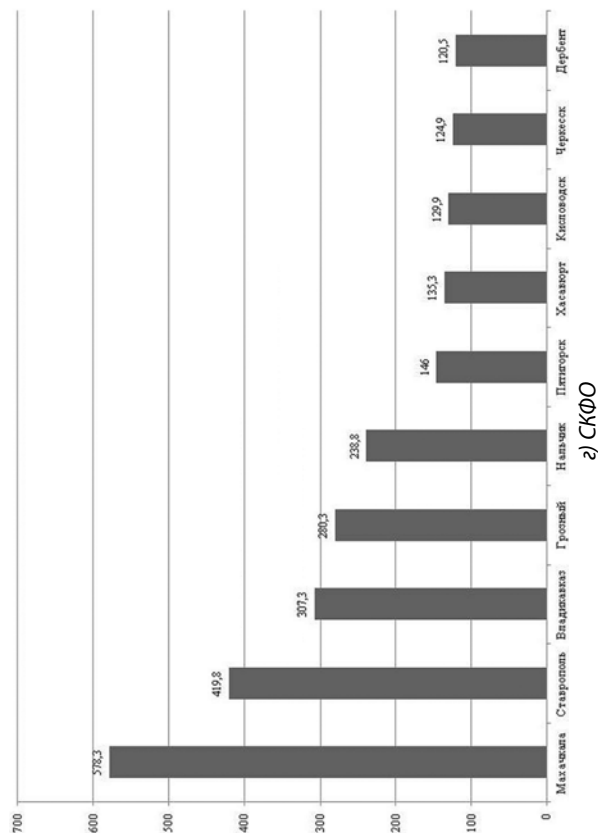
На рисунке 2 представлены графики зависимости «ранг — размер» для выборки городов. Результаты оценки закона Ципфа в федеральных округах России в 2015 г. в таблицах 2–10.

В Центральном федеральном округе параметр  $K = 0,6$ , что свидетельствует о концентрации населения в крупных городах. При проверке закона Ципфа из уравнения (6) следует, что численность населения второго города должна составлять 6050 тыс. чел. (фактически Воронеж — 1014,6 тыс. чел.), третьего — 4036 тыс. чел. (Ярославль — 602,4 тыс. чел.), четвертого — 3027 тыс. чел. (Рязань — 530,3 тыс. чел.) При расчетах (6) отношения численности населения для Липецка и Тулы равны 1,04 (1,2), Липецка и Курска — 1,18 (1,4), Тулы и Курска — 1,14 (1,17)<sup>1</sup>. Значения близки к прогнозиру-

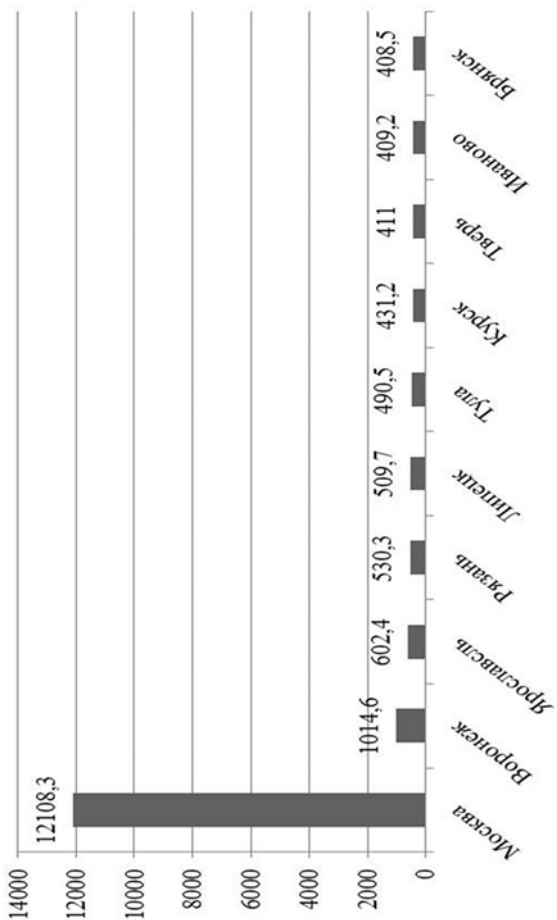
<sup>1</sup> В скобках указано обратное отношение рангов.



