ТЕОРИЯ И СОЦИАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ ГЕОГРАФИИ

УДК 911.8

АКСИОМАТИЧЕСКИЙ ФУНДАМЕНТ ТЕОРИИ ЦЕНТРАЛЬНЫХ МЕСТ: РЕВИЗИЯ С ПОЗИЦИЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ШКОЛЫ

© 2023 г. Р. В. Дмитриев[a, b,]*, В. А. Шупер[b,]**

[a]Институт Африки РАН, Москва, Россия

[b]Институт географии РАН, Москва, Россия

*e-mail: dmitrievrv@yandex.ru

**e-mail: vshuper@yandex.ru

Поступила в редакцию 04.11.2022 г.
После доработки 06.02.2023 г.
Принята к публикации 21.02.2023 г.

Статья посвящена уточнению аксиоматического фундамента теории центральных мест (ТЦМ) и выявлению возможностей и ограничений логического перехода в исследованиях от реальных систем расселения к системам центральных мест. Определена необходимость опоры на аксиомы ТЦМ в следующем виде: 1) пространство системы ЦМ не бесконечно, а конечно: основу каждой системы образует изолированная решетка; теория имеет дело с пространством физическим, а не математическим или географическим; 2) пространство однородно и изотропно во всех отношениях, за исключением распределения не только городского, но и сельского населения; 3) гексагональная решетка отвечает равновесному состоянию изолированной системы ЦМ как аттрактору; отклонения от шестиугольной формы – результат только внешнего воздействия на систему; 4) системы ЦМ полиморфны – могут существовать в модификациях как с одинаковым, так и с отличающимся для всех уровней иерархии и необязательно целочисленным значением $K \in (1; 7]$. Аксиома о "рациональном" поведении потребителя принимается при установлении иерархии ЦМ по объему выполняемых функций; при установлении их иерархии по людности – избыточна. В отличие от зарубежного подхода в ТЦМ, предполагающего перенос свойств идеальной системы центральных мест на реальную систему расселения, в рамках подхода российской школы осуществляется их сопоставление. Возможность последнего обусловлена принципом эквивалентности в релятивистском варианте теории, согласно которому формирование систем расселения в географическом пространстве происходит аналогично формированию систем ЦМ в физическом пространстве. В обоих случаях, если гравитационные эффекты скомпенсированы, нельзя отличить систему расселения от системы ЦМ, т.е. неоднородное и анизотропное географическое пространство от однородного и изотропного физического. Непосредственное следствие этого – эквивалентность, с одной стороны, людности поселений и центральных мест и, с другой, расстояний между ними в реальных системах расселения и системах центральных мест.

Ключевые слова: теория центральных мест, аксиома, принцип эквивалентности, географическое пространство, физическое пространство, изотропность, однородность, полиморфизм

DOI: 10.31857/S2587556623030068, **EDN:** QQYFIH

ВВЕДЕНИЕ

Исторически развитие теории центральных мест (ТЦМ) происходило по схеме восхождения от эмпирического к теоретическому уровню научного познания: наблюдение за поселениями – реальными объектами ⇒ переход к эмпирическим фактам и зависимостям через поселения – эмпирические объекты как "абстракции, выделяющие в действительности некоторый набор свойств и отношений вещей" (Степин, 2006, с. 158) ⇒ формулировка теоретических законов через поселения – идеализированные объекты, наделенные, в отличие от эмпирических, "не только теми признаками, которые мы можем обнаружить в реальном взаимодействии ..., но и признаками, которых нет ни у одного реального объекта" (Степин, 2006, с. 159).

В соответствии с этой схемой можно выделить два подхода в рамках исследований по ТЦМ. В основе первого из них лежит стремление исследователей как можно ближе подвести друг к другу в сущностном отношении реальные поселения и центральные места – прежде всего, посредством усложнения математического аппарата: в уравнения ТЦМ вводятся новые коэффициенты, развитие систем центральных мест рассматривается как совокупность случайных процессов с привлечением теории вероятностей и пр. В методологическом отношении этот подход достаточно уязвим для критики, поскольку фактически предполагает тождество эмпирических и идеализированных объектов, эмпирического и теоретического уровней научного исследования. Таким образом, в ТЦМ вводится то, чего в ней изначально не было: для научного исследования в целом такая методика не всегда плоха, однако же ее целесообразность для случая ТЦМ нуждается в обосновании.

Второй подход предполагает, во-первых, концентрацию внимания исследователя на собственно ТЦМ с минимально возможными заимствованиями из других областей научного знания. Во-вторых, он сосредоточен в основном на третьей ступени представленной выше схемы – формулировке теоретических закономерностей.

Несмотря на сложность четкого разграничения двух подходов, в целом, можно говорить о преобладании первого из них в зарубежных исследованиях, а второго – в российских. Выполненная в рамках второго подхода, представленная работа направлена на уточнении аксиоматического фундамента ТЦМ и выявление возможностей и ограничений логического перехода в исследованиях от реальных систем расселения к системам ЦМ.

МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По А.Д. Арманду, "систему можно считать полностью определенной, если перечислены элементы, входящие в нее, набор связей (структур), множество состояний, принимаемых ею, и траектория поведения в заданных условиях. Если одна из четырех характеристик отсутствует, то система задана не полностью" (1988, с. 10). ТЦМ определяет систему населенных пунктов следующим образом:

1) элемент – ЦМ, обслуживающее себя и (в большинстве случаев) другие ЦМ. В качестве такового в ТЦМ чаще всего выступает город, выполняющий центральные функции (в конечном счете сводящиеся к градообразующим и градообслуживающим) в отношении самого себя и своего окружения – дополняющего района. Последний, в свою очередь, состоит из городов, которые не имеют столь разветвленной системы центральных функций, а также сельских поселений, обслуживающих фактически лишь себя – да и то не в полной мере.

