УДК 911.3.01: 656.7: 616.9

ДЕФОРМАЦИЯ ИЕРАРХИИ КРУПНЕЙШИХ АЭРОПОРТОВ МИРА И ЕВРОПЫ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ COVID-19

© 2021 С.А. Тархов[1,2]
[1]Институт географии РАН, Москва, Россия
[2]Высшая школа урбанистики НИУ «Высшая школа экономики», Москва, Россия
e-mail: tram.tarkhov@gmail.com

Пассажирооборот почти всех аэропортов в условиях пандемии COVID-19 сократился на 30–90% – сильнее всего у тех, где доля международных пассажиров доминировала, меньше – где преобладали внутренние перевозки. В статье анализируются изменения рангов иерархии 60 крупнейших аэропортов мира и 60 аэропортов Европы, вызванные последствиями пандемии. На базе разработанной методики оценки устойчивости и изменчивости такой иерархии сравниваются значения трех показателей изменчивости иерархии аэропортов в доковидный и в первой фазе ковидного периода. Уровень внутренней неустойчивости в мировой авиасистеме вырос с 82 до 98%, в европейской – с 62 до 93%. Степень ранговой лабильности аэропортов в мире увеличилась в 8,8 раз, в Европе – в 4,5 раза. Иерархия мировой и европейской систем аэропортов оказалась относительно устойчивой в доковидную эпоху. В условиях пандемии она деформировалась и стала очень неустойчивой. Ее основными деформаторами стали аэропорты тех стран, где ограничения на перелеты снимались значительно раньше, чем в остальном мире, а также вновь открытые. Эмпирическим путем выделены 5 типов изменчивости иерархии систем аэропортов. Выявлено, что чем больше по территориальному охвату система аэропортов, тем более изменчива и неустойчива ее иерархическая структура. Очень большие по территориальному размеру системы более уязвимы к внешним воздействиям (пандемии), чем большие или средние, что и проявляется в степени изменчивости их иерархических структур.

Ключевые слова: авиатранспорт, аэропорты, пассажирооборот, иерархия, иерархическая структура, ранги, изменчивость, неустойчивость, пандемия COVID-19, мир, Европа.

DOI: 10.5922/1994-5280-2021-4-5

Введение и постановка проблемы. Пандемия COVID-19 привела к закрытию государственных границ, введению карантинов и локдаунов, ограничениям в перемещениях людей, и, как следствие, к значительному сокращению пассажирских перевозок на транспорте, и особенно на авиатранспорте – главном переносчике и распространителе коронавирусной инфекции.

Объемы авиапассажирских перевозок по сравнению с доковидным 2019 г. сократились в 2020 г. в несколько раз, а грузовые незначительно[1], поэтому первоочередной интерес представляет изучение спада как раз пассажирских перевозок. Такое сокращение объема пассажирских перевозок в разных странах географически шло крайне неравномерно.

Для географов-транспортников интересным является изучение изменений самих авиатранспортных систем под воздействием кризисных ситуаций, в том числе пандемии коронавирусной инфекции. Так как основными параметрами таких систем являются пространственная структура пассажиропотоков, число и иерархия аэропортов, а также особенности их размещения, то важно понять, как коронакризис повлиял на изменение этих элементов территориальных авиатранспортных систем разных уровней масштаба.

Источники информации об изменении размера пассажирских авиаперевозок в условиях пандемии по странам практически отсутствуют, поэтому единственными данными являются сведения о числе пассажиров, пропущенных в течение месяца и года через отдельные аэропорты. Это число в авиационной статистике называется пассажирооборотом аэропортов[2]. Достаточно детальная информация о размере пассажирооборота

---

[1] Грузовые авиаперевозки сокращались в первые месяцы карантина и локдаунов, но уже летом–осенью 2020 г. они быстро восстановились из-за необходимости срочной переброски медикаментов, медоборудования, продуктов питания и других важных грузов, без которых невозможна нормальная жизнь людей. Поэтому в этой статье грузовые авиаперевозки не рассматривались. Для их изучения необходимо провести специальное исследование.

[2] Пассажирооборот аэропорта – общая сумма числа пассажиров, прошедших (прибывших + отправленных) через него в течение определенного периода времени (месяца или год; чаще всего рассчитывается за год).

большинства аэропортов публикуется не только за весь год, но и за каждый месяц, что позволяет выявлять особенности внутригодовой динамики за 2019 и 2020 гг. Пока нет исследований, которые были бы посвящены анализу пространственной дифференциации последствий воздействия коронакризиса на спад пассажирооборота аэропортов.

Конечно, очень важно изучить глубину спада пассажирооборота разных аэропортов, выявить географические различия в его сокращении от страны к стране, а внутри стран – между самими аэропортами. Но не менее интересным является анализ изменений в пространственной структуре системы аэропортов под воздействием пандемии. Одним из важнейших составляющей ее является иерархическая структура, то есть ранги в распределении аэропортов по размеру их пассажирооборота. Поэтому в этой статье основное внимание было уделено изучению изменений именно их иерархии. Мы рассматривали два территориальных уровня масштаба – мировой и макрорегиональный (на примере Европы).

Как показало наше исследование, самые радикальные изменения рангов иерархии в условиях пандемии произошли именно в мировой системе аэропортов, и чем меньше по территориальным размерам была такая система, тем меньше нарушалась прежняя иерархия ее аэропортов. В статье изучено то, как изменились ранги иерархии крупнейших аэропортов мира по размеру их пассажирооборота, а не значения самого пассажирооборота. Для сравнения дополнительно проведен анализ уровня устойчивости иерархии аэропортов 16 стран Европы. Таким образом, главная цель исследования – выявление типов изменчивости иерархии территориальных систем аэропортов.

Обзор ранее выполненных исследований по теме. Анализу географических особенностей влияния пандемии на структуру экономики и общества в самых общих чертах посвящена серия кратких статей в специальном разделе журнала «Вестник Ассоциации российских географов-обществоведов» №9 за 2020 г.[3] [1; 4; 5; 7; и др.].

В ряде других отечественных публикаций, появившихся чуть позже, анализировались географические особенности диффузии пандемии, факторы ее распространения, рассматривалось влияние пандемии на экономику России в региональном разрезе [2; 3]. В работе [6] проводится картографический анализ пространственных закономерностей распространения пандемии COVID-19 в России.

Статья [11] посвящена изучению пространственной диффузии заболевания COVID-19, распространявшегося из Уханя в города провинции Хубэй, с использованием гравитационной модели. В работе [15] для изучения распространения COVID-19 внутри Германии используется модель пространственной диффузии.

В статье Аскани с соавторами [10] проанализировано распространение COVID-19 в Италии на региональном уровне (провинций уровня NUTS-3) с точки зрения экономической географии. Яркая пространственная неравномерность распространения COVID-19 свидетельствует о том, что коронавирусная инфекция сильнее всего ударила по ядрам экономически наиболее развитых регионов страны.

В статье [16] описан процесс распространения COVID-19 по территории Ирана на уровне останов (провинций). В статье [13] исследуются географические факторы распространения COVID-19 в Швеции. Обнаружено, что географическая изменчивость COVID-19 по территории Швеции отличается высокой степенью случайности и тем, что одни места пострадали сильнее, чем другие.

Из анализа литературы очевидно, что многие социально-экономико-географические аспекты распространения коронавирусной инфекции уже рассмотрены или изучены. Однако, изменения собственно пространственной структуры[4] отдельных территориально-отраслевых подсистем, вызванные пандемией, пока остаются мало исследованными. Одной из них является авиатранспортная система, представленная сетью аэропортов и пассажиропотоков. Публикаций по этой теме почти нет. Есть несколько статей, посвященных анализу воздействия коронакризиса на авиацию в целом

[3] https://argorussia.ru/sites/default/files/2020-05/%D0%92%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%90%D0%A0%D0%93%D0%9E%202020%20%28%E2%84%96%209%29_compressed.pdf

[4] Под пространственной структурой понимается рисунок размещения изучаемой территориальной системы на карте.

[9; 12; 14; 18]. Но они не представляют географического интереса, хотя одна из них [17] и опубликована в британском журнале по географии транспорта, но является чисто социологической.

Таким образом, исследований по географическому анализу динамики авиапассажирских перевозок в условиях пандемии COVID-19 фактически нет из-за того, что до последнего времени соответствующая полная и дробная территориальная статистическая информация за 2020 г. просто отсутствовала.

Материалы и методика исследований. Основным источником информации являлись статистические отчеты отдельных аэропортов, национальных управлений авиации и обобщенные статистические данные по группам аэропортов. Полученная из этих источников информация была обработана, систематизирована и представлена в виде таблиц, по которым и велись основные расчеты по методике, описанной ниже.

При экономико-географическом анализе спада пассажирооборота аэропортов можно использовать несколько подходов: 1) статистический анализ его динамики за последние предкризисные (доковидные) и первые кризисные (ковидные) годы (изменение абсолютных и относительных показателей); 2) анализ временного лага ретродегрессии (отбрасывания значения в изучаемый кризисный период (год) на несколько (или много) лет назад); 3) анализ изменения рангов иерархии каждого аэропорта по размеру пассажирооборота до начала кризиса (пандемии) по сравнению с кризисными (доковидными).

Кратко изложим суть двух первых, и более подробно остановимся на последнем, который и лежит в основе настоящего исследования.

Количественно спад и рост пассажирооборота аэропортов можно измерять: 1) абсолютными значениями (абсолютный прирост); 2) относительными значениями в %% по отношению к значению за базовый год (в нашем случае 2019 г.; относительный прирост); 3) отношением значений пассажирооборота в докризисный (2019 г.) к кризисному году (2020 г.) (измеряется числом раз; этот показатель рельефнее отражает степень спада, чем проценты и абсолютные цифры).

Методика количественной оценки степени деградации пассажирской авиасвязности аэропортов России в 1990–2006 гг., разработанная нами ранее [8], где эмпирически выявлены типы динамики роста и спада авиапассажирских перевозок, может использоваться и для оценки глубины спада пассажирооборота аэропортов. Эти типы динамики представлены в таблице 1, в которую добавлены градации значений третьего показателя спада-роста (частное от деления значения пассажирооборота аэропорта в 2019 г. на значение за 2020 г.).

Если сокращение измерять числом раз, то слабым и умеренным спадом является уменьшение базового уровня в 1,2–1,8 раза, средним – 1,81–2,85 раза, сильным – 2,9–6,6 раз, катастрофическим– более 6,7 раз (он чаще достигал 8–9 раз, в редких исключениях – 30 раз). Спад, измеряемый числом раз, коррелирует с уровнем относительного спада.