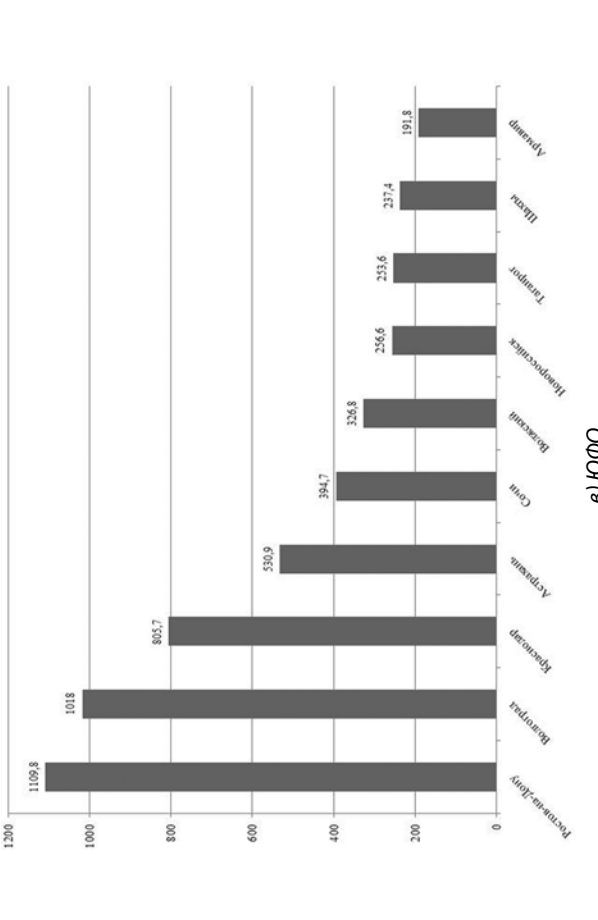
б) СЭФ



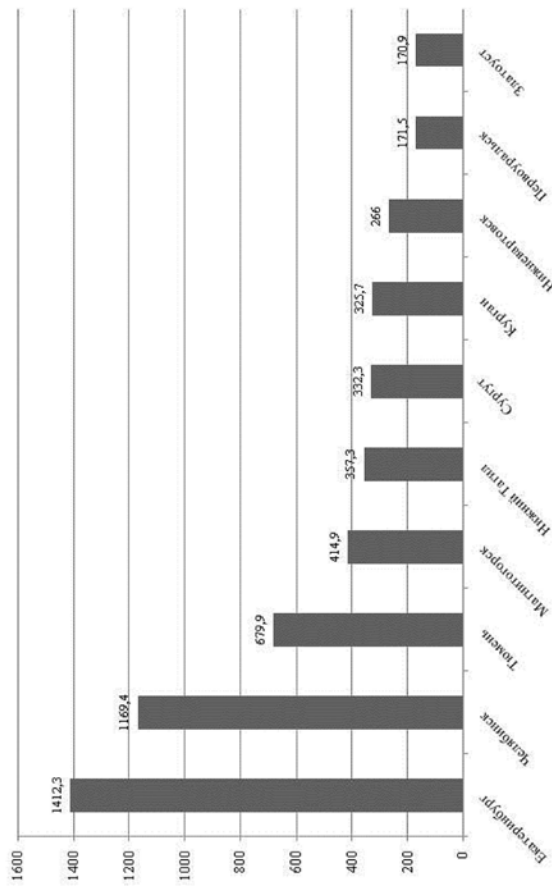
в) СКФ



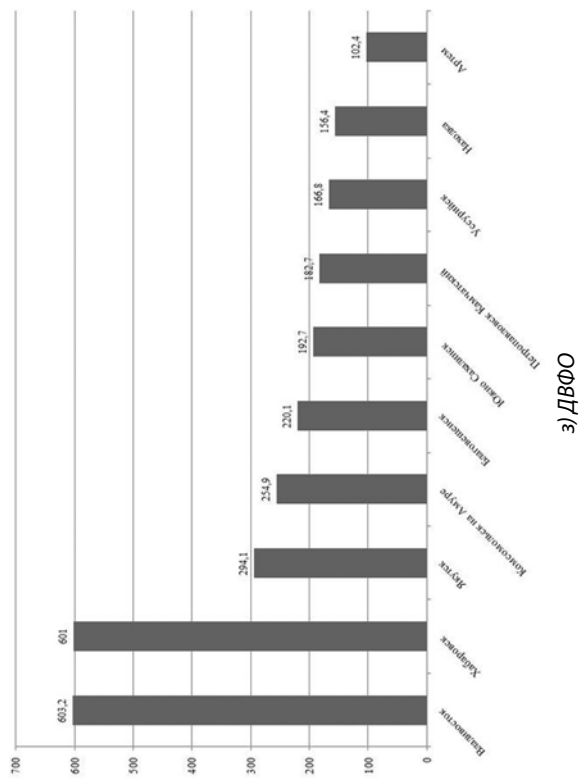
б) ЦФ



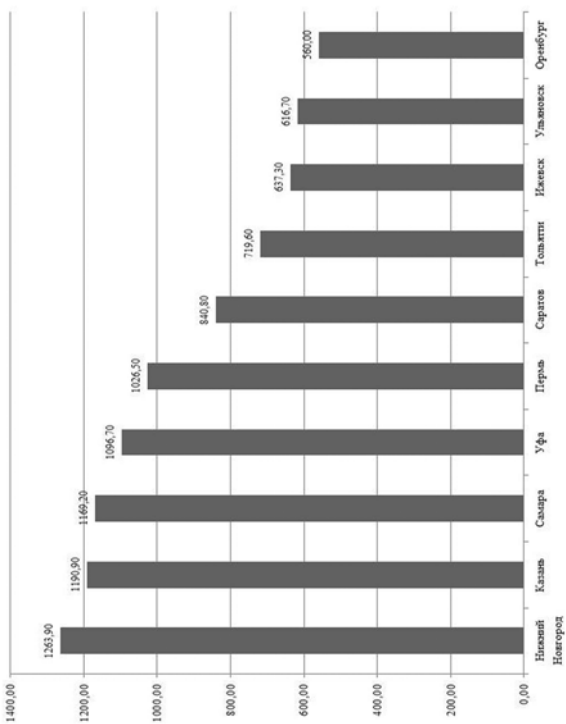
в) ЮФ