С этой характеристикой системы ЦМ связаны *две аксиомы теории: о бесконечности пространства и о его однородности и изотропности*. Первая из них устанавливает бесконечно большое число элементов решетки как в горизонтальном (без краевых эффектов), так и в вертикальном (в отношении иерархии) измерениях. Упрощенно – решетка имеет бесконечную площадь и содержит бесконечно много иерархически выстроенных ЦМ. Второе выполняется также и в том случае, если мы возьмем для рассмотрения ограниченный участок бесконечной в горизонтальном отношении решетки. Аксиома об однородности и изотропности пространства определяет одинаковость его свойств, во-первых, во всех точках (кроме собственно ЦМ) и, во-вторых, по всем направлениям: в рамках классической ТЦМ это означает равномерность размещения сельского населения, или, упрощенно, то, что сельские поселения не являются ЦМ.

2) набор связей – иерархия ЦМ по численности населения или по объему предоставляемых услуг. Степень диверсификации набора центральных функций предопределяет распределение ЦМ по этому показателю – от более богатых центральными функциями к менее богатым. ЦМ выстраиваются в иерархическую цепочку, образуя своего рода плоскую матрешечную систему с "вложением (суперпозицией) функций" (Черкашин, 2020, с. 15). Поскольку при прочих равных условиях "... существует прямая связь между величиной населения города и его значением в социально-экономической и культурной жизни" (Шатило, 2021, с. 4) (т.е. объемом центральных функций), иерархия ЦМ возникает и по их людности. Далее, если не указано иное – в аспекте принципа дополнительности (Шупер, 1996) – мы будем говорить прежде всего об иерархии ЦМ по численности населения, а не по объему выполняемых ими центральных функций. Указанный принцип заключается в том, что мы не можем для некой существующей системы ЦМ одновременно зафиксировать и их иерархию по численности населения, и совокупность центральных функций по обслуживанию себя и дополняющих районов. Тем не менее две эти "составляющие" формирования решетки неразрывно друг с другом связаны, окончательно разделить их невозможно.

С одной стороны, эта характеристика обусловливает *аксиому ТЦМ о "рациональном" поведении потребителя*: все товары и услуги приобретаются в ближайшем из всех ЦМ, в которых они могут быть приобретены. С другой – определяет геометрию систем ЦМ параллельно с третьей характеристикой.

3) множество состояний – полиморфизм решеток через показатель *K*. В настоящее время существуют два общепризнанных способа введения и определения последнего. *Первый*, "наглядно-априорный", непосредственно вытекает из аксиом ТЦМ и рисунка решетки. При этом *K* рассматривается как число центральных мест данного уровня иерархии, подчиненных одному центральному месту предыдущего, более высокого уровня иерархии, плюс оно само. Очевидно, в этом случае K принимает лишь целочисленные значения, причем в классическом варианте ТЦМ возможны лишь три из них для случая бесконечной решетки: 3, 4 и 7 – то есть одному ЦМ данного уровня полностью подчинены соответственно $6\times\frac{1}{3}=2$, $6\times\frac{1}{2}=3$ и $6\times1=6$ ЦМ следующего, более низкого уровня.

Второй способ определения K – геометрический. Он использовался А. Лёшем, где K трактуется как

$$K=\left(\frac{b}{a}\right)^2,$$

где b – "расстояние между двумя предприятиями одного типа" (для $K=4$ $b=2a$), a – "расстояние между снабжаемыми поселениями".

В случае регулярной решетки оба указанных способа идентичны с той лишь разницей, что, по Кристаллеру, значения K равны для всех уровней иерархии; по Лёшу же – наоборот, отличаются, поскольку экономический ландшафт представляет собой именно плоскую матрешечную систему экономических районов–решеток, геометрически выстроенных по мере увеличения их площади. Если у Кристаллера K может принимать только три значения, то у Лёша – сколь угодно много, каждое из которых определяется (Dacey, 1966) диофантовым уравнением вида

$$K=x^2+x\times y+y^2,$$

где x и y – целые положительные числа.

Из определения K Кристаллером и Лёшем вытекает *аксиома о полиморфизме систем ЦМ*. Таким образом, системы ЦМ могут существовать в разных модификациях, при этом в работах исследователей была установлена возможность существования систем и другой, отличной от Кристаллеровской структуры. Вероятно, для случаев $K=5$ и $K=6$ данное положение впервые было доказано зарубежными (Church and Bell, 1990), а для $K=2$ – отечественными (Важенин, 2001) исследователями. Однако обязательно ли значение K должно быть равным для всех уровней иерархии и при этом принимать только целочисленные значения?

Аксиома о максимальной компактности зон определяет шестиугольную форму решетки ЦМ. Как совершенно справедливо отмечает А.Д. Арманд, «формирование структур, подчиненных правилу плотнейшей упаковки, как правило, включает две стадии. Первая состоит в первоначальном "дележе" свободной территории между элементами системы, какой бы природы они ни были» (1988, с. 105). Основной вопрос состоит в том, возникают ли однотипные поселения одновременно или в какой-то последовательности друг за другом? После возникновения первого (по времени) ЦМ формируется его дополняющий район, постепенно ограничиваемый дополняющими районами других возникающих таких же поселений. По Августу Лёшу (2007), самой выгодной формой таких районов будет форма ячеек пчелиных сот[1].