Еще одним показателем спада является временной лаг глубины ретродегрессии (отброса назад во времени) – число лет, прошедших с момента, когда объем перевозок в прошлом был приблизительно равен значению в кризисном году (то есть в ковидном 2020 г.). Однако далеко не по всем аэропортам есть ежегодные данные об их пассажирообороте за последние 25–40 лет, которые позволили бы определить, какой же это был год. Так как установить точный срок временного отставания можно далеко не по всем аэропортам, то возможности использования этого индикатора для географических сравнений крайне ограничены.

Для измерения сдвигов в иерархии аэропортов разработана следующая методика. Для мира в целом и Европы составлены таблицы пассажирооборота аэропортов за 2018, 2019 и 2020 гг. Затем по ним определены за каждый год ранги иерархии аэропортов по его размеру. После этого они сравнивались, и в этих таблицах рассчитывались изменения самих рангов (насколько пунктов они понизились, повысились или не изменились) в доковидный период (2019 г. по сравнению с 2018 г.) и в первый ковидный год (2020 г. по сравнению с 2019 г.), чтобы установить амплитуды таких изменений в допандемийный и первый пандемийный год. По всей системе аэропортов высчитывалось число аэропортов, повысивших, понизивших и не изменивших свои ранги, а затем

Таблица 1. Типы динамики пассажирооборота аэропортов в условиях радикальных социально-экономических кризисов

Типы динамики	Вариации относительного прироста, %	Абсолютное сокращение в 2019/2020 г., число раз
Слабый рост	+15,0 + 29,9	0,81–0,70
Незначительный рост	+3,0 + 14,9	0,95–0,82
Стагнация (нулевой рост)	-2,9 + 2,9	0,96–1,02
Незначительный спад	-3,0 -14,9	1,03–1,16
Слабый спад	-15,0 -29,9	1,17–1,42
Умеренный спад	-30,0 -44,9	1,43–1,80
Средний спад	-45,0 -64,9	1,81–2,85
Сильный спад	-65,0 -84,9	2,86–6,6
Катастрофический спад	-85,0 -99,9	6,7–29,0
Исчезновение явления (закрытие)	-100	…

Составлено автором эмпирическим путем. Во второй колонке указаны проценты к базовому уровню начала роста (спада), в третьей – частное от деления текущего значения (2020 г.) к базовому (доковидному, т.е. 2019 г.).

рассчитывалась доля каждой такой группы. По соотношению долей каждой из этих трех групп изменений рангов эмпирически выделены типы изменчивости иерархии (устойчивости-неустойчивости) международных и ряда национальных систем аэропортов (см. раздел «Обсуждение результатов»).

Таким образом, в статье главным показателем динамики рангов иерархии стала разность между рангами аэропортов в 2018 г. и 2019 г., а также в 2019 г. и в 2020 г. (положительная, отрицательная, нулевая).

Вторая часть методики включает расчеты нескольких показателей *изменчивости (деформированности) иерархической структуры* сети аэропортов. Первый из них – отношение числа аэропортов, изменивших свой ранг, к числу, не изменивших его, а точнее – доля числа аэропортов в общем их числе, не поменявших свой ранг[5]. Мы назвали его *уровнем внутренней (эндогенной) неустойчивости иерархии системы*. Структура иерархии является устойчивой, если все 100% аэропортов не поменяли свой ранг за сравниваемый период (даже если их пассажирооборот резко сократился); неустойчивой – когда 50% и более аэропортов поменяли свой ранг.

Также был рассчитан показатель, названный нами *степенью ранговой лабильности аэропортов в иерархической системе* по шкале рангов, уже не по числу самих аэропортов, а по сумме разности в рангах между двумя сравниваемыми годами. Эта сумма разностей в числе рангов по модулю делилась на общее число всех аэропортов системы, и тем самым рассчитывалось среднее число сдвигов рангов (ранговых пунктов) на 1 аэропорт. Этот показатель – степень иерархической лабильности – позволяет сравнивать разные системы аэропортов по степени устойчивости их иерархии. Например, для Великобритании в среднем каждый аэропорт поменял свой ранг на 1,1 пункта (33: 30 = 1,1). Сравнивая значение этого показателя с его значениями по другим макрорегиональным, страновым и мезорегиональным авиасистемам, можно понять, насколько более или менее устойчива иерархия аэропортов в той или иной системе.

Третьим параметром изменения иерархии является число аэропортов, покинувших изучаемую совокупность рангов (50, 60, 75, 100 и т.д.) из-за понижения своего ранга, а также число аэропортов, имевших в предыдущем году ранг ниже этого взятого за основу порога отсечения (50, 60, 75, 100 и т.д.), но в текущем году, по которому идет сравнение, повысили свой ранг, и, таким образом, вошли в эти 50, 60, 75, 100 и т.д. крупнейших аэропортов изучаемого географического ареала (мира, макрорегиона, мезорегиона, страны и т.д.). Мы назвали это *степенью внешней (экзогенной) устойчивости системы иерархии*. Если при сравнении двух годов ни один из аэропортов не выпал из системы, то ее иерархия очень устойчива. Чем больше таких аэропортов-«мигрантов» (вошедших или покинувших эту систему), тем более неустойчива ее иерархия. Количественно степень внешней (экзогенной) устойчиво-

[5] Можно использовать и зеркальный показатель – доля аэропортов, поменявших свой ранг; в этом случае доля процентов будет другая, но и она отразит степень устойчивости-неустойчивости иерархии системы аэропортов.

сти системы описывается долей числа аэропортов, выбывших из изучаемой системы за анализируемый период времени (это число замещается таким же числом новых аэропортов, вошедших в нее по шкале иерархии), ко всему числу аэропортов в системе, взятой в качестве объекта исследования. Чем ниже значение этого показателя, тем выше степень внешней устойчивости. Система очень устойчива экзогенно при нулевом значении, менее устойчива при значениях, отличных от нуля, и наименее устойчива при значениях, приближающихся к единице. Например, если из группы в 60 аэропортов выбыло (из-за резкого снижения их ранга) 10 (соответственно их заменили 10 аэропортов с рангами прежде более низкого, чем 60), то значение степени экзогенной устойчивости составляет 16,7% (10 : 60); если в группе из 60 аэропортов таких аэропортов, полностью выбывших из группы первых 60, оказалось 30, то ее значение равно 50%. Во втором случае структура иерархии экзогенно менее устойчива, чем в первом.

Описанная выше методика использована для определения изменчивости (деформированности) иерархической структуры сети крупнейших аэропортов мира и Европы в целом в условиях пандемии COVID-19.

Сначала был проведен анализ изменения рангов иерархии крупнейших 60 аэропортов мира в доковидное время – сравнивались их ранги за 2018 г. и 2019 г. Затем такое же сравнение было проведено за 2019 г. (последний доковидный год) и 2020 г. (первый ковидный год), чтобы установить уровень устойчивости иерархии системы аэропортов, степень лабильности аэропортов в шкале иерархии, а также степень внешней устойчивости иерархии в доковидную и ковидную эпоху, выявив особенности деформации иерархической структуры, вызванной пандемией коронавируса. Выбраны первые 60 аэропортов по размеру их пассажирооборота за соответствующие годы[6]. Основными источниками информации о размере пассажирооборота аэропортов стали отчеты о деятельности отдельных аэропортов, национальных управлений гражданской авиации и сообщений СМИ на иностранных языках.

Такое же исследование было проведено по 60 крупнейшим аэропортам Европы[7] (включая Европейскую Россию) за 2018–2019–2020 гг. Источники информации по аэропортам Европы были теми же, что и по миру в целом (они указаны в примечаниях под таблицами).

Результаты исследования.

Сдвиги в иерархии крупнейших аэропортов мира.

Чтобы понять особенности сдвигов в иерархии системы мировых аэропортов, произошедших в результате распространения коронавирусной инфекции, необходимо сначала изучить, каковы были ее сдвиги в доковидную эпоху, а затем сравнить их с такими сдвигами в первый ковидный 2020 г.

Изменения иерархии аэропортов в 2018–2019 гг. Проанализируем основные изменения в иерархии системы крупнейших аэропортов мира за 2018–2019 гг. Вся собранная информация об их пассажирообороте за 2018 и 2019 гг. систематизирована и представлена в таблице 2. Затем все аэропорты были проранжированы по убыванию размера их пассажирооборота отдельно за 2018 г. и отдельно за 2019 г. Эти ранги внесены в правую часть таблицы. Последний столбец показывает изменение ранга каждого аэропорта в системе в целом: насколько поменялся номер места в шкале рангов в 2019 г. по сравнению с 2018 г.; если ранг аэропорта повысился, то это указано знаком плюс (+), если понизился, – то знаком минус (-); если он не изменился, то проставляется ноль (0). Сама цифра в крайне правой колонке означает, насколько пунктов изменился ранг аэропорта в сравниваемый период. Например, аэропорт Гонконг в 2018 г. в системе аэропортов мира занимал 8-е место, а в 2019 г. переместился на 13-е место; его ранг в системе понизился на 5 ранговых пунктов (-5: 8→13).

В 2019 г. по сравнению с 2018 г. из 60 крупнейших аэропортов мира 27 повысили, 22 понизили и 11 не изменили свой ранг.

[6] Цифра 60 выбрана потому, что статистика пассажирооборота многих аэропортов мира за 2020 г. к концу сентября 2021 г. еще не была опубликована, и по многим аэропортам с пассажирооборотом менее 10 млн чел. в 2020 г. она отсутствует (страны Арабского мира, Южной Азии, Африки и других). А по первым 60 аэропортам мира, а также по 100 крупнейшим аэропортам Китая она была опубликована лишь в начале сентября 2021 г. Поэтому такое исследование ранее не могло быть проведено.

[7] По Европе информация о размере пассажирооборота за 2020 г. почти полностью доступна по всем аэропортам более 1 млн чел. Но для корректности сравнения нами были взяты лишь первые 60 крупнейших.

Таблица 2. Изменение пассажирооборота и рангов иерархии 60 крупнейших аэропортов мира по размеру пассажирооборота в 2018–2019 гг.