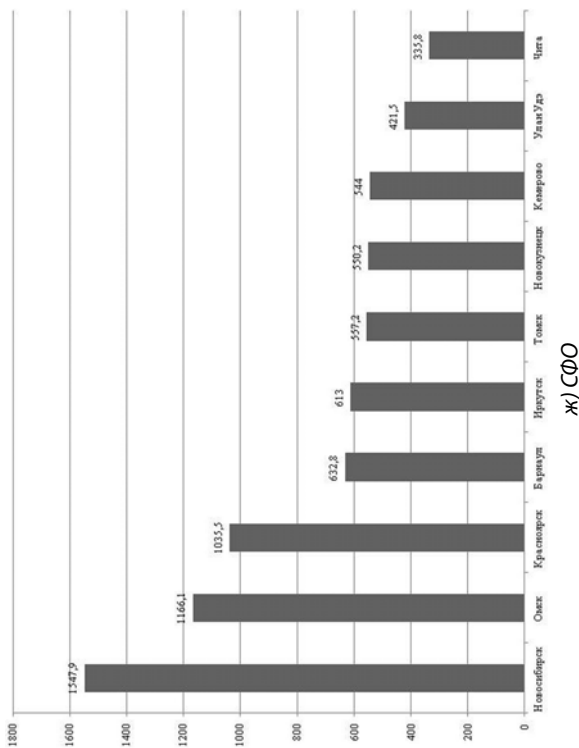
е) УрФО



э) ДВФО

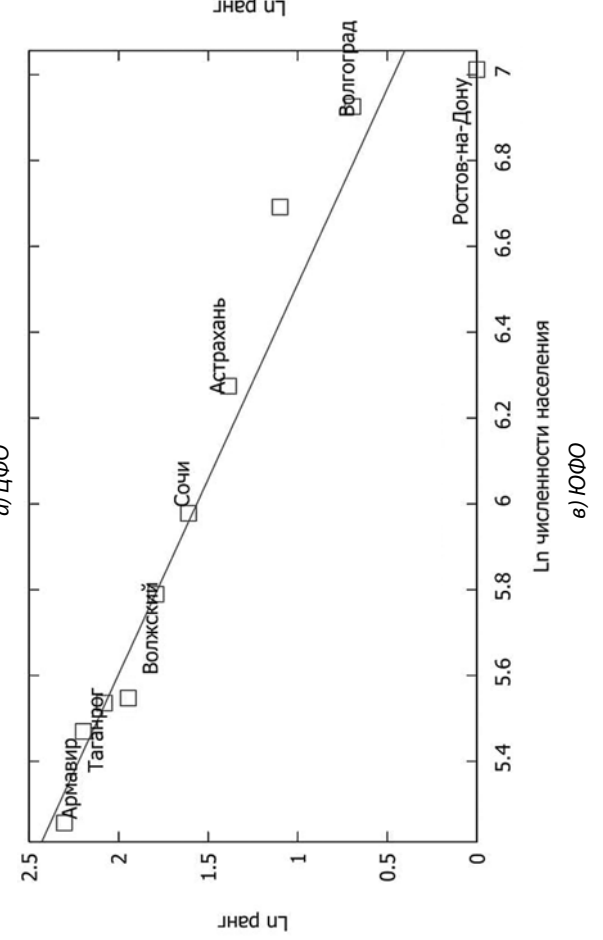
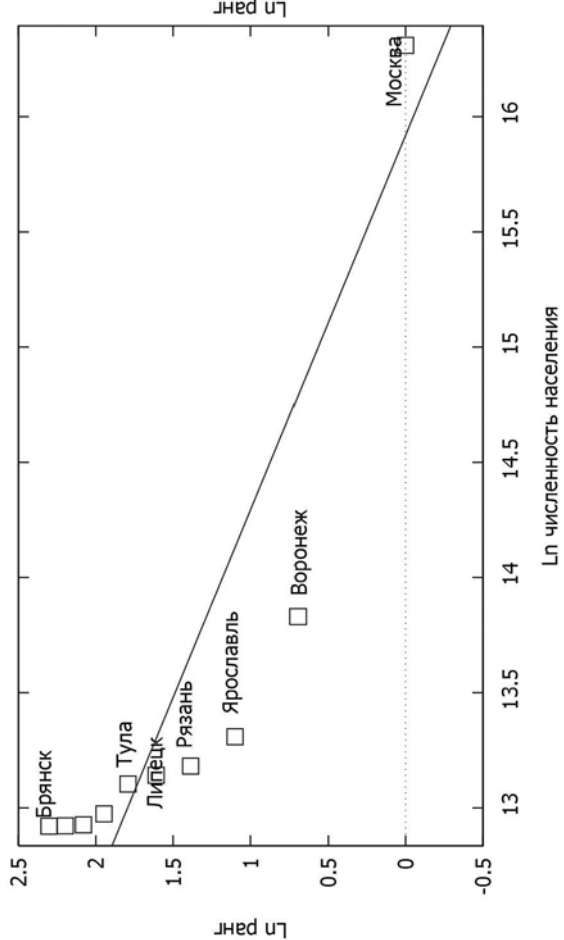
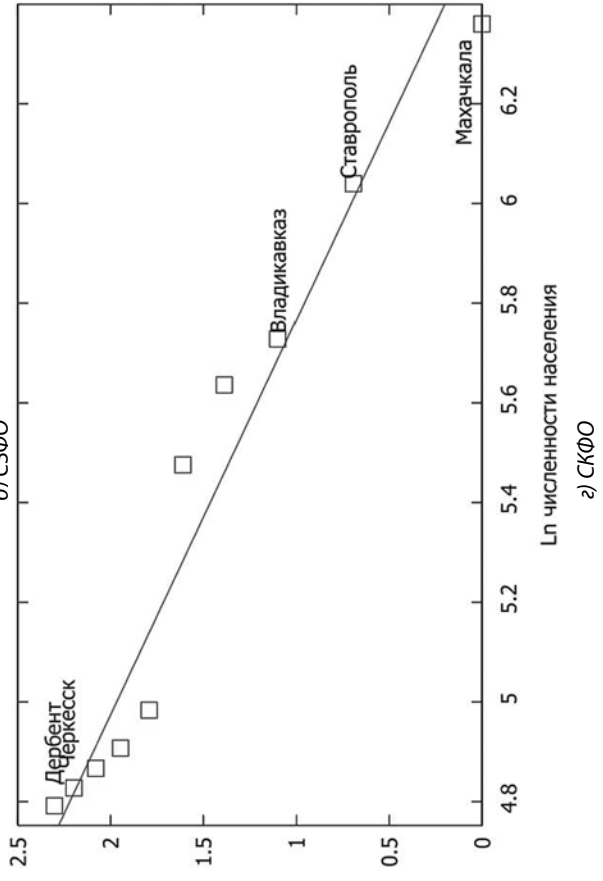
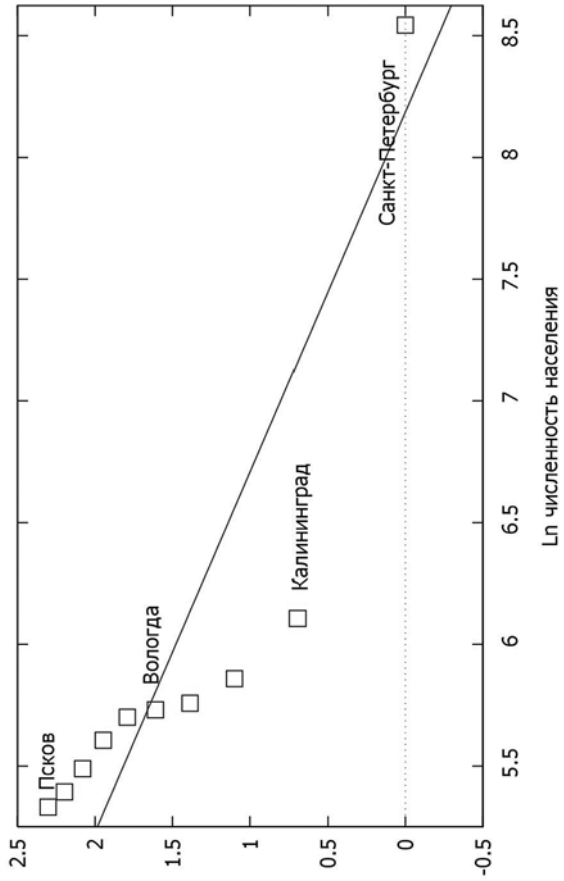