4) траектория поведения системы – вплоть до настоящего времени этот пункт был самым слабым местом ТЦМ. В докторской диссертации одного из авторов данной статьи (Дмитриев, 2022) было установлено, как происходит появление новых уровней иерархии и как эти уровни заполняются – при условии постоянства для всех уровней иерархии доли ЦМ в населении обслуживаемой им зоны. В работе "Самоорганизация городского населения" (Шупер, 1995) это положение было определено в качестве шестой аксиомы ТЦМ. Однако позднее, в одной из статей (Дмитриев, 2019а) эта аксиома была доказана, то есть перешла в разряд теорем: в соответствии с ней, доля каждого ЦМ в населении обслуживаемой им зоны постоянна для всех уровней иерархии, кроме последнего, и не превышает значения $K-\sqrt{K^2-K}$. В этой связи далее мы попытаемся уточнить именно пять представленных выше аксиом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В решетках Кристаллера ЦМ, находящиеся на уровнях иерархии, обозначаются пунсонами, размер которых связан не с реальным (географическим/физическим) размером поселений, а именно с численностью их населения: чем больше размер пунсона, тем больше людность. Таким образом, поскольку "размерами и формой ... в условиях данной конкретной задачи можно пренебречь" (Кириченко, Крымский, 2013, с. 12), теория оперирует ЦМ как материальными точками, масса которых в качестве первого и важнейшего параметра самой теории выражается через людность. Таким образом, можно заключить, что *ТЦМ имеет дело с пространством физическим, а не: 1) математическим*, хотя в обоих случаях вторая характеристика системы ЦМ – расстояние между ними как функция людности – и будет определяться геометрически. При этом точки как элементы математического пространства вообще не имеют измеримых характеристик – в отличие от точек-элементов физического пространства; *2) географическим*, поскольку для последнего размеры и форма есть его суть, и ими пренебречь нельзя.

Это замечание принципиально важно в контексте аксиомы о бесконечности пространства.

[1] В 1990 г. была "доказана" следующая теорема: "Лучшая форма зоны влияния среди треугольников, квадратов и шестиугольников – это треугольник" (Drezner, 1990). В 1992 г. эта теорема была опровергнута и доказано преимущество именно шестиугольной формы (Gusein-Zade, 1992).

Представим, что физическое пространство в ТЦМ действительно бесконечно в части как числа структурных элементов, так и площади решетки. Однако же если масса физического тела гипотетически может быть неограниченно большой и неограниченно малой, то как поступить в этом случае с численностью населения ЦМ? Вероятно, она ограничена численностью людей как вида вообще (система представлена одним ЦМ), что делает решетку конечной "сверху"; и численностью населения одного ЦМ, равной 1 человеку, что делает решетку конечной "снизу". Таким образом, аксиома ТЦМ о бесконечности пространства представляется противоречивой.

Даже если каждый сельский житель (а не только сельские поселения) будет представлен в пространстве материальной точкой, их число будет конечным. Иными словами, свойства пространства "между" сельскими жителями отличаются от таковых в той его части, которая занята сельскими жителями. Это приводит к противоречивости аксиомы об однородности пространства в части размещения сельского населения, то есть *чтобы эта часть аксиомы была непротиворечивой, сельские поселения также должны представлять собой ЦМ* — вероятно, последнего, самого низкого уровня иерархии. Это предположение было доказано в 2021 г. (Дмитриев, Горохов, 2021).

Поскольку далее мы будем рассматривать пространство в ТЦМ как конечное, то конечно и число ЦМ в его пределах. В классическом варианте теории все они расположены в узлах и на ребрах между или же внутри правильных шестиугольников. Возьмем для рассмотрения ЦМ 1-го уровня и проведем из него до границ решетки бесконечное множество отрезков на бесконечном множестве направлений. Согласно аксиоме об изотропности пространства, каждый отрезок должен пролегать между всеми ЦМ более низких уровней или по крайней мере проходить через одинаковое их число. Однако же, какой бы вариант решетки мы ни взяли, очевидно, что это положение соблюдается лишь в случае наличия только одного ЦМ 1-го уровня; появление еще хотя бы одного ЦМ делает не все направления одинаковыми. Можно подойти к этому вопросу и с другой стороны, использовав определение изотропности пространства через поворот системы на определенный угол (Сивухин, 1979). В этом случае при "наложении" мельчайших рыночных зон происходит, как показал А. Лёш (2007, с. 174), расчленение пространства на участки, содержащие больше и меньше поселений. Иными словами, не все направления от ЦМ 1-го уровня оказываются одинаковыми — то есть налицо анизотропность.

Приведенные выше рассуждения в рамках аксиомы об однородности и изотропности пространства в ТЦМ приводят нас к весьма интересному выводу: поскольку однородность и изотропность пространства определяется через замкнутые (изолированные) системы[2], любые внешние силы не оказывают влияния на системы ЦМ. Таким образом, их *формирование происходит исключительно за счет внутренних свойств самой системы; любые же внешние факторы не оказывают никакого влияния на ход этого процесса*.