Аэропорты	Пассажиро-оборот, 2018 г., тыс. чел.	Пассажиро-оборот, 2019 г., тыс. чел.	Ранг иерархии в 2018 г.	Ранг иерархии 2019 г.	Разница в рангах в 2018 г. – 2019 г.
Атланта	107 394,0	110 531,3	1	1	0
Пекин-Шоуду	100 983,3	100 011,4	2	2	0
Лос-Анджелес	87 534,4	88 068,0	4	3	+1
Дубай	89 149,4	86 396,8	3	4	-1
Токио-Ханеда	87 502,7	85 505,0	5	5	0
Чикаго-О'Хара	83 339,2	84 372,6	6	6	0
Лондон-Хитроу	80 126,3	80 890,0	7	7	0
Шанхай-Пудун	74 006,3	76 153,5	9	8	+1
Париж-Шарль де Голль	72 229,7	76 150,0	10	9	+1
Даллас-Форт-Уэрт	69 112,6	75 067,0	15	10	+5
Гуанчжоу	69 769,5	73 378,5	13	11	+2
Амстердам	71 053,1	71 707,0	11	12	-1
Гонконг	74 517,4	71 415,2	8	13	-5
Сеул-Инчхон	68 350,8	71 204,2	16	14	+2
Франкфурт-на-Майне	69 510,3	70 561,0	14	15	-1
Денвер	64 494,6	69 015,7	20	16	+4
Дели	69 900,9	68 490,7	12	17	-5
Сингапур	65 628,0	68 283,0	19	18	+1
Бангкок-Суварнабхуми	63 378,9	65 421,8	21	19	+2
Нью-Йорк-Кеннеди	61 623,8	62 551,1	22	20	+2
Куала-Лумпур	60 013,4	62 336,5	23	21	+2
Мадрид	57 863,0	61 734,9	24	22	+2
Сан-Франциско	57 708,2	57 488,0	25	23	+2
Чэнду	52 950,5	55 858,6	26	24	+2
Джакарта-Сукарно Хатта	66 908,2	54 920,9	18	25	-7
Шэньчжэнь	49 349,0	52 931,9	32	26	+6
Барселона	50 148,2	52 688,5	27	27	0
Стамбул-Ататюрк	68 192,7	16 072,5	17	28 (153)	-11
Стамбул (новый)	95,3	52 192,6	…	28	…
Сиэтл-Такома	49 849,5	51 829,2	30	29	+1
Лас-Вегас	49 863,1	51 691,1	29	30	-1
Орландо	47 694,6	50 613,1	34	31	+3
Торонто-Пирсон	49 467,1	50 499,4	31	32	-1
Мехико	47 700,8	50 308,0	33	33	0
Шарлотт-Дуглас	46 446,7	50 168,8	37	34	+3
Москва-Шереметьево	45 836,3	49 938,5	41	35	+6
Тайбэй-Таоюань	46 535,2	48 689,4	36	36	0
Куньмин	47 216,0	48 076,2	35	37	-2
Мюнхен	46 253,6	47 959,9	39	38	+1
Манила-Ниной Акиньо	44 488,3	47 898,0	45	39	+6
Сиань	44 653,9	47 220,5	44	40	+4
Мумбаи	49 876,8	47 055,7	28	41	-13
Лондон-Гатвик	46 432,6	46 576,5	38	42	-4
Ньюарк	46 065,2	46 336,5	40	43	-3
Финикс	44 943,7	46 288,3	43	44	-1
Майами	45 044,3	45 924,5	42	45	-3
Шанхай-Хунцяо	43 628,0	45 637,9	48	46	+2
Хьюстон-Дж. Буш	43 807,5	45 264,1	47	47	0
Чунцин	41 595,9	44 786,7	51	48	+3
Сидней	44 476,0	44 446,8	46	49	-3
Токио-Нарита	42 549,2	44 344,7	50	50	0
Рим-Фьюмичино	42 991,1	43 532,6	49	51	-2
Сан-Паулу-Гуарульюс	38 009,0	43 181,0	56	52	+4
Бостон	38 454,5	42 587,7	52	53	-1
Бангкок-Донмыанг	38 299,4	41 311,8	54	54	0
Хошимин	38 414,7	41 243,2	53	55	-2
Ханчжоу	35 570,4	40 670,3	59	56	+3
Миннеаполис-Сент-Пол	38 034,3	39 555,0	55	57	-2
Доха-Хамад	35 270,4	38 804,2	60	58	+2
Мельбурн	36 916,6	37 491,0	58	59	-1
Джидда	37 539,5	37 381,6	57	60	-3
Сумма разности рангов по модулю					|146|

Примечание: аэропорты упорядочены по убыванию ранга иерархии в 2019 г. Если в городе действуют 2 и более аэропортов, то приводятся их местные названия.

Источники: разные, в том числе https://www.panynj.gov/airports/en/statistics-general-info.html

Самый большой *спад ранга* по величине пассажирооборота в 2019 г. по сравнению с 2018 г. произошел у аэропорта Мумбаи (его ранг снизился на 13 пунктов: 28→41). Затем по уровню спада следует Стамбул, что было связано с закрытием старого аэропорта Ататюрк, открытием вместо него нового аэропорта и переносом туда всех рейсов из старого (ранг снизился на 11 пунктов). Далее следует по убыванию аэропорты Джакарта (-7 пунктов), Дели (-5) и Гонконг (-5). Всего из 60 крупнейших аэропортов понизили свой ранг 22.

Больше всего *повысили* свой *ранг* иерархии аэропорты Шэньчжэнь (+6 пунктов), Москва-Шереметьево (+6), Манила (+6), Даллас-Форт-Уэрт (+5), Денвер (+4), Сан-Паулу-Гуарульюс (+4), Сиань (+4). Всего повысили ранг иерархии 27 аэропортов из 60.

Не изменили свой *ранг* иерархии 11 аэропортов. Ни один из 60 крупнейших в мире аэропортов в 2018 г. не понизил свой ранг ниже 60 в 2019 г., то есть не покинул систему. Они менялись лишь местами (незначительно), оставаясь внутри этой группы.

Общий *уровень внутренней неустойчивости иерархии* составил 81,66% (49 из 60 аэропортов изменили свой ранг), *степень ранговой лабильности осредненного аэропорта* в иерархической системе была незначительной – 2,43 ранговых пункта (146 пунктов по модулю: 60 аэропортов = 2,43), *степень внешней устойчивости* системы иерархии равнялась нулю (система была экзогенно очень устойчива). Значения всех трех показателей деформированности иерархической структуры были не столь большими по сравнению с 2020 г., когда в ней произошли радикальные сдвиги в следствие пандемии.

Изменения иерархии аэропортов в 2019–2020 гг. Рассмотрим изменения в иерархии системы аэропортов мира, произошедшие в первый ковидный год. Изменения пассажирооборота 60 крупнейших аэропортов мира в 2019–2020 гг. и их ранги в иерархии представлены в таблице 3.

В результате коронакризиса в 2020 г. по сравнению с 2019 г. из 60 аэропортов 37 повысили, 22 понизили и 1 не изменил свой ранг.

Таблица 3. Изменение пассажирооборота и рангов иерархии 60 крупнейших аэропортов мира по размеру пассажирооборота в 2019–2020 гг.

Аэропорты	Пассажирооборот, 2019 г., тыс. чел.	Пассажирооборот, 2020 г., тыс. чел.	Ранг иерархии в 2019 г.	Ранг иерархии 2020 г.	Разница в рангах в 2019 г. – 2020 г.
Гуанчжоу	73 378,5	43 767,6	11	1	+10
Атланта	110 531,3	42 918,7	1	2	-1
Чэнду	55 858,6	40 741,5	24	3	+21
Даллас-Форт-Уэрт	75 067,0	39 365,0	10	4	+6
Шэньчжэнь	52 931,9	37 916,1	26	5	+21
Чунцин	44 786,7	34 937,8	48	6	+42
Пекин-Шоуду	100 011,4	34 513,8	2	7	-5
Денвер	69 015,7	33 741,1	16	8	+8
Куньмин	48 076,2	32 990,8	37	9	+28
Шанхай-Хунцяо	45 637,9	31 165,6	46	10	+36
Сиань	47 220,5	31 073,9	40	11	+29
Токио-Ханеда	85 505,1	31 055,2	5	12	-7
Чикаго-О'Хара	84 372,6	30 860,3	6	13	-7
Шанхай-Пудун	76 153,5	30 476,5	8	14	-6
Лос-Анджелес	88 068,0	28 779,5	3	15	-12
Дели	68 490,7	28 500,5	16	17	-1
Ханчжоу	40 670,3	28 224,3	56	17	+39
Шарлотт-Дуглас	50 168,8	27 205,1	34	18	+16
Дубай	86 396,8	25 836,8	4	19	-15
Хьюстон-Дж. Буш	45 264,1	24 690,2	47	20	+27
Стамбул	52 192,6	23 409,1	28	21	+7
Париж Шарль де Голль	76 150,0	22 257,5	9	22	-13
Лас-Вегас	51 691,1	22 201,5	30	23	+7
Лондон-Хитроу	80 890,0	22 111,3	7	24	-17
Хошимин	41 243,2	22 062,9	55	25	+30
Мехико	50 308,0	21 981,7	33	26	+7
Финикс	46 288,3	21 928,7	44	27	+17
Орландо	50 613,1	21 617,8	31	28	+3
Чжэнчжоу	29 129,3	21 406,7	81	29	+52
Чеджу (Юж. Корея)	31 316,4	21 054,7	73	30	+43
Амстердам	71 707,0	20 884,5	12	31	-19