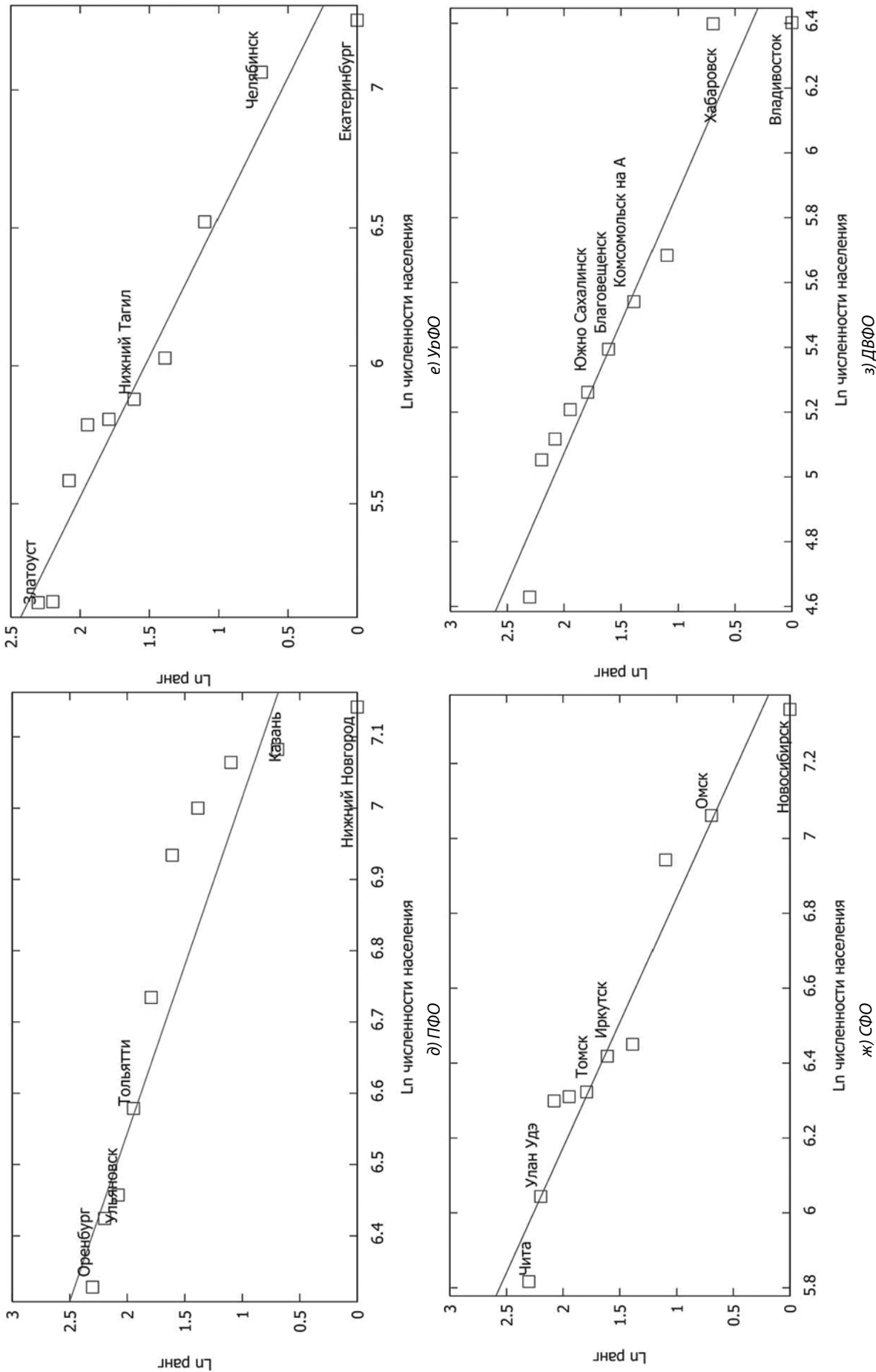
д) ПФО



ж) СФО

Рис. 1. Численность населения городов России в 2015 г., тыс. чел. [26]





**Рис. 2.** Зависимость «ранг — размер» по показателю численность населения, рассчитанная для городов — лидеров по федеральным округам, 2015 г. [26]



Таблица 2

## Результаты оценки закона Ципфа в Центральном федеральном округе в 2015 г.\*

Ранг	Город	Численность нас., тыс. чел.	Отношение численности населения / отношение обратных величин рангов городов								
1	Москва	12108,3	11,93/2	20,10/3	22,83/4	23,76/5	24,69/6	28,08/7	29,46/8	29,59/9	29,64/10
2	Воронеж	1014,6		1,68/1,5	1,91/2	1,99/2,5	2,07/3	2,35/3,5	2,47/4	2,48/4,5	2,48/5
3	Ярославль	602,4			1,14/1,33	1,18/1,67	1,23/2	1,40/2,33	1,47/2,67	1,47/3	1,47/3,33
4	Рязань	530,3				1,04/1,25	1,08/1,5	1,23/1,75	1,29/2	1,30/2,25	1,30/2,5
5	Липецк	509,7					1,04/1,2	1,18/1,4	1,24/1,6	1,25/1,8	1,25/2
6	Тула	490,5						1,14/1,17	1,19/1,33	1,20/1,5	1,20/1,67
7	Курск	431,2							1,05/1,14	1,05/1,29	1,06/1,43
8	Тверь	411								1,00/1,12	1,01/1,25
9	Иваново	409,2									1,00/1,1
10	Брянск	408,5									

\* Рассчитано по данным [26].

Таблица 3

## Результаты оценки закона Ципфа в Северо-Западном федеральном округе в 2015 г.\*

Ранг	Город	Численность нас., тыс. чел.	Отношение численности населения / отношение обратных величин рангов городов								
1	Санкт-Петербург	5132	11,44/2	14,65/3	16,20/4	16,65/5	17,16/6	18,86/7	21,21/8	23,33/9	24,83/10
2	Калининград	448,5		1,28/1,5	1,42/2	1,46/2,5	1,50/3	1,65/3,5	1,85/4	2,04/4,5	2,17/5
3	Архангельск	350,4			1,11/1,33	1,14/1,67	1,17/2	1,29/2,33	1,45/2,67	1,59/3	1,70/3,33
4	Череповец	316,8				1,03/1,25	1,06/1,5	1,16/1,75	1,31/2	1,44/2,25	1,53/2,5
5	Вологда	308,2					1,03/1,2	1,13/1,4	1,27/1,6	1,40/1,8	1,49/2
6	Мурманск	299,1						1,10/1,17	1,24/1,33	1,36/1,5	1,45/1,67
7	Петрозаводск	272,1							1,12/1,14	1,24/1,29	1,32/1,43
8	Сыктывкар	242								1,10/1,12	1,17/1,25
9	Великий Новгород	220									1,06/1,11
10	Псков	206,7									

\* Рассчитано по данным [26].

Таблица 4

## Результаты оценки закона Ципфа в Южном федеральном округе в 2015 г.\*

Ранг	Город	Численность нас., тыс. чел.	Отношение численности населения / отношение обратных величин рангов городов								
1	Ростов-на-Дону	1109,8	1,09/2	1,38/3	2,09/4	2,81/5	3,40/6	4,33/7	4,38/8	4,67/9	5,79/10
2	Волгоград	1018		1,26/1,5	1,92/2	2,58/2,5	3,12/3	3,97/3,5	4,01/4	4,29/5	5,31/6
3	Краснодар	805,7			1,52/1,33	2,04/1,67	2,47/2	3,14/2,33	3,18/2,67	3,39/3	4,20/3,33
4	Астрахань	530,9				1,35/1,25	1,62/1,5	2,07/1,75	2,09/2	2,24/2,25	2,77/2,5
5	Сочи	394,7					1,21/1,2	1,54/1,4	1,56/1,6	1,66/1,8	2,06/2
6	Волжский	326,8						1,27/1,17	1,29/1,33	1,38/1,5	1,70/1,67
7	Новороссийск	256,6							1,01/1,14	1,08/1,29	1,34/1,43
8	Таганрог	253,6								1,07/1,12	1,32/1,25
9	Шахты	237,4									1,24/1,1
10	Армавир	191,8									

\* Рассчитано по данным [26].