Аксиома о "рациональном" поведении потребителя приводит к интересному выводу о невозможности извлечения сверхприбыли поставщиками услуг в системах центральных мест (Лёш, 2007). Учитывая тот факт, что, во-первых, поселения с близкой, но отличающейся людностью вполне могут выполнять полностью идентичные центральные функции и, во-вторых, одинаковая людность поселений — скорее исключение, чем правило, *при установлении иерархии ЦМ по объему выполняемых функций эта аксиома принимается; при установлении иерархии ЦМ по людности — избыточна.*

Вопрос о целочисленности и при этом равенстве значений K для всех уровней иерархии непосредственно связан с вопросом об эволюции систем ЦМ. В одной из недавно опубликованных работ (Дмитриев, Горохов, 2022) было выведено следующее уравнение, определяющее функцию уровня урбанизированности:

$$\varphi = 1 - (1 - k)\left[\frac{K_{n-2}^{p}(1-k)}{K_{n-2}^{p} - k}\right]^{(n-2)},$$

где φ — доля городского населения в общей численности населения системы,
k — доля ЦМ в населении обслуживаемой им зоны, постоянная для всех уровней иерархии, кроме последнего,
K^p — коэффициент, эквивалентный максимально возможной численности населения в рамках выполнения одним ЦМ уровня иерархии $(n - 2)$ функций "градо"обслуживания (собственное население) и "градо"образования (население всех "принадлежащих" ему ЦМ нижележащих уровней),
n — число уровней иерархии в системе, включая первый (представлен одним ЦМ) и последний (представлен в частном случае сельскими поселениями).

Судя по виду этого уравнения, в релятивистском варианте ТЦМ множество значений $K^p \in (1; 7]$; в классическом варианте K^p переходит в традиционное K^k — число ЦМ следующего, более низкого уровня иерархии, обслуживаемых одним ЦМ более высокого уровня (уровни нумеруются сверху), плюс единица.

[2] Несмотря на возможные отличия, в случае ТЦМ эти понятия синонимичны по своей сути.

Представленные аксиомы определяют основные характеристики системы ЦМ: массу последних (в нашем случае – численность населения) и измеряемое по прямой расстояние между ними. Разумеется, в реальных системах расселения определяемые классической ТЦМ соотношения в численности населения и расстояниях – крайне редкое исключение. Естественным выходом из сложившейся ситуации видится представление реальных систем в форме систем ЦМ, то есть моделирование: реальные свойства систем расселения заменяются таковыми для систем ЦМ. Именно в этом случае возникают такие характеристики, как "идеализированная территория" (Иодо и др., 2015, с. 65), "изотропная равнина" (Ikeda and Murota, 2014, p. 5) и другие, исследования степени устойчивости симметричного распределения (Allen and Sanglier, 1979).

С сожалением констатируем, что идею при таком подходе в современных исследованиях в области ТЦМ (и не только) все более вытесняет метод (методика) как своего рода "ключ от всех дверей". Повторяя в той или иной форме высказывание В. Кристаллера о том, что его "абстрактную ... модель ... в действительности ... нигде нельзя встретить в чистой форме" [цит. по: (Саушкин, 1973, с. 271)], многие исследователи пытаются "совместить" системы ЦМ и реальные системы расселения. Здесь и современные ГИС (Theo, 2011), и трансформация показателей (к примеру, "не просто средние значения расстояний от главного центра до остальных центральных мест, а средневзвешенные по населению" (Худяев, 2010)[3], и привлечение конструктов вроде правила "ранг–размер" (Liu H. and Liu W., 2009), и попытка учета особенностей рельефа (Vionis and Papantoniou, 2019), и пр.

Такой подход весьма уязвим для критики, а по сути – вообще не имеет смысла: напомним, что ТЦМ имеет дело с физическим пространством, в то время как реальные системы расселения располагаются в пространстве географическом. Они отличаются друг от друга как минимум в отношении свойства однородности и изотропности, поэтому рассматривать в этом контексте "идеализированную территорию" или "однородную равнину" – то же самое, что пытаться одновременно сделать из, с одной стороны, однородного и изотропного пространства и, с другой, неоднородного и анизотропного нечто среднее – "полуоднородное и полуизотропное".

[3] Это уточнение совершенно излишне, поскольку в этом случае в рамках расчета показателя изостатического равновесия сравниваться между собой будут не идеальная и реальная структуры, а идеальная и неким образом преобразованная реальная – с приведенными к идеальным расстояниями при расчете эмпирического радиуса. Подобное приведение лишает сравнение всякого смысла.

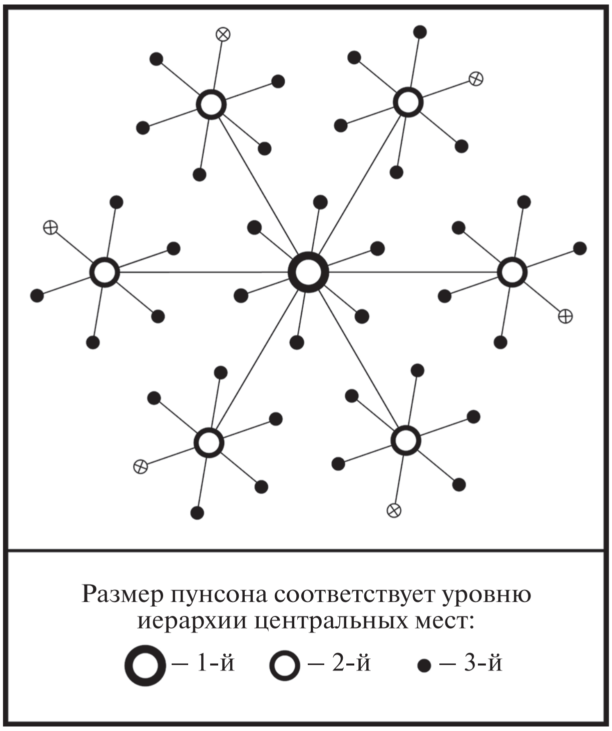

Рис. 1. Структура решетки, соответствующей идеальной системе ЦМ на последнем этапе ее эволюции при $K = 7$.
Примечание: пунсонами с темной заливкой показаны оптимальные для возникающих ЦМ локусы на 3-м уровне иерархии; без заливки и со скрещенными линиями внутри – терминальные. Подробнее см. (Дмитриев, 2022).