Таблица 3. *Окончание*

Аэропорты	Пассажиро-оборот, 2019 г., тыс. чел.	Пассажиро-оборот, 2020 г., тыс. чел.	Ранг иерархии в 2019 г.	Ранг иерархии 2020 г.	Разница в рангах в 2019 г. – 2020 г.
Джакарта-Сукарно Хатта	54 920,9	20 544,7	25	32	-7
Сан-Паулу-Гуарульюс	43 181,0	20 322,5	52	33	+19
Сиэтл-Такома	51 829,2	20 061,5	29	34	-5
Нанкин	30 581,7	19 906,6	76	35	+41
Москва-Шереметьево	49 938,5	19 566,4	35	36	-1
Чанша	26 911,4	19 223,8	90	37	+53
Франкфурт-на-Майне	70 561,0	18 771,0	15	38	-23
Майами	45 924,5	18 663,9	45	39	+6
Сеул-Кимпхо	25 448,4	17 446,2	99	40	+59
Мадрид	61 734,9	17 112,4	22	41	-19
Стамбул-Сабиха Гёкчен	35 472,9	16 982,5	64	42	+18
Сямэнь	27 413,4	16 710,2	87	43	+44
Бангкок-Суварнабхуми	65 421,8	16 706,2	19	44	-25
Нью-Йорк-Дж. Кеннеди	62 551,1	16 630,6	20	45	-25
Гуйян	21 910,9	16 583,9	121	46	+75
Хайкоу	24 216,6	16 490,2	107	47	+60
Форт-Лодердейл	36 747,6	16 484,1	62	48	+14
Ханой	29 304,6	16 473,2	80	49	+31
Сан-Франциско	57 488,0	16 427,8	23	50	-27
Мумбаи	47 055,7	16 389,9	41	51	-10
Москва-Домодедово	28 252,3	16 389,4	85	52	+33
Пекин-Дасин	3 135,1	16 091,4	…	53	+?
Ньюарк	46 336,5	15 892,9	43	54	-11
Бангкок-Донмыанг	41 311,8	15 765,9	54	55	-1
Санья	20 163,7	15 412,8	132	56	+76
Миннеаполис-Сент-Пол	39 555,0	14 851,3	57	57	0
Циндао	25 556,3	14 561,6	96	58	+38
Детройт	36 769,3	14 105,0	61	59	+2
Бангалор	32 361,7	13 514,3	68	60	+8
Сумма разности рангов по модулю					|1283|
Аэропорты, выбывшие в 2020 г. из 60 крупнейших					
Торонто-Пирсон	50 499,4	13 307,1	32	62	-30
Куала-Лумпур	62 336,5	13 120,1	21	65	-44
Барселона	52 688,5	12 739,3	27	67	-40
Бостон	42 587,7	12 618,1	53	68	-15
Доха-Хамад	38 804,2	12 485,6	58	71	-13
Сеул-Инчхон	71 204,2	12 094,8	14	74	-60
Сингапур	68 283,0	11 800,0	18	76	-58
Сидней	44 446,8	11 227,7	49	77	-28
Манила-Ниной Акиньо	47 898,0	11 145,6	39	81	-42
Мюнхен	47 959,9	11 120,2	38	82	-44
Токио-Нарита	44 344,7	10 486,4	50	87	-37
Лондон-Гатвик	46 576,5	10 173,4	42	89	-47
Рим-Фьюмичино	43 532,6	9 831,0	51	90	-39
Мельбурн	37 491,0	8 897,4	59	100	-41
Гонконг	71 415,2	8 836,0	13	103	-90
Тайбэй-Таоюань	48 689,4	7 438,3	36	126	-90
Джидда	37 381,6	…	60	…	…
Сумма разности рангов (по модулю)					|718|

Примечание: Аэропорты упорядочены по убыванию ранга иерархии в 2020 г. Если в городе действуют 2 и более аэропортов, то приводятся их местные названия. Данные по многим аэропортам арабских стран, Юго-Восточной и Южной Азии, Африки за 2020 г. (на 18.09.2021) отсутствуют.

Самым крупнейшим аэропортом мира в 2020 г. стал Гуанчжоу вместо Атланты (в 2019 г.), аэропорт которой переместился на 2-е место. В подгруппу первых 5 крупнейших аэропортов вошли китайские Чэнду и Шэньчжэнь. Аэропорт Пекин-Шоуду, занимавший в 2019 г. 2-е место, передвинулся на 7-е. В первые 10 крупнейших по пассажирообороту аэропортов мира в 2020 г. входили 7 китайских и всего 3 американских.

В верхнюю часть иерархии поднялись многие аэропорты Китая, Вьетнама, а также

ряд крупнейших аэропортов Турции, России, Бразилии. В нижнюю ее часть переместились большинство аэропортов Европы, Азии (за исключением Китая и Южной Кореи) и ряд крупных США, но не все.

Больше всего «продвинулись» вверх многие крупные китайские аэропорты, ранее не входившие в группу крупнейших мировых. Они переместились вверх по шкале иерархии лишь благодаря тому, что в их пассажирообороте всегда доминировали внутренние пассажиры, а карантин в Китае прекратился уже в апреле-мае, когда возобновились многие внутренние рейсы. К таким аэропортам относятся Санья (+76 ранговых пунктов с 132 на 56-е место: 132→56), Гуйян (+75: 126→46), Хайкоу (+60: 107→47), Чанша (+53: 90→37), Чжэнчжоу (+52: 81→29), Сямэнь (+44: 87→43), Чунцин (+42: 48→6), Нанкин (+41: 76→35), Ханчжоу (+39: 56→17), Циндао (+38: 96→58), Шанхай-Хунцяо (+36: 46→10), Куньмин (+28: 37→9), Чэнду (+21: 24→3), Шэньчжэнь (+21: 26→5).

Выделяются внутренние аэропорты Южной Кореи – Сеул-Кимпхо (+59: 99→40; главный аэропорт внутренних сообщений в стране) и Чеджу (+43 пункта: 73→30; главный туристский центр и морской курорт), ранги которых значительно повысились (это связано с сильным «провалом» главного аэропорта страны Сеул-Инчхон, специализирующегося на международных перевозках).

По шкале иерархии вверх переместились также некоторые американские аэропорты, специализирующиеся не на международных, а на внутренних перевозках: Хьюстон-Дж. Буш (+27: 47→20), Финикс (+17: 44→27), Шарлотт-Дуглас (+16: 34→18), Форт-Лодердейл (+14: 62→48), Денвер (+8 пунктов), Лас-Вегас (+7), Даллас-Форт-Уэрт (+6) и Майами (+6).

Кроме того, ранг иерархии повысился у ряда крупнейших аэропортов других стран: Москва-Домодедово (+33 ранговых пункта с 85 на 52-е место: 85→52), Ханой (+31: 80→49), Хошимин (+30 пунктов: 55→25), Сан-Паулу-Гуарульюс (+19: 52→33), Бангалор (+8), Стамбул (+7), Мехико (+7).

Среди первых 30 крупнейших, повысивших свой ранг, доминировали китайские и американские аэропорты (9 и 7 соответственно, то есть 53% из 30); среди всех 60 – тоже китайские и американские (17 и 10; то есть 28% из 60).

Сильнее всех «просели» вниз по шкале иерархии аэропорты с высокой долей международных пассажиров и аэропорты тех стран, где локдауны были строже и длиннее: Сан-Франциско (-27 ранговых пунктов с 23-го на 50-е место: 23→50), Бангкок-Суварнабхуми (-25: 19→44), Нью-Йорк-Кеннеди (-25: 20→45), Франкфурт-на-Майне (-23: 15→38), Амстердам (-19: 12→31), Мадрид (-19: 22→41), Лондон-Хитроу (-17: 7→24), Дубай (-15: 4→19), Париж-Шарль де Голль (-13: 9→22), Лос-Анджелес (-12: 3→15), Ньюарк (-11), Мумбаи (-10), Токио-Ханеда (-7), Чикаго-О'Хара (-7). В эту группу попали и те китайские аэропорты, в которых всегда была значительна доля международных пассажиров (Пекин-Шоуду, Шанхай-Пудун). Другие аэропорты потеряли меньшее число рангов (менее 7).

Особенно большой скачок вниз по шкале иерархии произошел у аэропортов, расположенных в странах с очень строгими локдаунами и большими сроками карантина: Гонконга (-90), Тайбэя (-90) и Сингапура (-58). Эти аэропорты в 2020 г. понизили свой ранг в мировой иерархии настолько сильно, что покинули группу первых 60 крупнейших аэропортов мира.

Среди первых 30 крупнейших, понизивших свой ранг, было 5 азиатских (в том числе 2 китайских), 2 европейских и 2 американских аэропорта (всего 9, то есть 30% из 30); среди всех 60 – 6 европейских, 9 азиатских (в том числе 2 китайских) и 7 американских (всего 22 или 37% из 60).

В 2020 г. несколько аэропортов, которые в 2019 г. входили в первые 60 крупнейших, понизили свой ранг так, что вышли за пределы 60. Это было связано как со значительным сокращением потока международных пассажиров, так и очень затяжными локдаунами и пандемийными ограничениями. К ним относятся Гонконг (в 2019 г. занимал 13-е место, а в 2020 г. переместился на 103-е место (-90 ранговых пунктов): 13→103), Сеул-Инчхон (-60: 14→74), Сингапур (-58: 18→76), Куала-Лумпур (-44: 21→65), Барселона (-40: 27→67), Торонто-Пирсон (-30: 32→62), Тайбэй-Таоюань (-90: 36→126), Мюнхен (-44: 38→82), Манила (-42: 39→81), Лондон-Гатвик (-47: 42→89), Сидней (-28: 49→77), Токио-Нарита (-37: 50→87), Рим-Фьюмичино (-39; 51→90), Бостон (-15: 53→68), Доха-Хамад (-13: 58→71), Мельбурн (-41: 59→100).

Особенно далеко вниз по шкале убывания рангов сместились аэропорты Тайбэй-Таоюань (на 126-е место), Гонконг (103-е) и Мельбурн (на 100-е). По глубине спада ранга выделяются Тайбэй-Таоюань (-90), Гонконг (-90), Сеул-Инчхон (-60), Сингапур (-58), Лондон-Гатвик (-47), Мюнхен (-44), Куала-Лумпур (-44), Манила (-42).

С другой стороны, несколько китайских (7), корейских (2) и ряд других аэропортов подняли свой ранг настолько высоко, что вошли в состав первых 60 крупнейших в 2020 г.: Санья (132→56), Гуйян (121→46), Хайкоу (107→47), Сеул-Кимпхо (99→40), Циндао (96→58), Сямэнь (87→43), Москва-Домодедово (85→52), Чжэнчжоу (81→29), Ханой (80→49), Нанкин (76→35), Чеджу (73→30), Бангалор (68→60), Стамбул-Сабиха Гёкчен (64→42), Форт-Лодердейл (62→48), Детройт (61→59).

Новый аэропорт Пекин-Дасин, открытый в сентябре 2019 г., в 2020 г. также вошел в первые 60 крупнейших в мире (занял 53-е место) за счет переноса многих международных и внутренних рейсов из старого аэропорта Пекин-Шоуду.

Не изменил своего ранга иерархии лишь 1 аэропорт (Миннеаполис-Сент-Пол) из 60. Общий коэффициент неустойчивости иерархии составил 98,33% (59 : 60 = 0,9833; такова доля числа аэропортов, изменивших свой ранг), то есть почти все (чего не было в 2018–2019 гг.). Таким образом, в первом ковидном году иерархическая структура была сильно деформирована последствиями пандемии.

16 аэропортов (т.е. 27%), которые в 2019 г. входили в группу 60 крупнейших в мире, в 2020 г. перестали быть таковыми; их заменили в основном китайские, российские и корейские. Это также говорит о высоком уровне неустойчивости иерархии в системе аэропортов мира в условиях пандемии.

Общий *уровень внутренней неустойчивости иерархии* системы в 2019–2020 гг. составил 98,33% (59 из 60 аэропортов изменили свой ранг), *степень ранговой лабильности осредненного аэропорта* в системе была значительной – 21,38 ранговых пункта (1283 пунктов по модулю: 60 аэропортов = 21,38), *степень внешней устойчивости* системы иерархии равнялась 27% (система была экзогенно неустойчива). Значения всех трех показателей деформированности иерархической структуры были большими, и не идут ни в какое сравнение со значениями за 2018–2019 гг.