Таблица 5

## Результаты оценки закона Ципфа в Северо-Кавказском федеральном округе в 2015 г.\*

Ранг	Город	Численность нас., тыс. чел.	Отношение численности населения/отношение обратных величин рангов городов								
1	Махачкала	578,3	1,38/2	1,88/3	2,06/4	2,42/5	3,96/6	4,27/7	4,45/8	4,63/9	4,80/10
2	Ставрополь	419,8		1,37/1,5	1,50/2	1,76/2,5	2,88/3	3,10/3,5	3,23/4	3,36/4,5	3,48/5
3	Владикавказ	307,3			1,10/1,33	1,29/1,67	2,10/2	2,27/2,33	2,37/2,67	2,46/3	2,55/3,33
4	Грозный	280,3				1,17/1,25	1,92/1,5	2,07/1,75	2,16/2	2,24/2,25	2,33/2,5
5	Нальчик	238,8					1,64/1,2	1,76/1,4	1,84/1,6	1,91/1,8	1,98/2
6	Пятигорск	146						1,08/1,17	1,12/1,33	1,17/1,5	1,21/1,67
7	Хасавюрт	135,3							1,04/1,14	1,08/1,29	1,12/1,43
8	Кисловодск	129,9								1,04/1,12	1,08/1,25
9	Черкесск	124,9									1,04/1,1
10	Дербент	120,5									

\* Рассчитано по данным [26].

Таблица 6

## Результаты оценка закона Ципфа в Приволжском федеральном округе в 2015 г.\*

Ранг	Город	Численность нас., тыс. чел.	Отношение численности населения / отношение обратных величин рангов городов								
1	Нижний Новгород	1263,90	1,06/2	1,08/3	1,15/4	1,23/5	1,50/6	1,76/7	1,98/8	2,05/9	2,26/10
2	Казань	1190,90		1,02/1,5	1,09/2	1,16/2,5	1,42/3	1,65/3,5	1,87/4	1,93/4,5	2,13/5
3	Самара	1169,20			1,07/1,33	1,14/1,67	1,39/2	1,62/2,33	1,83/2,67	1,90/3	2,09/3,33
4	Уфа	1096,70				1,07/1,25	1,30/1,5	1,52/1,75	1,72/2	1,78/2,25	1,96/2,5
5	Пермь	1026,50					1,22/1,2	1,43/1,4	1,61/1,6	1,66/1,8	1,83/2
6	Саратов	840,80						1,17/1,17	1,32/1,33	1,36/1,5	1,50/1,67
7	Тольятти	719,60							1,13/1,14	1,17/1,29	1,29/1,43
8	Ижевск	637,30								1,03/1,12	1,14/1,25
9	Ульяновск	616,70									1,10/1,1
10	Оренбург	560,00									

\* Рассчитано по данным [26].

Таблица 7

## Результаты оценки закона Ципфа в Уральском федеральном округе в 2015 г.\*

Ранг	Город	Численность нас., тыс. чел.	Отношение численности населения / отношение обратных величин рангов городов								
1	Екатеринбург	1412,3	1,21/2	2,08/3	3,40/4	3,95/5	4,25/6	4,34/7	5,31/8	8,23/9	8,26/10
2	Челябинск	1169,4		1,72/1,5	2,82/2	3,27/2,5	3,52/3	3,59/3,5	4,40/4	6,82/4,5	6,84/5
3	Тюмень	679,9			1,64/1,33	1,90/1,67	2,05/2	2,09/2,33	2,56/2,67	3,96/3	3,98/3,33
4	Магнитогорск	414,9				1,16/1,25	1,25/1,5	1,27/1,75	1,56/2	2,42/2,25	2,43/2,5
5	Нижний Тагил	357,3					1,08/1,2	1,10/1,4	1,34/1,6	2,08/1,8	2,09/2
6	Сургут	332,3						1,02/1,17	1,25/1,33	1,94/1,5	1,94/1,67
7	Курган	325,7							1,22/1,14	1,90/1,29	1,91/1,43
8	Нижневартовск	266								1,55/1,12	1,56/1,25
9	Первоуральск	171,5									1,00/1,1
10	Златоуст	170,9									

\* Рассчитано по данным [26].

Таблица 8

## Результаты оценки закона Ципфа в Сибирском федеральном округе в 2015 г.\*

Ранг	Город	Численность нас., тыс. чел.	Отношение численности населения / отношение обратных величин рангов городов								
1	Новосибирск	1547,9	1,33/2	1,33/3	2,45/4	2,53/5	2,78/6	2,81/7	2,85/8	3,67/9	4,61/10
2	Омск	1166,1		1,13/1,5	1,84/2	1,90/2,5	2,09/3	2,12/3,5	2,14/4	2,77/4,5	3,47/5
3	Красноярск	1035,5			1,64/1,33	1,69/1,67	1,86/2	1,88/2,33	1,90/2,67	2,46/3	3,08/3,33
4	Барнаул	632,8				1,03/1,25	1,14/1,5	1,15/1,75	1,16/2	1,50/2,25	1,88/2,5
5	Иркутск	613					1,10/1,2	1,11/1,4	1,13/1,6	1,45/1,8	1,83/2
6	Томск	557,2						1,01/1,17	1,02/1,33	1,32/1,5	1,66/1,67
7	Новокузнецк	550,2							1,01/1,14	1,31/1,29	1,64/1,43
8	Кемерово	544								1,29/1,12	1,62/1,25
9	Улан Удэ	421,5									1,26/1,1
10	Чита	335,8									

\* Рассчитано по данным [26].

Таблица 9

## Результаты оценки закона Ципфа в Дальневосточном федеральном округе в 2015 г.\*

Ранг	Город	Численность нас., тыс. чел.	Отношение численности населения/отношение обратных величин рангов городов								
1	Владивосток	603,2	1,00/2	2,05/3	2,37/4	2,74/5	3,13/6	3,30/7	3,62/8	3,86/9	5,89/10
2	Хабаровск	601		2,04/1,5	2,36/2	2,73/2,5	3,12/3	3,29/3,5	3,60/4	3,84/4,5	5,87/5
3	Якутск	294,1			1,15/1,33	1,34/1,67	1,53/2	1,61/2,33	1,76/2,67	1,88/3	2,87/3,33
4	Комсомольск-на-Амуре	254,9				1,16/1,25	1,32/1,5	1,40/1,75	1,53/2	1,63/2,25	2,49/2,5
5	Благовещенск	220,1					1,14/1,2	1,20/1,4	1,32/1,6	1,41/1,8	2,15/2
6	Южно-Сахалинск	192,7						1,05/1,17	1,16/1,33	1,23/1,5	1,88/1,67
7	Петропавловск Камчатский	182,7							1,10/1,14	1,17/1,29	1,78/1,43
8	Уссурийск	166,8								1,07/1,12	1,63/1,25
9	Находка	156,4									1,53/1,1
10	Артем	102,4									

\* Рассчитано по данным [26].