В основе подхода российской школы ТЦМ лежит не попытка свести друг с другом физическое и географическое пространство, а именно сравнение их характеристик в рамках систем ЦМ и реальных систем расселения. Система ЦМ выступает в качестве базы сравнения – своего рода образца: расстояния при этом также измеряются по прямой, а сравнение численности населения, учитывая неодинаковость людности реальных поселений, проводится по уровням иерархии, а не по отдельным ЦМ. Соответствие реальной системы расселения системе ЦМ и степень устойчивости оцениваются количественно с помощью показателя изостатического равновесия.

Популяционная структура системы расселения весьма динамична: людность уровней иерархии – не говоря уже о людности отдельных поселений – может изменяться с течением времени достаточно сильно. При этом пространственная структура гораздо более инерционна вследствие изостатического равновесия – компенсации самой системой возникающих отклонений в людности и расстоянии между поселениями от соответствующих значений, определяемых теорией

Таблица 1. Аксиомы теории центральных мест

Аксиома	Формулировки аксиом классической ТЦМ [приводятся по: (Шупер, 1995, с. 70–73)]	Авторские формулировки ТЦМ
О конечности/бесконечности пространства	Пространство бесконечно: из решетки не может быть выделен какой-либо фрагмент – в противном случае возникнут краевые эффекты	Пространство конечно: основу каждой системы ЦМ образует изолированная решетка. ТЦМ имеет дело с пространством физическим, а не математическим или географическим
Об однородности и изотропности пространства	Пространство однородно и изотропно во всех отношениях, за исключением распределения городского населения; сельское население размещено равномерно	Пространство однородно и изотропно во всех отношениях, за исключением распределения городского и сельского населения
О максимальной компактности зон	Системы центральных мест образуют правильную гексагональную решетку вследствие того, что шестиугольник – наиболее близкая к кругу геометрическая фигура, допускающая плотную упаковку на плоскости	Гексагональная решетка отвечает равновесному состоянию изолированной системы центральных мест как аттрактору. Отклонения от шестиугольной формы – результат внешнего воздействия на систему
О принципе оптимизации	Системы центральных мест полиморфны – могут существовать в модификациях с одинаковым для всех уровней иерархии $K = 3$, или $K = 4$, или $K = 7$	Системы центральных мест полиморфны – могут существовать в модификациях как с одинаковым, так и с отличающимся для всех уровней иерархии $K \in (1; 7]$
О “рациональном” поведении потребителя	Все товары и услуги приобретаются в ближайшем из всех центральных мест, в которых они могут быть приобретены	*В соответствии с принципом дополнительности: при установлении иерархии ЦМ по объему выполняемых функций аксиома принимается; при установлении иерархии ЦМ по людности – избыточна*

Примечание. Курсивом выделены авторские уточнения.

для системы ЦМ. Для изолированных (самостоятельных) систем ЦМ значение показателя изостатического равновесия равно

$$\sum_{n=2}^{n-1} \frac{R_n^t}{R_n^e},$$

где R_n^t – теоретический радиус, отражающий соотношения в численности населения уровней иерархии,

R_n^e – эмпирический радиус, отражающий соотношения в расстояниях.

Методика его вычисления подробно изложена в ранее опубликованной работе одного из авторов данной статьи (Шупер, 1995). Чем ближе расчетное значение показателя изостатического равновесия к значению числа уровней иерархии системы за вычетом первого и последнего – $(n - 2)$, тем более последняя устойчива – стабильна, или равновесна[4]. То есть тем более уравновешены гравитационные эффекты, связанные с отличием в людности и расстояниях между ЦМ в этой системе и в соответствующей ей идеальной кристаллеровской решетке.

Гексагональная решетка отвечает равновесному состоянию изолированной системы центральных мест как аттрактору[5]. Отклонения от шестиугольной формы, характерные для структуры систем расселения – результат внешнего воздействия. При этом численное решение вопроса выгодности той или иной формы дополняющих районов в решетке, строго говоря, не является необходимым. Это непосредственно следует из теорем проективной геометрии (Паскаля и Брианшона) и их вариаций: для запуска описываемой выше А.Д. Армандом первой стадии формирования структур, подчиненных правилу плотнейшей упаковки, необ-

[4] Стабильность и устойчивость используются нами в качестве синонимов (“stabilis” на латыни и означает “устойчивый”).

[5] Графическое изображение такой структуры соответствует $K = 7$ для каждого уровня (рис. 1). Таким образом, системы, отвечающие разным значениям K, будут изображаться как части структуры, соответствующей завершению последнего этапа эволюции – своего рода трафарета, локусы которого будут занимать ЦМ по мере своего возникновения в процессе эволюции систем.