Сравнение сдвигов за 2018–2019 гг. и 2019–2020 гг. Теперь сравним параметры изменчивости иерархии крупнейших аэропортов мира в 2018–2019 гг. и 2019–2020 гг., когда она подверглась радикальным изменениям из-за пандемии коронавируса. Значения трех показателей за оба периода представлены во второй и третьей колонках таблицы 6 (см. раздел «Обсуждение результатов»). Из нее очевидно, что в результате пандемии иерархия 60 крупнейших аэропортов мира была сильно нарушена: уровень ее неустойчивости возрос в 82 до 98%, степень ранговой лабильности – почти в 9 раз – с 2,4 до 21,4 (разница в ранговых сдвигах в 2020 г. по сравнению с 2019 г. была очень большой), степень экзогенной устойчивости с нулевого значения увеличилась до 27%. Таким образом, количественные значения всех трех индикаторов изменчивости иерархии доказывают сильную деформацию иерархии системы крупнейших аэропортов мира.

Сдвиги в иерархии крупнейших аэропортов Европы.

Изменения иерархии аэропортов в 2018–2019 гг. Проанализируем сначала основные изменения в иерархии системы 60 крупнейших аэропортов Европы за 2018–2019 гг. Вся собранная информация об их пассажирообороте за 2018 и 2019гг. систематизирована и представлена в таблице 4.

В 2019 г. по сравнению с 2018 г. из 60 аэропортов Европы 18 повысили, 19 понизили и 23 не изменили свой ранг.

В 2019 г. по сравнению с 2018 г. *ранг иерархии повысился* у 18 аэропортов (из 60). Больше всего он увеличился у аэропортов Вена (+8: 22→14), Киев-Борисполь (+8: 47→39), Болонья (+5: 64→59), Милан-Мальпенса (+5: 25→20). Остальные повысили его на 1–3 ранговых пункта.

В 2019 г. по сравнению с 2018 г. *ранг иерархии понизился* у 19 аэропортов из 60. Самый большой спад ранга по величине пассажирооборота в 2019 г. по сравнению с 2018 г. произошел у аэропортов Москва-Домодедово (его ранг снизился на 6 пунктов (-6): 16→22), Берлин-Шёнефельд (-6: 46→52), Кёльн-Бонн (-5). Ранг иерархии у остальных 16 аэропортов повысился всего на 1-3 ранговых балла.

Таблица 4. Изменение пассажирооборота и рангов иерархии 60 крупнейших аэропортов Европы по размеру пассажирооборота в 2018–2019 гг.

Аэропорты	Пассажиро-оборот, 2018 г., тыс. чел.	Пассажиро-оборот, 2019 г., тыс. чел.	Ранг иерархии в 2018 г.	Ранг иерархии 2019 г.	Разница в рангах в 2018 г.–2019 г.
Лондон-Хитроу	80 126,3	80 890,0	1	1	0
Париж-Шарль де Голль	72 229,7	76 150,0	2	2	0
Амстердам	71 053,1	71 707,0	3	3	0
Франкфурт-на-Майне	69 510,3	70 561,0	4	4	0
Стамбул (Ататюрк+новый)	68 288,0	68 761,0	5	5	0
Мадрид	57 863,0	61 734,9	6	6	0
Барселона	50 148,2	52 688,5	7	7	0
Москва-Шереметьево	45 836,3	49 938,5	10	8	+2
Мюнхен	46 253,6	47 959,9	9	9	0
Лондон-Гатвик	46 432,6	46 576,5	8	10	-2
Рим-Фьюмичино	42 991,1	43 532,6	11	11	0
Дублин	31 497,5	32 907,7	13	12	+1
Париж-Орли	33 120,7	31 853,0	12	13	-1
Вена	27 037,3	31 662,2	22	14	+8
Цюрих	31 113,5	31 507,7	14	15	-1
Лиссабон	29 031,3	31 172,8	18	16	+2
Копенгаген	30 298,5	30 256,7	15	17	-2
Пальма-де-Майорка	29 081,8	29 721,1	17	18	-1
Манчестер	28 255,0	29 397,4	20	19	+1
Милан-Мальпенса	24 725,5	28 846,3	25	20	+5
Осло-Гардермоен	28 518,6	28 592,6	19	21	-2
Москва-Домодедово	29 403,7	28 252,3	16	22	-6
Лондон-Станстед	27 995,1	28 124,3	21	23	-2
Брюссель-Завентем	25 675,9	26 360,0	24	24	0
Стокгольм-Арланда	26 845,4	25 642,7	23	25	-2
Афины	24 135,7	25 574,0	27	26	+1
Дюссельдорф	24 284,0	25 507,6	26	27	-1
Берлин-Тегель	22 000,4	24 227,6	28	28	0
Москва-Внуково	21 478,5	24 001,5	29	29	0
Хельсинки	20 848,8	21 861,1	30	30	0
Малага-Коста-дель-Соль	19 021,8	19 858,7	31	31	0
С.-Петербург	18 123,1	19 581,3	32	32	0
Варшава-Шопен	17 755,5	18 869,3	33	33	0
Лондон-Лутон	16 766,6	18 216,2	37	34	+3
Женева	17 677,0	17 926,6	34	35	-1
Прага	16 797,0	17 804,9	36	36	0
Гамбург	17 234,2	17 308,8	35	37	-2
Будапешт	14 867,5	16 173,5	38	38	0
Киев-Борисполь	12 602,9	15 260,3	47	39	+8
Аликанте	13 981,3	15 048,2	40	40	0
Бухарест-Отопень Коандэ	13 820,4	14 824,8	42	41	+1
Эдинбург	14 294,3	14 737,5	39	42	-3
Ницца	13 850,6	14 485,4	41	43	-2
Бергамо-Орио аль Серио	12 938,6	13 857,3	45	44	+1
Гран Канария	13 573,2	13 261,2	43	45	-2
Порту	11 941,2	13 106,0	49	46	+3
Штутгарт	11 820,6	12 732,7	50	47	+3
Бирмингем	12 457,1	12 650,6	48	48	0
Кёльн-Бонн	12 957,8	12 368,5	44	49	-5
Лион-Сент-Экзюпери	11 037,4	11 739,6	53	50	+3
Венеция	11 184,6	11 561,6	51	51	0
Берлин-Бранденбург (б. Шёнефельд)	12 725,9	11 417,4	46	52	-6
Тенерифе Сур	11 042,5	11 168,7	52	53	-1
Неаполь	9 932,0	10 860,1	55	54	+1
Катания	9 933,3	10 223,1	54	55	-1
Марсель	9 390,4	10 151,7	59	56	+3
Глазго	9 656,2	9 652,2	57	57	0
Тулуза	9 630,3	9 620,2	58	58	0
Болонья	8 506,7	9 405,9	64	59	+5
Евро-Аэропорт (Мюлуз-Базель-Фрайбург)	8 578,1	9 090,3	63	60	+3
Сумма разности рангов по модулю					|97|
Аэропорты, выбывшие в 2019 г. из 60 крупнейших					
Рейкьявик-Кефлавик	9 804,4	7 247,8	56	73	-17
Милан-Линате	9 233,5	6 571,0	60	81	-21

Примечания: Аэропорты упорядочены по убыванию ранга иерархии в 2019 г. Если в городе действуют 2 и более аэропортов, то приводятся их местные названия.Источники: разные, в том числе https://www.panynj.gov/airports/en/statistics-general-info.html

Не изменили своего *ранга* иерархии 23 аэропорта. К ним относятся самые крупнейшие (первые семь), несколько других, а также кластер с 28 по 33 место.

Аэропорты Милан-Линате и Рейкьявик-Кефлавик среди 60 крупнейших европейских аэропортов в 2018 г. понизили свой ранг ниже 60-го места в 2019 г., то есть покинули систему крупнейших. На их место из ранжира 61-100 в группу крупнейших (1-60) вошли два других аэропорта (Болонья, Евро-Аэропорт). Остальные аэропорты менялись лишь местами (незначительно), оставаясь внутри этой группы.

Общий *уровень внутренней неустойчивости иерархии* составил 61,67% (37 из 60 аэропортов изменили свой ранг), *степень ранговой лабильности осредненного аэропорта* в иерархической системе была незначительной – 1,62 ранга (сумма разности рангов 97 пунктов по модулю: 60 аэропортов; что ниже, чем в системе мировых аэропортов), *степень внешней устойчивости* системы иерархии равнялась 3% (2 аэропорта выбыли из прежней группы 2018 г.; система была относительно экзогенно устойчивой). Значения всех трех показателей деформированности иерархической структуры были небольшими.

Изменения иерархии аэропортов в 2019–2020 гг. Рассмотрим теперь изменения в иерархии системы аэропортов Европы, произошедшие в первый ковидный 2020 г. Изменения пассажирооборота 60 крупнейших аэропортов Европы в 2019–2020 гг. и их ранги в иерархии представлены в таблице 5.

В 2020 г. по сравнению с 2019 г. из 60 аэропортов Европы 23 повысили, 33 понизили и 4 не изменили свой ранг.

Из-за коронакризиса в верхнюю часть иерархии поднялись все аэропорты Европейской России, четыре во Франции (Ницца, Тулуза, Марсель, Лион) и два в Великобритании (лоукостерные лондонские Лутон и Станстед), по 1 аэропорту Греции (Афины), Португалии (Порту), Швейцарии (Женева), европейской части Турции (Стамбул), Болгарии (София), Италии (Катания), а в нижнюю ее часть переместились большинство остальных аэропортов, но не все.

Крупнейшим аэропортом Европы в 2020 г. стал Стамбул вместо Лондона-Хитроу (в 2019 г.). Аэропорт Париж-Шарль де Голль остался на прежнем 2-м месте, Лондон-Хитроу с 1-го места переместился на 3-е, вытеснив Амстердам на 4-е. 5-е место (вместо 8-го) занял московский аэропорт Шереметьево, после которого расположился Франкфурт-на-Майне (в 2019 г. был на 4-м месте).

Всего из 60 аэропортов ранг иерархии в 2020 г. повысился у 23. Больше всего поднялись вверх по шкале иерархии аэропорты Европейской России, специализирующихся не на международных, а на внутренних перевозках и особенно на обслуживании главных морских курортов, – Симферополь (+58 ранговых пунктов с 97 на 39-е место: 97→39), Сочи (+50: 79→29), Екатеринбург (+35: 85→50), С.-Петербург (+20: 32→12), Внуково (+19 пункта: 29→10) и Домодедово (+14: 22→8; два последних – главные аэропорты внутренних сообщений в стране), тогда как с большой долей международных перевозок не так значительно – Шереметьево (всего на +3 ранговых пункта).