Таблица 10

## Коэффициенты линейного уравнения оценки закона Ципфа в федеральных округах России в 2015 г.

Коэффициент	Значения коэффициента по федеральным округам							
	ЦФО	СЗФО	ЮФО	СКФО	ПФО	УрФО	СФО	ДФФО
Constant	9,7 (1,25)***	5,5 (0,61)***	8 (0,85)***	8,2 (0,56)***	15 (2,6)***	7,4 (11,6)***	11 (1,04)***	8 (1,03)***
K — оценочный коэффициент	0,6 (0,09)***	0,7 (0,1)***	1 (0,15)***	1,2 (0,1)***	2 (0,4)***	0,9 (0,11)***	1,4 (0,16)***	1,2 (0,19)***
R <sup>2</sup>	44	0,74	0,92	0,95	0,79	0,94	0,93	0,92
Станд. ошибка модели	0,38	0,38	0,20	0,17	0,35	0,17	0,19	0,21

Рассчитано автором по данным [26].

Стандартные ошибки указаны в скобках: \*\*\* уровень значимости ошибки 1 %, \*\* уровень значимости ошибки 5 %, \* уровень значимости ошибки 10 %.

емым законом Ципфа, что подтверждает рисунок 1а, где «квадратами» показаны расчетные десятичные логарифмы от численности населения в ЦФО. Следовательно, в Центральном федеральном округе закон Ципфа по показателю численности населения выполняется для Липецка, Тулы и Курска. В данном федеральном округе наблюдается существенный отрыв столицы от остальной массы городов, что вызывает дисбаланс не только в численности населения, но и социально-экономическом состоянии.

В Северо-Западном федеральном округе также концентрация населения происходит в Санкт-Петербурге, численность второго – Калининграда – 448,5 тыс. чел., согласно закону Ципфа, численность населения должна составлять 2566 тыс. чел. Рисунок 1б демонстрирует, что закону Ципфа в СЗФО соответствует Вологда.

В Южном федеральном округе параметр  $K = 1$ , что подтверждает равномерность городских размеров. Однако рисунок 1в демонстрирует, что в Ростове-на-Дону численность населения ниже прогнозируемой законом Ципфа, в Краснодаре выше.

В Северо-Кавказском федеральном округе параметр  $K = 1,2$ , таким образом, население непропорционально рассеяно по малым и средним городам. Отношение численности населения Ставрополе и Владикавказе 1,37, что незначительно отклоняется от отношения рангов данных городов 1,5. Подобная ситуация складывается и в отношении численности населения Кисловодска и Черкесска – 1,04 (1,12), Черкесска и Дербента – 1,04 (1,1). Выполнимость закона Ципфа для данных городов показана на рисунке 1г.

На территории Приволжского федерального округа расположено пять городов-миллионников, население непропорционально рассеяно. С применением уравнения 6 получено отношение численности населения Тольятти и Ижевска 1,13 (1,14), то есть незначительно отклонение от обратного отношения их рангов. Подобная картина характерна для Ульяновска и Оренбурга 1,10 (1,1). Полученные расчеты подтверждены графиком на рисунке 1д. Для остальных обследуемых городов закон Ципфа не выполняется.

В Уральском федеральном округе наблюдается концентрация населения в Екатеринбурге, в результате чего параметр  $K = 0,9$ . Рисунок 1е демонстрирует, что для Магнитогорска, Нижнего Тагила, Сургута, Златоуста закон Ципфа выполняется, что подтверждено расче-

тами (6): отношение численности населения Магнитогорска и Нижнего Тагила 1,16(1,25), Нижнего Тагила и Сургута – 1,08(1,2), Первоуральска и Златоуста 1,00(1,1).

По данным рисунка 1ж в Омске, Иркутске, Томске, Улан-Удэ закон Ципфа выполняется. Отношение численности населения г. Омск и Красноярске 1,33, что мало отклоняется для показателей, необходимых по закону Ципфа 1,5, Иркутску и Томску 1,10 (1,2), Улан-Удэ и Чите 1,26 (1,1). Для остальных обследуемых городов Сибирского федерального округа закон Ципфа не выполняется.

В Дальневосточном федеральном округе оценочный параметр  $K = 1,2$  подтверждает неравномерное рассеивание городов. По данным рисунка 1з расчетные данные совпадают с прогнозируемыми законом Ципфа в Комсомольске-на-Амуре, Благовещенске и Южно-Сахалинске.

### Заключение

Проведенный анализ распределения городов в границах федеральных округов России с применением закона Ципфа позволяет сделать ряд выводов.

В границах федеральных округов России оценочный параметр  $K$  находится в диапазоне от 0,6 до 2, следовательно, распределение городов является неравномерным (исключением является Южный федеральный округ  $K = 1$ ).

Параметр  $K$  меньше единицы свидетельствует о сосредоточении населения в крупных городах, что характерно для ЦФО, СЗФО и УрФО. В данных федеральных округах Москва, Санкт-Петербург и Екатеринбург являются центрами концентрации населения.

Параметр  $K$  больше единицы говорит о том, что население непропорционально рассеяно (СКФО, ПФО, СФО, ДВФО). В Северо-Кавказском и Дальневосточном федеральных округах отсутствуют города-миллионники. На территории Приволжского федерального округа расположено пять городов-миллионников, примечательно, что численность населения данных городов не сильно разнится (от 1076,5 до 1263,9 тыс. чел.), что подтверждено параметром  $K = 2$ .

На территории России отсутствует промежуточная группа городов численностью населения от 2000 тыс. чел. до 5000 тыс. чел, что является угрозой для социально-экономического состояния регионов, так как неравномерная система подвержена влиянию кризисных факторов, и развитию нестабильности в обществе.

Для снижения выявленного дисбаланса в федеральных округах России целесообразно развитие средних и малых городов. Размещение на их территории новых производств, модернизация инфраструктуры и активная социальная политика улучшения качества жизни населения позволят привлечь в города молодых специалистов, что будет способствовать устойчивому развитию регионов и страны в целом. Данные мероприятия необходимо проводить на всей территории России, чтобы не увеличивать нерав-

номерность и изолированность отдельных регионов.