ходимы лишь три поселения – все остальные могут возникнуть позже и именно во вполне определенных точках, совокупность которых образует сотовую структуру (Дмитриев, 2019б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Трансформированные формулировки аксиом ТЦМ представлены в табл. 1. *Таким образом, особенность подхода российской школы ТЦМ в конечном счете состоит в сопоставлении реальной системы расселения с системой ЦМ в рамках сравнения неоднородного и анизотропного географического пространства*[6] *систем расселения и однородного и изотропного физического пространства систем центральных мест.* Собственно, российский подход в ТЦМ и отличается этим от зарубежного, в рамках которого происходит не сравнение, предполагающее наличие цели в эволюции систем, а "бесцельный" перенос свойств идеальной системы ЦМ на реальную систему расселения.

Здесь мы вплотную подходим к определению *принципа эквивалентности в релятивистской ТЦМ*, согласно которому формирование систем расселения в географическом пространстве происходит аналогично формированию систем центральных мест в физическом пространстве. В обоих случаях, если гравитационные эффекты (Дмитриев, 2012) скомпенсированы[7], мы не сможем отличить систему расселения от системы центральных мест, то есть, в конечном счете, неоднородное и анизотропное географическое пространство от однородного и изотропного физического. Непосредственное следствие этого – эквивалентность, с одной стороны, людности поселений и ЦМ и, с другой, расстояний между ними в реальных системах расселения и системах ЦМ.

Этот принцип, вероятно, может считаться частным случаем принципа эквивалентности А. Эйнштейна[8] и свидетельствует об отсутствии необходимости приведения к "единому знаменателю" свойств систем расселения и систем центральных мест, практикуемого многими зарубежными специалистами в области ТЦМ: необходимо именно сравнение степени их устойчивости – в частности через показатель изостатического равновесия.

[6] Хотя в отечественной традиции географическое пространство чаще всего наделяется одновременно свойствами континуальности и дискретности (Бакланов, 2013).

[7] Во втором случае (для традиционной кристаллеровской решетки) это условие справедливо всегда, в первом – если изменения людности поселений по отношению к предсказанной ТЦМ полностью уравновешиваются соответствующим изменением расстояния от них до крупнейшего по численности населения поселения системы.

[8] Согласно которому "все физические явления протекают совершенно одинаково в инерциальной системе отсчета K_g, в которой имеется однородное поле тяготения с ускорением силы тяжести g, и в равномерно ускоренной системе K_a, движущейся с ускорением – g относительно инерциальной системы отсчета без поля тяготения" [цит. по: (Логунов и др., 1996, с. 81)].

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в Институте географии РАН по теме государственного задания ИГ РАН АААА-А19-119022190170-1 (FMGE-2019-0008).

FUNDING

The article was prepared within the framework of the state-ordered research theme of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, no. АААА-А19-119022190170-1 (FMGE-2019-0008).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Арманд А.Д. Самоорганизация и саморегулирование географических систем. М.: Наука, 1988. 264 с.

Бакланов П.Я. Подходы и основные принципы структуризации географического пространства // Изв. РАН. Сер. геогр. 2013. № 5. С. 7–18.

Важенин А.А. Эволюция городского расселения: необходимость критического анализа теории центральных мест // Вторые сократические чтения по географии. М.: Изд-во УРАО, 2001. С. 85–89.

Дмитриев Р.В. Использование гравитационных моделей для пространственного анализа систем расселения // Народонаселение. 2012. № 2 (56). С. 41–47.

Дмитриев Р.В. К вопросу о постоянстве значения доли центрального места в населении обслуживаемой им зоны для всех уровней кристаллеровской иерархии // Изв. РАН. Сер. геогр. 2019а. № 1. С. 128–135. https://doi.org/10.31857/S2587-556620191128-135

Дмитриев Р.В. Метрика пространства в теории центральных мест: старые проблемы, новые решения // Географический вестник. 2019б. № 2 (49). С. 24–34. https://doi.org/10.17072/2079-7877-2019-2-24-34

Дмитриев Р.В. Эволюционные процессы в системах центральных мест: Дис. ... д-ра геогр. наук. М.: Институт географии РАН, 2022. 223 с.

Дмитриев Р.В., Горохов С.А. Сельское население в системах центральных мест // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2021. Т. 7. № 3. С. 26–33. https://doi.org/10.37279/2309-7663-2021-7-3-26-33

Дмитриев Р.В., Горохов С.А. Системы центральных мест: континуальное развитие на ранних этапах // Пространственная экономика. 2022. Т. 18. № 2. С. 38–55. https://doi.org/10.14530/se.2022.2.038-055

Иодо И.А., Протасова Ю.А., Сысоева В.А. Теоретические основы архитектуры. Минск: Высшая школа, 2015. 114 с.

Кириченко Н.А., Крымский К.М. Общая физика. Механика. М.: МФТИ, 2013. 290 с.

Лёш А. Пространственная организация хозяйства. М.: Наука, 2007. 663 с.

Логунов А.А., Мествиришвили М.А., Чугреев Ю.В. О неправильных формулировках принципа эквивалентности // Успехи физических наук. 1996. Т. 166.

№ 1. С. 81–88.
https://doi.org/10.3367/UFNr.0166.199601d.0081

Саушкин Ю.Г. Экономическая география: история, теория, методы, практика. М.: Мысль, 1973. 557 с.

Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 1. Механика. М.: Наука, 1979. 520 с.