Среди других европейских стран высокой положительной лабильностью ранга выделяются София (+17 ранговых пунктов: 75→58), Гран Канария (+8: 45→37), Катания (+7: 55→48), Афины (+7: 26→19), Стамбул (+4: 5→1), Осло-Гардермоен (+4: 21→17), где в пассажирообороте доминировали пассажиры-туристы. На 3 балла повысили свой ранг аэропорты Москва-Шереметьево, Женева, Киев-Борисполь, Ницца, Порту и Марсель.

Повысили его также два курортных аэропорта на Канарских островах (Испания): Гран Канария (+8) и Тенерифе-Сур (+1).

Среди первых 30 крупнейших, повысивших свой ранг, больше всего было российских аэропортов (5, то есть 17% из 30), среди всех 60 – тоже российские (их было 7, то есть 12% из 60). Во Франции таких было 4, в других странах – не более 1-3.

Куда у большего числа аэропортов (33) ранг в 2020 г. понизился по сравнению с 2019 г., причем глубина спада ранга была больше (-11-12 ранговых пунктов), чем размер повышения ранга у упомянутой выше группы «поднявшихся» аэропортов.

Крупнейшие международные аэропорты Европы снизили свой ранг лишь на 1-2 ранговых балла даже в условиях пандемии: Лондон-Хитроу (-2: 1→3), Амстердам (-1: 3→4), Франкфурт-на-Майне (-2: 4→6), Мадрид (-1: 6→7), почти сохранив свои лидирующие места, а аэропорт Париж-Шарль де Голль даже остался на прежнем 2-м месте.

Таблица 5. Изменение пассажирооборота и рангов иерархии 60 крупнейших аэропортов мира по размеру пассажирооборота в 2019–2020 гг.

Аэропорты	Пассажиро-оборот, 2019 г., тыс. чел.	Пассажиро-оборот, 2020 г., тыс. чел.	Ранг иерархии в 2019 г.	Ранг иерархии 2020 г.	Разница в рангах в 2019 г .– 2020 г.
Стамбул	68 761,0	23 409,1	5	1	+4
Париж Шарль де Голль	76 150,0	22 257,5	2	2	0
Лондон-Хитроу	80 890,0	22 111,3	1	3	-2
Амстердам	71 707,0	20 884,5	3	4	-1
Москва-Шереметьево	49 938,5	19 566,4	8	5	+3
Франкфурт-на-Майне	70 561,0	18 771,0	4	6	-2
Мадрид	61 734,9	17 112,4	6	7	-1
Москва-Домодедово	28 252,3	16 389,4	22	8	+14
Барселона	52 688,5	12 739,3	7	9	-2
Москва-Внуково	24 001,5	12 565,2	29	10	+19
Мюнхен	47 959,9	11 120,2	9	11	-2
С.-Петербург	19 581,3	10 944,4	32	12	+20
Париж-Орли	31 853,0	10 797,1	13	13	0
Лондон-Гатвик	46 576,5	10 173,4	10	14	-4
Рим-Фьюмичино	43 532,6	9 830,9	11	15	-4
Лиссабон	31 172,8	9 268,0	16	16	0
Осло-Гардермоен	28 592,6	9 021,7	21	17	+4
Цюрих	31 507,7	8 341,0	15	18	-3
Афины	25 574,0	8 078,4	26	19	+7
Вена	31 662,2	7 813,9	14	20	-6
Лондон-Станстед	28 124,3	7 539,7	23	21	+2
Копенгаген	30 256,7	7 525,4	17	22	-5
Дублин	32 907,7	7 267,2	12	23	-1
Милан-Мальпенса	28 846,3	7 241,8	20	24	-4
Манчестер	29 397,4	7 034,9	19	25	-6
Брюссель-Завентем	26 360,0	6 743,4	24	26	-2
Дюссельдорф	25 507,6	6 569,7	27	27	0
Стокгольм-Арланда	25 642,7	6 535,8	25	28	-3
Сочи	6 760,6	6 505,3	79	29	+50
Пальма-де-Майорка	29 721,1	6 108,5	18	30	-12
Берлин-Тегель	24 227,6	5 867,6	28	31	-3
Женева	17 926,6	5 600,9	35	32	+3
Лондон-Лутон	18 216,2	5 550,8	34	33	+1
Варшава-Шопен	18 869,3	5 476,0	33	34	-1
Малага-Коста-дель-Соль	19 858,7	5 161,6	31	35	-4
Киев-Борисполь	15 260,3	5 157,5	39	36	+3
Гран Канария	13 261,2	5 134,4	45	37	+8
Хельсинки	21 861,1	5 053,1	30	38	-8
Симферополь	5 140,0	4 630,0	97	39	+58
Ницца	14 485,4	4 580,0	43	40	+3
Гамбург	17 308,8	4 557,4	37	41	-4
Бухарест-Отопень Коандэ	14 824,8	4 456,6	41	42	-1
Порту	13 106,0	4 436,0	46	43	+3
Будапешт	16 173,5	3 859,4	38	44	-6
Бергамо-Орио аль Серио	13 857,3	3 833,1	44	45	-1
Аликанте	15 048,2	3 739,5	40	46	-6
Прага	17 804,9	3 665,9	36	47	-11
Катания	10 223,1	3 654,4	55	48	+7
Лион-Сент-Экзюпери	11 739,6	3 542,4	50	49	+1
Екатеринбург	6 232,3	3 489,3	85	50	+35
Эдинбург	14 737,5	3 474,9	42	51	-9
Тенерифе Сур	11 168,7	3 392,3	53	52	+1
Марсель	10 151,7	3 359,1	56	53	+3
Берлин-Бранденбург (б.Шёнефельд)	11 417,4	3 223,6	52	54	-2
Штутгарт	12 732,7	3 213,7	47	55	-12
Тулуза	9 620,2	3 130,8	58	56	+2
Кёльн-Бонн	12 368,5	3 076,6	49	57	-12
София	7 107,1	2 937,8	75	58	+17
Бирмингем	12 650,6	2 869,6	48	59	-11
Венеция	11 561,6	2 799,7	51	60	-9
Сумма разности рангов по модулю					|438|
Аэропорты, выбывшие в 2020 г. из 60 крупнейших					
Неаполь	10 860,1	2 779,9	54	62	-8
Глазго	9 652,2	1 945,0	57	83	-26
Евро-Аэропорт (Мюлуз-Базель-Фрайбург)	9 090,3	2 599,0	60	65	-5
Болонья	9 405,9	2 506,3	59	69	-10

Примечания: Аэропорты упорядочены по убыванию ранга иерархии в 2020 г. Если в городе действуют 2 и более аэропортов, то приводятся их местные названия.

Источники: разные, в том числе: https://www.panynj.gov/airports/en/statistics-general-info.html

Сильнее всех опустились вниз по шкале рангов аэропорты с высокой долей международных пассажиров тех стран, где локдауны были строже и продолжительнее (Германия, Чехия, Венгрия, Великобритания, Ирландия), а также крупные региональные нестоличные: Кёльн-Бонн (-12: 49→57), Штутгарт (-12: 47→55), Пальма-де-Майорка (-12: 18→30), Прага (-11: 36→47), Дублин (-11: 12→23), Бирмингем (-11: 48→59), Эдинбург (-9: 42→51), Венеция (-9: 51→60), Хельсинки (-8: 30→38), Вена (-6: 14→20), Будапешт (-6: 38→44), Манчестер (-6: 19→25), Аликанте (-6: 40→46), Копенгаген (-5: 17→22). Другие аэропорты потеряли меньшее число рангов (4 и менее).

Среди первых 30 крупнейших, понизивших свой ранг, больше всего (но немного) выделялись 3 британских, 2 итальянских, 2 немецких и 2 испанских аэропортов (всего 9, или 30% из 30); среди всех 60 – 7 немецких, 5 британских, 4 испанских и 4 итальянских (всего 20; 33% из 60). В Европе не было такой внутристрановой концентрации (то есть аэропорты ни одной страны не составляли значительной доли во всей сети аэропортов: Германия – лишь 12%, Великобритания – 8%), как в мире (где доминировали китайские и американские аэропорты).

В 2020 г. 4 аэропорта, которые в 2019 г. входили в группу 60 крупнейших, понизили свой ранг так, что покинули ее. Это было связано как со значительным сокращением потока пассажиров, так и очень затяжными локдаунами и пандемийными ограничениями. К ним относятся Неаполь (в 2019 г. занимал 54-е место, а в 2020 г. переместился на 62-е место: 54→62), Глазго (57→83), Болонья (59→69), Евро-Аэропорт (60→65). Особенно далеко вниз по шкале убывания рангов сместился аэропорт Глазго (на 26 ранговых пунктов).

С другой стороны, ранг 3 российских и 1 болгарского аэропортов поднялся так высоко, что они, находясь в 2019 г. за пределами 60 крупнейших, вошли в эту группу в 2020 г. К ним относятся Симферополь (97→39), Сочи (79→29), Екатеринбург (85→50), София (75→58). Наибольшую разность ранговых баллов по подъему вверх по шкале иерархии имели Симферополь (+58) и Сочи (+50).

Не изменили своего ранга иерархии всего 4 аэропорта (Париж-Шарль де Голль, Париж-Орли, Лиссабон, Дюссельдорф).

Общий коэффициент неустойчивости иерархии составил 93,33% (56 : 60 = 0,9333) – такова доля числа аэропортов, изменивших свой ранг. 4 аэропорта (т.е. 7%), которые в 2019 г. входили в группу 60 крупнейших, в 2020 г. перестали быть таковыми; их заменили в основном российские. Это также говорит о нарушении неустойчивости (деформации) прежней, доковидной иерархии в системе аэропортов Европы.

Общий *уровень внутренней неустойчивости иерархии* системы в 2019–2020 гг. составил 93,33% (56 из 60 аэропортов изменили свой ранг), *степень ранговой лабильности осредненного аэропорта* в иерархической системе была значительной – 7,3 ранговых пункта (438 пунктов по модулю: 60 аэропортов = 7,30), *степень внешней устойчивости* системы иерархии равнялась 7% (система была экзогенно относительно устойчива). Значения всех трех показателей деформированности иерархической структуры были б*о*льшими, чем в 2018-2019 гг. (см. табл. 6).