Теоретическая значимость исследования заключается в дополнении методологических основ оценки распределения городов в территориальном пространстве с применением закона Ципфа по показателю численность населения, что может быть использовано для разработки методологического инструментария определения местоположения новых производств и обоснования приоритетных направлений развития городов России.

### Благодарность

*Исследование поддержано грантом Президента, проект № НШ-3175.2018.6.*

### Список источников

1. Eaton J., Eckstein Z. Cities and growth: theory and evidence from France and Japan // *Regional Science and Urban Economics*. — 1997. — № 27. — P. 443–474.
2. Auerbach F. Das gesetz der bevölkerungskonzentration, Petermanns // *Geographische Mitteilungen*. — 1913. — № 59. — P. 74–76.
3. Gabaix X. Zipf's law for cities: an explanation // *Quarterly journal of Economics*. — 1999. — Т. 114. — № 3. — P. 739–767. — doi: 10.1162/003355399556133.
4. Córdoba J. C. On the distribution of city sizes // *Journal of Urban Economics*. — 2008. — № 63. — P. 177–197.
5. Córdoba J. C. A generalized Gibrat's law // *International Economic Review*. — 2008. — № 49. — P. 1463–1468. — doi: 10.1111/j.1468–2354.2008.00518.x.
6. Duranton G. Urban evolutions: The fast, the slow, and the still // *The American Economic Review*. — 2007. — № 97. — P. 197–221.
7. Rossi-Hansberg E., Wright M. L. Urban structure and growth // *The Review of Economic Studies*. — 2007. — № 74. — P. 597–624.
8. Behrens K., Duranton G., Robert-Nicoud F. Productive cities: Sorting, selection, and agglomeration // *Journal of Political Economy*. — 2014. — № 122. — P. 507–553. — doi: 10.1086/675534.
9. Hsu W. T. Central place theory and city size distribution // *The Economic Journal*. — 2012. — № 122. — P. 903–932. — doi: 10.1111/j.1468–0297.2012.02518.x.
10. Mansury Y., Gulyás L. The emergence of Zipf's Law in a system of cities: An agent-based simulation approach // *Journal of Economic Dynamics and Control*. — 2007. — № 31. — P. 2438–2460. — doi: 10.1016/j.jedc.2006.08.002.
11. Krugman P. Confronting the Mystery of Urban Hierarchy // *Journal of the Japanese and International Economies*. — 1996. — № 10. — P. 399–418.
12. Ioannides Y. M., Overman H. G. Zipf's law for cities: an empirical examination // *Regional Science and Urban Economics*. — 2003. — № 33. — P. 127–137. — doi: 10.1016/S0166–0462 (02) 00006–6.
13. Berry B. J., Okulicz-Kozaryn A. The city size distribution debate: Resolution for US urban regions and megalopolitan areas // *Cities*. — 2012. — Т. 29. — № 1. — P. 17–23. — doi: 10.1016/j.cities.2011.11.007.
14. Ziqin W. Zipf Law Analysis of Urban Scale in China // *Asian Journal of Social Science Studies*. — 2016. — № 1. — P. 53–58. — doi: 10.20849/ajsss.v1i1.21.
15. Schaffar A., Dimou M. Rank-size City Dynamics in China and India, 1981–2004 // *Regional Studies*. — 2012. — № 46. — P. 707–721. — doi: 10.1080/00343404.2010.521146.
16. Black D., Henderson V. Urban evolution in the USA // *Journal of Economic Geography*. — 2003. — № 3. — P. 343–372.
17. Eeckhout J. Gibrat's Law for (All) Cities: Reply // *The American Economic Review*. — 2009. — № 99. — P. 1676–1683.
18. Levy M. Gibrat's Law for (All) Cities: Comment // *The American Economic Review*. — 2009. — № 99. — P. 1672–1675.
19. Bee M., Riccaboni M., Schiavo S. The size distribution of US cities: Not Pareto, even in the tail // *Economics Letters*. — 2013. — № 120. — P. 232–237. — doi: 10.1016/j.econlet.2013.04.035.
20. Soo K. T. Zipf's Law and Urban Growth in Malaysia // *Urban Studies*. — 2007. — № 44. — P. 1–14. — doi: 10.1080/00420980601023869.
21. Pérez-Campuzano E., Guzmán-Vargas L., Angulo-Brown F. Distributions of city sizes in Mexico during the 20th century // *Chaos, Solitons & Fractals*. — 2015. — № 73. — P. 64–70.
22. Duran H. E., Ozkan S. P. Trade Openness, Urban Concentration And City-Size Growth In Turkey // *Regional Science Inquiry*. — 2015. — № 7. — P. 35–46.
23. Коломак Е. А. Развитие городских систем России. Тенденции и факторы // *Вопросы экономики*. — 2014. — № 10. — С. 82–96.

24. Андреев В. В., Лукиянова В. Ю., Кадышев Е. Н. Анализ территориального распределения населения в субъектах Приволжского федерального округа с применением закона Ципфа и Гибрата // Прикладная эконометрика. — 2017. — Т. 48. — С. 97–121.

25. Gabaix X., Ioannides Y. M. The Evolution of City Size Distributions // Handbook of Regional and Urban Economics Cities and Geography. — 2004. — P. 2341–378.

26. Регионы России. Основные социально-экономические показатели городов. 2016 // Федеральная служба Государственной статистики [Электронный ресурс] URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b16\\_14t/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b16_14t/Main.htm) (дата обращения 09.02.2018 г.).

### Информация об авторе

**Манаева Инна Владимировна** — кандидат экономических наук, доцент кафедры мировой экономики, Белгородский государственный национальный исследовательский университет; Scopus ID: 57191902461; Researcher ID: E-5025-2017 (Российская Федерация, 308000, г. Белгород, ул. Центральная 1-я, 21, 2; e-mail: in.manaeva@yandex.ru).