Степин В.С. Философия науки. Общие проблемы. М.: Гардарики, 2006. 384 с.

Худяев И.А. Эволюция пространственно-иерархической структуры региональных систем расселения: Дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2010. 161 с.

Черкашин А.К. Иерархическое моделирование эпидемической опасности распространения нового коронавируса COVID-19 // Проблемы анализа риска. 2020. Т. 17. № 4. С. 10–21.
https://doi.org/10.32686/1812-5220-2020-17-4-10-21

Шатило Д.П. Трансформация социального пространства глобальных городов. М.: ИНИОН РАН, 2021. 78 с.
https://doi.org/10.31249/citispace/2021.00.00

Шупер В.А. Самоорганизация городского расселения. М.: Российский открытый университет, 1995. 168 с.

Шупер В.А. Принцип дополнительности и теория центральных мест // Изв. РАН. Сер. геогр. 1996. № 4. С. 88–94.

Allen P., Sanglier M. A Dynamic Model of Growth in a Central Place System // Geogr. Analysis. 1979. Vol. 11. № 3. P. 256–272.
https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1979.tb00693.x

Church R.L., Bell T.L. Unpacking Central Place Geometry I: Single Level Theoretical k Systems // Geogr. Analysis. 1990. Vol. 22. № 2. P. 95–115.
https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1990.tb00198.x

Dacey M.F. A Probability Model for Central Place Locations // Annals of the Association of American Geographers. 1966. Vol. 56. № 3. P. 550–568.
https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1966.tb00579.x

Drezner Z. A Note on the Location of Medical Facilities // J. Reg. Sci. 1990. Vol. 30. № 2. P. 281–286.
https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1990.tb00098.x

Gusein-Zade S.M. Comment on “A Note on the Location of Medical Facilities” by Z. Drezner // J. Reg. Sci. 1992. Vol. 32. № 2. P. 229–231.
https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1992.tb00180.x

Ikeda K., Murota K. Bifurcation Theory for Hexagonal Agglomeration in Economic Geography. Tokyo: Springer, 2014. 313 p.

Liu H., Liu W. Rank-Size Construction of the Central Place Theory by Fractal Method and Its Application to the Yangtze River Delta in China // 2009 Int. Conference on Management and Service Science.
https://doi.org/10.1109/ICMSS.2009.5301777

Theo L. Simplifying Central Place Theory Using GIS and GPS // J. Geography. 2011. Vol. 110. № 1. P. 16–26.
https://doi.org/10.1080/00221341.2010.511244

Vionis A.K., Papantoniou G. Central Place Theory Reloaded and Revised: Political Economy and Landscape Dynamics in the Longue Durée // Land. 2019. Vol. 8. № 2.
https://doi.org/10.3390/land8020036

Axiomatic Foundation of the Central Place Theory: Revision from the Position of the Russian Scientific School

R. V. Dmitriev[1, 2, *] and V. A. Shuper[2, **]

[1]*Institute for African Studies, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

[2]*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

**e-mail: dmitrievrv@yandex.ru*

***e-mail: vshuper@yandex.ru*

The article is devoted to clarifying the axiomatic foundation of the central place theory (CPT) and identifying the possibilities and limitations of the logical transition in research from real settlement systems to central place systems. The necessity of relying on the CPT axioms is determined in the following form: (1) the space of the CP system is not infinite, but finite: the basis of each system is formed by an isolated lattice; theory deals with physical space, not mathematical or geographical; (2) space is homogeneous and isotropic in all respects, with the exception of the distribution of not only the urban, but also the rural population; (3) the hexagonal lattice corresponds to the equilibrium state of an isolated CP system as an attractor; deviations from the hexagonal shape are the result of only external influence on the system; (4) CP systems are polymorphic—they can exist in modifications both with the same and with different values of K-parameter $\in (1; 7]$ for all levels of the hierarchy. The axiom about the “rational” behavior of the consumer is accepted when establishing the hierarchy of the CP in terms of the functions performed; when establishing their hierarchy in terms of population, it is redundant. In contrast to the foreign approach to CPT, which involves the transfer of the properties of an ideal CP system to a real settlement system, within the framework of the Russian school approach, they are compared. The possibility of the latter is due to the equivalence principle in the relativistic version of the theory: the formation of settlement systems in geographic space occurs similarly to the formation of CP systems in physical space. In both cases, if the gravitational effects are compensated, it is impossible to distinguish the settlement system from the CP system, that is, a heterogeneous and anisotropic geographic space from a homogeneous and isotropic physical one. The immediate consequence of this is the equivalence, on the one hand, of the population size of settlements and population size of central places, and, on the other hand, of the distances between them in real settlement systems and CP systems.

Keywords: central place theory, axiom, equivalence principle, geographic space, physical space, isotropy, homogeneity, polymorphism

REFERENCES

Allen P., Sanglier M. A dynamic model of growth in a central place system. *Geogr. Anal.*, 1979, vol. 11, no. 3, pp. 256–272. https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1979.tb00693.x

Armand A.D. *Samoorganizatsiya i samoregulirovanie geograficheskikh system* [Self-Organization and Self-Regulation in Geographic Systems]. Moscow: Nauka Publ., 1988. 264 p.

Baklanov P.Ya. Approaches and general principles of structurization of geographical space. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2013, no. 5, pp. 7–18. (In Russ.).