Сравнение сдвигов за 2018–2019 гг. и 2019–2020 гг. Сравним параметры изменчивости иерархии крупнейших аэропортов Европы в 2018–2019 гг. и 2019–2020 гг. Значения трех показателей за оба периода представлены в двух правых колонках таблицы 6 (см. раздел «Обсуждение результатов»). Из нее очевидно, что в условиях пандемии иерархия 60 крупнейших аэропортов Европы была сильно деформирована: уровень ее неустойчивости возрос в 62 до 93%, степень ранговой лабильности – почти в 4,5 раза – с 1,6 до 7,3 (разница в ранговых сдвигах в 2020 г. по сравнению с 2019 г. была значительной – 97 и 438), степень экзогенной устойчивости увеличилась незначительно – с 3% до 7%. Таким образом, количественные значения всех трех индикаторов изменчивости иерархии доказывают большую деформацию иерархии системы крупнейших аэропортов Европы, но не такую радикальную, как у мировой системы аэропортов.

Обсуждение результатов.

В мировой авиасистеме ранг иерархии в 2020 г. по сравнению с 2019 г. повысился у 37 крупнейших аэропортов из 60 (62%),

у 22 (37%) – понизился, и у 1 он не изменился (см. табл. 7). В Европе 23 аэропорта из 60 (38%) увеличили свой ранг в иерархии, 33 (55%) уменьшили, и всего 4 (7%) не изменили его совсем.

Доля аэропортов, повысивших свой ранг, в мире выросла с 45% до 62%, а в Европе – с 30% до 38%. Доля аэропортов, понизивших свой ранг, в мире не изменилась (37%), тогда как в Европе возросла с 32% до 55%.

Доля аэропортов, сохранивший свой прежний ранг, в мире сократилась с 18% до 2%, а в Европе – с 38% до 7%.

Таким образом, как в мире, так и в Европе в 2020 г. наблюдалась большая турбулентность в ранговой иерархии, чем в 2019 г.: доля аэропортов, поменявших свой ранг (вниз и вверх), увеличилась в мире до 98%, а в Европе – до 93%.

Сравним теперь *динамику* значений основных показателей изменчивости ранговой иерархии аэропортов мира и Европы в 2018–2019 и 2019–2020 гг. Уровень внутренней неустойчивости в мировой авиасистеме вырос с 82% до 98%, тогда как в Европе – с 62% до 93%. То есть, в мировой системе он увеличился чуть больше, чем в европейской. Степень ранговой лабильности аэропортов в мире увеличилась в 8,8 раз, тогда как в Европе в 4,5 раз, то есть в два раза меньше. Доля аэропортов, покинувших группу 60 крупнейших (с заменой их из группы рангов 60–130), в мире в 2020 г. оказалась высокой (27%), тогда как в Европе она была незначительной, увеличившись всего с 3% до 7%.

Сравнение характера динамики значений всех трех индикаторов изменчивости рангов иерархии показывает, что мировая система аэропортов оказалась более неустойчивой, чем европейская, хотя в последней тоже произошли сильные сдвиги, но не столь радикальные, как в мировой.

Анализ изменения рангов 60 крупнейших аэропортов мира и 60 европейских (включая Европейскую Россию), а также ранее проведенные расчеты по 16 странам Европы (см. табл. 7) позволил эмпирическим путем выделить 5 групп изменчивости (неустойчивости-устойчивости) иерархии территориальных систем аэропортов.

Основаниями для их идентификации стали вариации значений трех показателей: 1) соотношения числа аэропортов, не изменивших свой ранг, к общему их числу в системе; 2) среднее число изменения ранга осредненного аэропорта; 3) доля числа аэропортов, выбывших из системы.

Таблица 6. Значения параметров изменчивости иерархии крупнейших аэропортов мира и Европы в 2018–2020 гг.

Параметры изменчивости иерархии аэропортов	Мир, 2018–2019 гг.	Мир, 2019–2020 гг.	Европа, 2018–2019 гг.	Европа, 2019–2020 гг.
Общее число аэропортов	60	60	60	60
Число аэропортов, повысивших свой ранг иерархии	27	37	18	23
Число аэропортов, понизивших свой ранг иерархии	22	22	19	33
Число аэропортов, не изменивших свой ранг иерархии	11	1	23	4
Доля числа аэропортов, повысивших свой ранг иерархии, %%	45,00	61,67	30,00	38,33
Доля числа аэропортов, понизивших свой ранг иерархии, %%	36,67	36,67	31,67	55,00
Доля числа аэропортов, не изменивших свой ранг иерархии, %%	18,33	1,66	38,33	6,67
Уровень внутренней неустойчивости иерархии, %%	81,66	98,33	61,67	93,33
Сумма разности рангов всех аэропортов по модулю	146	1283	97	438
Степень ранговой лабильности осредненного аэропорта	2,43	21,38	1,62	7,30
Число аэропортов, покинувших первые 60	–	16	2	4
Степень внешней устойчивости системы иерархии, %%	–	26,67	3	7

Таблица 7. Число и доля аэропортов 15 стран Европы и России, повысивших, понизивших и не изменивших своего ранга иерархии (по размеру пассажирооборота) под воздействием пандемии в 2020 г.

Страна	Число аэропортов, повысивших свой ранг иерархии в 2019–2020 гг.	Число аэропортов, понизивших свой ранг иерархии в 2019–2020 гг.	Число аэропортов, не изменивших свой ранг иерархии в 2019–2020 гг.	Общее число аэропортов	Доля числа аэропортов, повысивших свой ранг иерархии в 2019–2020 гг., %%	Доля числа аэропортов, понизивших свой ранг иерархии в 2019–2020 гг., %%	Доля числа аэропортов, не изменивших свой ранг иерархии в 2019–2020 гг., %%
Россия	18	21	15	54	33,3	38,9	27,8
Великобритания	9	10	11	30	30,0	33,3	36,7
Испания	14	8	7	29	48,3	27,6	24,1
Италия	7	7	12	26	26,9	26,9	46,2
Германия	6	6	9	21	28,6	28,6	42,8
Греция	2	3	10	15	13,3	20,0	66,7
Норвегия	2	2	8	12	16,7	16,7	66,6
Польша	1	1	8	10	10,0	10,0	80,0
Швеция	2	1	6	9	22,2	11,1	66,7
Ирландия	–	–	8	8	–	–	100
Украина	1	1	4	6	16,7	16,7	66,6
Хорватия	–	–	5	5	–	–	100
Нидерланды	–	–	4	4	–	–	100
Австрия	–	–	4	4	–	–	100
Дания	–	–	4	4	–	–	100
Финляндия	–	–	4	4	–	–	100
Всего по 16 странам	62	60	119	241	25,7	24,9	49,4

Примечание: страны упорядочены по убыванию числа аэропортов.
Составлена автором. Учтены аэропорты с пассажирооборотом более 400 тыс. чел. в 2019 г.

Ключевыми были вариации значений первого индикатора. Эмпирический анализ позволил выявить следующие типы изменчивости (устойчивости-неустойчивости) иерархии систем аэропортов:

– 1) устойчивая иерархия: 100% аэропортов (то есть все) не изменили свой ранг в 2020 г. по сравнению с 2019 г.; к этому типу относятся системы аэропортов 6 европейских стран (преимущественно средние и малые);
– 2) относительно устойчивая иерархия: от 70% до 99% аэропортов не изменили свой ранг (его поменяли 1–30%); 1 авиасистема (Польша);
– 3) менее устойчивая иерархия: от 50% до 70% аэропортов не изменили свой ранг (30–50% поменяли его); 4 национальные авиасистемы (Греция, Норвегия, Швеция, Украина);
– 4) относительно неустойчивая иерархия: от 35% до 50% аэропортов не поменяли свой ранг (50–65% аэропортов его сменили); три национальные системы аэропортов (Италия, Германия, Великобритания);
– 5) очень неустойчивая иерархия: от 1% до 35% аэропортов не изменили своего ранга (поменяли свой ранг от 65 до 100%); 2 авиасистемы (Испания, Россия).

Международные мировая авиасистема в рамках этой типологии и в 2018–2019 гг., и в 2019–2020 гг. относилась к *очень неустойчивой системе иерархии* (последнему типу), тогда как общеевропейская авиасистема в 2019 г. являлась *относительно неустойчивой*, а в 2020 г. стала *очень неустойчивой*.

Выводы.

Пандемия COVID-19 оказала радикальное воздействие на пассажирские авиаперевозки и работу почти всех аэропортов, которого не было в послевоенном мире. Пассажирооборот почти всех аэропортов (есть исключения) резко сократился (от 30% до 90%) – сильнее всего у тех, у которых доля международных пассажиров доминировала; меньше – где преобладали внутренние перевозки.

Пандемия деформировала сложившуюся территориальную структуру авиасообщения, нарушив иерархию систем аэропортов мира, макрорегионов мира и внутри стран.

Изучение сдвигов рангов 60 крупнейших аэропортов мира и 60 аэропортов Европы по

величине их пассажирооборота с помощью предложенной в статье методики позволило прийти к следующим выводам.

Иерархия мировой и европейской авиасистем оказалась относительно устойчивой в доковидную эпоху: при сравнении 2018 г. и 2019 г. основные «возмущения» (деформации) вносили лишь вновь построенные аэропорты, пассажирооборот которых резко вырос; происходили также небольшие подвижки (в числе рангов) вверх и вниз по шкале иерархии, ранги большого их числа не изменились.

Иерархия мировой сети крупнейших аэропортов стала очень неустойчивой в условиях пандемии, когда свои прежние позиции в шкале рангов крупнейшие аэропорты Европы, США, Японии, большинства стран Юго-Восточной Азии уступили аэропортам Китая, России, Вьетнама и ряда других, которые поднялись вверх по шкале иерархии благодаря быстрому снятию запретов на внутренние перелеты и прекращению локдаунов.

В Европе некоторые прежде крупнейшие по размерам пассажирооборота аэропорты уступили в 2020 г. свои места в иерархии российским и другим европейским аэропортам, которые обошли их за счет быстрого восстановления внутренних авиаперевозок.

Основными деформаторами сложившейся иерархии в ковидную эпоху становились аэропорты тех стран, где ограничения на перелеты снимались значительно раньше, чем в остальном мире. Другим видом деформаторов иерархии в доковидное и ковидное время являлись вновь открытые аэропорты, заменявшие или разгружавшие старые аэропорты.

Чем большим числом аэропортов располагала авиасистема, тем в условиях кардинальных социально-экономических сломов (в том числе в условиях пандемии COVID-19) больше возможность сдвигов в их иерархии. Чем больше по территориальным размерам сеть аэропортов, тем больше в кризисных условиях в ней происходило кардинальных подвижек в рангах иерархии.

Эмпирическим путем выделены 5 типов изменчивости иерархии сети аэропортов в условиях пандемии: 1) очень неустойчивая иерархия (65% и более аэропортов системы изменили свой ранг); 2) относительно неустойчивая иерархия (50–65% аэропортов поменяли его); 3) менее устойчивая иерархия (30–50%); 4) относительно устойчивая иерархия (1–30%); 5) устойчивая (0%).