For citation: Manaeva, I. V. (2019). Distribution of Cities in Federal Districts of Russia: Testing of the Zipf Law. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 15(1), 84-98

**I. V. Manaeva**

Belgorod State National Research University (Belgorod, Russian Federation; e-mail: in.manaeva@yandex.ru)

### Distribution of Cities in Federal Districts of Russia: Testing of the Zipf Law

*At the modern stage of globalization pressures, imbalance in the distribution of cities in territorial space poses a threat to Russia's economic development and social stability, which actualizes economic research on this issue. The purpose of the article is to analyze the distribution of cities within the boundaries of federal districts with the application of the Zipf law. I have chosen this law as it allows connecting the population of the city with its place in the hierarchy of the urban systems in regions, federal districts and the country, in general. The Zipf law holds if the distribution of the population is uniform. The information base is the data of the Federal State Statistics Service. For the study, I have formed a sample of cities for each Federal District. This sample included 10 most populous cities by 2015. The hypothesis about the lognormal distribution of cities within the borders of the Russian federal districts is tested using the method of least squares. The calculations determined the estimated parameter  $K$  in the range from 0.6 to 1.4, which demonstrates the uneven distribution of cities within the borders of the federal districts of Russia (the exception is Volga Federal District  $K = 1$ ). In the Central Federal District, Northwestern Federal District and Ural Federal District, the population is concentrated in large cities: Moscow, St. Petersburg and Ekaterinburg. In the North Caucasian Federal District, Privolzhsky Federal District, Siberian Federal District and Far Eastern Federal District, the population is disproportionately dispersed. In the territory of Russia, there is no intermediate group of cities with the population from 2000 to 5000 thousand people. The identification of the peculiarities of the distribution of cities within the borders of the federal districts of Russia is necessary for the development of scientifically substantiated recommendations of social and economic policies. The conducted research is a stage in the development of methodological tools for choosing the location of industrial production in the territories and for determining the optimal size of a city.*

**Keywords:** Zipf low, "rank-size", Pareto index, city, federal district, city size, population, interregional differentiation, distribution of cities, territorial distribution

### Acknowledgements

*The article has been supported by the grant from the President, project № NSH-3175.2018.6.*

### References

1. Eaton, J. & Eckstein, Z. (1997). Cities and growth: theory and evidence from France and Japan. *Regional Science and Urban Economics*, 27, 443–474.
2. Auerbach, F. (1913). Das gesetz der bevölkerungskonzentration, Petermanns. *Geographische Mitteilungen*, 59, 74–76.
3. Gabaix, X. (1999). Zipf's law for cities: an explanation. *Quarterly journal of Economics*, 114(3), 739–767. doi: 10.1162/003355399556133.
4. Córdoba, J.-C. (2008). On the distribution of city sizes. *Journal of Urban Economics*, 63, 177–197.
5. Córdoba, J. C. (2008). A generalized Gibrat's law. *International Economic Review*, 49, 1463–1468. doi: 10.1111/j.1468-2354.2008.00518.x.
6. Duranton, G. (2007). Urban evolutions: The fast, the slow, and the still. *The American Economic Review*, 97, 197–221.
7. Rossi-Hansberg, E. & Wright, M. L. (2007). Urban structure and growth. *The Review of Economic Studies*, 74, 597–624.
8. Behrens, K., Duranton, G. & Robert-Nicoud, F. (2014). Productive cities: Sorting, selection, and agglomeration. *Journal of Political Economy*, 122, 507–553. doi: 10.1086/675534.
9. Hsu, W. T. (2012). Central place theory and city size distribution. *The Economic Journal*, 122, 903–932. doi:10.1111/j.1468-0297.2012.02518.x.
10. Mansury, Y. & Gulyás, L. (2007). The emergence of Zipf's Law in a system of cities: An agent-based simulation approach. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 31, 2438–2460. doi:10.1016/j.jedc.2006.08.002.

11. Krugman, P. (1996). Confronting the Mystery of Urban Hierarchy. *Journal of the Japanese and International Economies*, 10, 399–418.
12. Ioannides, Y. M. & Overman, H. G. (2003). Zipf's law for cities: an empirical examination. *Regional Science and Urban Economics*, 33, 127–137. doi:10.1016/S0166-0462(02)00006-6.
13. Berry, B. J. & Okulicz-Kozaryn, A. (2012). The city size distribution debate: Resolution for US urban regions and megalopolitan areas. *Cities*, 29(1), 17–23. doi: 10.1016/j.cities.2011.11.007.
14. Ziqin, W. (2016). Zipf Law Analysis of Urban Scale in China. *Asian Journal of Social Science Studies*, 1, 53–58. doi:10.20849/ajsss.v1i1.21.
15. Schaffar, A. & Dimou, M. (2012). Rank-size City Dynamics in China and India, 1981–2004. *Regional Studies*, 46, 707–721. doi: 10.1080/00343404.2010.521146.
16. Black, D. & Henderson, V. (2003). Urban evolution in the USA. *Journal of Economic Geography*, 3, 343–372.
17. Eeckhout, J. (2009). Gibrat's Law for (All) Cities: Reply. *The American Economic Review*, 99, 1676–1683.
18. Levy, M. (2009). Gibrat's Law for (All) Cities: Comment. *The American Economic Review*, 99, 1672–1675.
19. Bee, M., Riccaboni, M. & Schiavo, S. (2013). The size distribution of US cities: Not Pareto, even in the tail. *Economics Letters*, 120, 232–237. doi: 10.1016/j.econlet.2013.04.035.
20. Soo, K. T. (2007). Zipf's Law and Urban Growth in Malaysia. *Urban Studies*, 44, 1–14. doi:10.1080/00420980601023869.
21. Pérez-Campuzano, E., Guzmán-Vargas, L. & Angulo-Brown, F. (2015). Distributions of city sizes in Mexico during the 20th century. *Chaos, Solitons & Fractals*, 73, 64–70.
22. Duran, H. E. & Ozkan, S. P. (2015). Trade Openness, Urban Concentration And City-Size Growth In Turkey. *Regional Science Inquiry*, 7, 35–46.
23. Kolomak, E. A. (2014). Razvitie gorodskikh sistem Rossii. Tendentsii i faktory [Development of Russian Urban System: Tendencies and Determinants]. *Voprosy ekonomiki [Russian Journal of Economics]*, 10, 82–96. (In Russ.)
24. Andreev, V. V., Lukiyanova, V. Yu. & Kadyshchev, E. N. (2017). Analiz territorialnogo raspredeleniya naseleniya v subektakh Privolzhskogo federalnogo okruga s primeneniem zakona Tsipfa i Gibrata [Analysis of people territorial distribution in regions of the Volga Federal District on the base of Zipf and Gibrat laws]. *Prikladnaya ekonometrika [Applied Econometrics]*, 48, 97–121. (In Russ.)
25. Gabaix, X. & Ioannides, Y. M. (2004). The Evolution of City Size Distributions. *Handbook of Regional and Urban Economics Cities and Geography*, 2341–378.
26. *Regiony Rossii. Osnovnye sotsialno-ekonomicheskie pokazateli gorodov [Regions of Russia. The main socio-economic indicators of the cities]*. (2016). Federalnaya sluzhba Gosudarstvennoy statistiki [Federal State Statistics Service]. Retrieved from: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b16\\_14t/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b16_14t/Main.htm) (date of access: 09.02.2018). (In Russ.)

### Author

**Inna Vladimirovna Manaeva** — PhD in Economics, Associate Professor, Department of World Economy, Belgorod State National Research University; Scopus ID: 57191902461; Researcher ID: E-5025-2017 (21, Tsentralnaya 1st St., Belgorod, 308000, Russian Federation; e-mail: in.manaeva@yandex.ru).