Cherkashin A.K. Hierarchical epidemic risk modeling of spreading new COVID-19 coronavirus. *Probl. Analyza Riska*, 2020, vol. 17, no. 4, pp. 10–21. (In Russ.). https://doi.org/10.32686/1812-5220-2020-17-4-10-21

Chugreev Yu.V., Logunov A.A., Mestvirishvili M.A. On noncorrect formulations of equivalence principle. *Uspekhi Fiz. Nauk*, 1996, vol. 39, no. 1, pp. 73–79. (In Russ.). https://doi.org/10.1070/PU1996v039n01ABEH000128

Church R.L., Bell T.L. Unpacking central place geometry I: single level theoretical k systems. *Geogr. Anal.*, 1990, vol. 22, no. 2, pp. 95–115. https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1990.tb00198.x

Dacey M.F. A probability model for central place locations. *Ann. Assoc. Am. Geogr.*, 1966, vol. 56, no. 3, pp. 550–568. https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1966.tb00579.x

Dmitriev R.V. Application of gravity models to spatial analysis of settlement systems. *Narodonaselenie*, 2012, no. 2 (56), pp. 41–47. (In Russ.).

Dmitriev R.V. Is the share of a central place in the population of the area, served by this central place, a constant for all levels of the Christaller's hierarchy? *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2019, no. 1, pp. 128–135. (In Russ.). https://doi.org/10.31857/S2587-556620191128-135

Dmitriev R.V. Metrics of urban settlement systems in terms of the central place theory: constancy vs variability. *Geogr. Bull.*, 2019, no. 2 (49), pp. 24–34. (In Russ.). https://doi.org/10.17072/2079-7877-2019-2-24-34

Dmitriev R.V. Evolutionary Processes in Systems of Central Places. *Dr. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Institute of Geography RAS, 2022. 223 p. (In Russ.).

Dmitriev R.V., Gorokhov S.A. Rural population of central place systems. *Geopolitika i Ekogeodinamika Reg.*, 2021, vol. 7, no. 3, pp. 26–33. (In Russ.). https://doi.org/10.37279/2309-7663-2021-7-3-26-33

Dmitriev R.V., Gorokhov S.A. Central place systems: early stages of the continual development. *Prostranstvennaya Ekon.*, 2022, vol. 18, no. 2, pp. 38–55. (In Russ.). https://doi.org/10.14530/se.2022.2.038-055

Drezner Z. A note on the location of medical facilities. *J. Reg. Sci.*, 1990, vol. 30, no. 2, pp. 281–286. https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1990.tb00098.x

Gusein-Zade S.M. Comment on "A note on the location of medical facilities" by Z. Drezner. *J. Reg. Sci.*, 1992, vol. 32, no. 2, pp. 229–231. https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1992.tb00180.x

Ikeda K., Murota K. *Bifurcation Theory for Hexagonal Agglomeration in Economic Geography*. Tokyo: Springer, 2014. 313 p.

Iodo I.A., Protasova Yu.A., Sysoeva V.A. *Teoreticheskie Osnovy Arkhitektury* [Theoretical Foundations of Architecture]. Minsk: Vysshaya shkola, 2015. 114 p.

Khudyaev I.A. Evolution of the spatial-hierarchical structure of regional settlement systems. *Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 2010. 161 p.

Kirichenko N.A., Krymskii K.M. *Obshchaya Fizika. Mekhanika* [General Physics. Mechanics]. Moscow: MIPT, 2013. 290 p.

Lösch A. *Die räumliche Ordnung der Wirtschaft*. Jena, 1940. 348.

Liu H., Liu W. Rank-size construction of the central place theory by fractal method and its application to the Yangtze river delta in China. In *2009 International Conference on Management and Service Science*. https://doi.org/10.1109/ICMSS.2009.5301777

Saushkin Yu.G. *Ekonomicheskaya Geografiya: Istoriya, Teoriya, Metody, Praktika* [Economic Geography: History, Theory, Methods, Practice]. Moscow: Mysl' Publ., 1973. 557 p.

Shatilo D.P. *Transformation of the Global Cities' Social Space*. Moscow: INION RAS, 2021. 78 p. https://doi.org/10.31249/citispace/2021.00.00

Shuper V.A. *Samoorganizatsiya gorodskogo rasseleniya* [Self-organization of Urban Settlement Pattern]. Moscow: Rossiiskii Otkrytyi Univ., 1995. 168 p.

Shuper V.A. The principle of complementarity and the central place theory. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 1996, no. 4, pp. 88–94. (In Russ.).

Sivukhin D.V. *Obshchii Kurs Fiziki. T. 1. Mekhanika* [General Course of Physics. Vol. 1. Mechanics]. Moscow: Nauka Publ., 1979. 520 p.

Stepin V.S. *Filosofiya Nauki. Obshchie problemy* [Philosophy of Science. Common Problems]. Moscow: Gardariki, 2006. 384 p.

Theo L. Simplifying central place theory using GIS and GPS. *J. Geogr.*, 2011, vol. 110, no. 1, pp. 16–26. https://doi.org/10.1080/00221341.2010.511244

Vazhenin A.A. The evolution of urban settlement: the need for a critical analysis of the theory of central places. In *Vtorye sokraticheskie chteniya po geografii* [Second Socratic Readings in Geography]. Moscow: URAO Publ., 2001, pp. 85–89.

Vionis A.K., Papantoniou G. Central place theory reloaded and revised: political economy and landscape dynamics in the Longue Durée. *Land*, 2019, vol. 8, no. 2. https://doi.org/10.3390/land8020036