Чем больше по территориальному охвату система аэропортов, тем более изменчива и неустойчива ее иерархическая структура. Очень большие по территориальному размеру системы более уязвимы к внешним воздействиям (в том числе пандемии), чем большие или средние, что и проявляется в степени изменчивости их иерархических структур.

Нами исследована изменчивость иерархии крупнейших аэропортов в условиях кризиса (под воздействием пандемии) двух международных авиасистем и в общих чертах 16 страновых. Очевидно, что необходимо продолжить такое изучение за счет вовлечения в анализ не только крупнейших, но также средних и небольших аэропортов (то есть нижних частей распределения рангов). По миру в целом это невозможно из-за отсутствия статистических данных о пассажирообороте всех аэропортов (для аэропортов около 30 стран она попросту не собирается), но по Европе это сделать можно.

Второе направление возможных исследований – проанализировать всю иерархию (а не только верхние ее ярусы) национальных систем аэропортов тех стран, по которым есть полная статистическая информация об их пассажирообороте. Тогда, возможно, выявятся некоторые особенности их иерархических структур, а сравнение стран друг с другом даст новое знание об этом. Можно сначала изучить изменчивость иерархии очень больших стран со значительным число аэропортов (более 50: США, Китай, Россия, Индия), больших стран с 20–40 аэропортами (Турция, Франция, Малайзия, Канада и др.; Великобритания, Германия, Испания и Италия уже вкратце проанализированы, см. табл. 7), средних и небольших стран. Изучать изменчивость иерархии систем аэропортов малых стран можно, но результаты заранее очевидны (она там очень устойчива); но знать об этом полезно, делая сравнения со странами с б*о*льшим числом аэропортов.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках темы государственного задания Института географии РАН АААА-А19-119022190170-1 (FMGE-2019-0008).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Земцов С.П., Бабурин В.Л.* COVID-19: пространственная динамика и факторы распространения по регионам России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2020. Т. 84. № 4. С. 485–505.
2. *Земцов С.П., Бабурин В.Л.* Коронавирус в России: масштаб и последствия // Вестн. АРГО. 2020. № 9. С. 133–135.
3. *Зубаревич Н.В., Сафронов С.Г.* Регионы России в острой фазе коронавирусного кризиса: отличия от предыдущих экономических кризисов 2000-х // Региональные исследования. 2020. № 2. С. 4–17.
4. *Зырянов А.И.* Географические особенности распространения коронавируса // Вестн. АРГО. 2020. № 9. С. 135–137.
5. *Каганский В.Л.* Пандемия коронавируса. Тестирование антропосферы // Вестн. АРГО. 2020. № 9. С. 138–140.
6. *Панин А.Н., Рыльский И.А., Тикунов В.С.* Пространственные закономерности распространения пандемии COVID-19 в России и мире: картографический анализ // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2021. № 1. С. 62–77.
7. *Родоман Б.Б.* Территориальные сословия и коронавирус // Вестн. АРГО. 2020. № 9. С. 150–152.
8. *Тархов С.А.* Изменение связности пространства России (на примере авиапассажирского сообщения). М.–Смоленск, 2015. 154 с.
9. *Air Passenger* Market Analysis December 2020: Passenger volumes did not improve in December (отчет IATA). [Электр. ресурс]. URL: https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-passenger-monthly-analysis-december-2020/ (дата обращения 02.02.2021).
10. *Ascani A., Faggian A., Montresor S.* The geography of COVID-19 and the structure of local economies: The case of Italy // Journal of Regional Science. 2020. December. DOI: 10.1111/jors.12510 URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7753650/ (дата обращения 18.09.2021).
11. *Chen Y., Yajing Li Y., Feng S., Man X., Long Y.* Gravitational scaling analysis on spatial diffusion of COVID-19 in Hubei Province, China. PLoS ONE. 2021. Vol. 16. № 6. e0252889. DOI: 10.1371/journal.pone.0252889.
12. *Dunn G.* Traffic data shows how pandemic upset traditional hub dominance in 2020. [Электр. ресурс]. URL: https://www.flightglobal.com/networks/traffic-data-shows-how-pandemic-upset-traditional-hub-dominance-in-2020/142153.article?fbclid=IwAR3WVmHGsOIXMkCBHqg8Kxywj7P1VZeILne_fpiKzBLUrANDbbuQneTvL50 (дата обращения 02.02.2021).
13. *Florida R., Mellander Ch.* The Geography of COVID-19 in Sweden. Working Paper Series in Economics and Institutions of Innovation, Royal Institute of Technology, CESIS - Centre of Excellence for Science and Innovation Studies, 2020. № 487. URL: https://swopec.hhs.se/cesisp/abs/cesisp0487.htm (дата обращения 18.09.2021).
14. Heathrow Loses European Airport Crown in Pandemic Year. 18 January 2021 URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-01-18/heathrow-loses-european-airport-crown-in-pandemic-year?srnd=premium-europe (дата обращения: 20.03.2021).
15. *Kuebart A., Stabler M.* Infectious Diseases as Socio-Spatial Processes: The COVID-19 Outbreak in Germany // Tijdschrift Voor Economische en Sociale Geografie. 2020. Vol. 111. № 3. P. 482–496. DOI: 10.1111/tesg.12429.
16. *Ramírez-Aldana R., Gomez-Verjan J. C., Yaxmehen Bello-Chavolla O.* Spatial analysis of COVID-19 spread in Iran: Insights into geographical and structural transmission determinants at a province level // PLOS Neglected Tropical Diseases. 2020. Vol. 14. № 11: e0008875. DOI: 10.1371/journal.pntd.0008875. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33206644/ (дата обращения 18.09.2021).
17. *Suau-Sanchez P., Voltes-Dortac A., Cugueró-Escofet N.* An early assessment of the impact of COVID-19 on air transport: Just another crisis or the end of aviation as we know it? // Journal of Transport Geography. 2020. Vol. 86. Article 102749. URL: https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102749.
18. 2020 Worst Year in History for Air Travel Demand. [Электр. ресурс]. URL: https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2021-02-03-02/ (дата обращения: 02.02.2021).

Статья поступила в редакцию 25 сентября 2021 г.

Об авторе

Тархов Сергей Анатольевич – доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Института географии РАН, г. Москва.

Для цитирования:

Тархов С.А. Деформация иерархии крупнейших аэропортов мира и Европы в условиях пандемии COVID-19 // Региональные исследования. 2021. № 4. С. 55–73.

DOI: 10.5922/1994-5280-2021-4-5

Deformation of the largest airports hierarchy in the world and Europe in the COVID-19 pandemic context

S.A. Tarkhov[1,2]

[1]*Institute of Geography, Russian Academy of Scienses, Moscow, Russia*

[2]*Vysokovsky Graduate School of Urbanism, HSE University, Moscow, Russia*

e-mail: tram.tarkhov@gmail.com

The passenger turnover of almost all airports fell sharply from 30% to 90% in COVID-19 pandemic - most of all in those where the share of international passengers dominated, less - where domestic traffic prevailed. Changes in the rank of the hierarchy of the 60 largest airports in the world and 60 airports in Europe, caused by the consequences of the COVID-19 pandemic, are analyzed. A special technique has been developed for assessing the stability and variability of such a hierarchy. The values of three indicators of variability of the hierarchy of airports are compared in the pre-covid and in the first phase of the covid period. The level of internal instability in the global aviation system increased from 82 to 98%, in Europe – from 62 to 93%. The degree of rank lability of airports in the world has increased 8.8 times, in Europe – 4.5 times. The hierarchy of world and European air transport systems turned out to be relatively stable in the pre-covid era. In a pandemic, it has become deformed and very unstable. Its main deformers were airports in those countries where flight restrictions were lifted much earlier than in the rest of the world, as well as the new ones opened. Empirically, 5 types of variability in the hierarchy of airport systems have been identified: a very unstable hierarchy. The larger the territorial size of the airport system, the more changeable and unstable its hierarchical structure. Systems that are very large in terms of territorial size are more vulnerable to external influences (pandemics) than large or medium-sized ones, which is manifested in the degree of variability of their hierarchical structures.

Keywords: air transport, airports, passenger turnover, hierarchy, hierarchical structure, ranks, variability, instability, COVID-19 pandemic, world, Europe.

REFERENCES

1. Zemtsov S.P., Baburin V.L. COVID-19: spatial dynamics and factors of distribution in the regions of Russia. *Izvestiya Rossiyskoy Akademii Nauk, Ser. Geogr.,* 2020, vol. 84, no. 4, pp. 485–505. (In Russ.)
2. Zemtsov S.P., Baburin V.L. Coronavirus in Russia: scale and consequences. *Vestnik ARGO*, 2020, no. 9, pp. 133–135. (In Russ.)
3. Zubarevich N.V., Safronov S.G. Russian regions in the acute phase of the coronavirus crisis: differences from the previous economic crises of the 2000s. *Regional'nye issledovaniya*, 2020, no. 2, pp. 4–17. (In Russ.)
4. Zyryanov A.I. Geographical features of the spread of coronavirus. *Vestnik ARGO*, 2020, no. 9, pp. 135–137. (In Russ.)
5. Kaganskiy V.L. Coronavirus pandemic. Anthroposphere testing. *Vestnik ARGO*, 2020, no. 9, pp. 138–140. (In Russ.)
6. Panin A.N., Ryl'skiy I.A., Tikunov V.S. Spatial patterns of the spread of the COVID-19 pandemic in Russia and the world: cartographic analysis. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seria 5. Geografiya*, 2021, no. 1, pp. 62–77. (In Russ.)
7. Rodoman B.B. Territorial estates and coronavirus. *Vestnik ARGO*, 2020, no. 9, pp. 150–152. (In Russ.)
8. Tarkhov S.A. *Izmenenie svyaznosti prostranstva Rossii (na primere aviapassazhirskogo soobshcheniya* [Changes in the connectivity of the space of Russia (on the example of air passenger traffic)]. Moscow-Smolensk, 2015. 154 pp. (In Russ.)
9. Air Passenger Market Analysis December 2020: Passenger volumes did not improve in December (IATA Report). URL: https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-passenger-monthly-analysis–december-2020/ [Accessed: 02.02.2021].
10. Ascani A., Faggian A., Montresor S. The geography of COVID□19 and the structure of local economies: The case of Italy. *Journal of Regional Science*, 2019, December. DOI: 10.1111/jors.12510 URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7753650/ [Accessed 18.09.2021].
11. Chen Y., Yajing Li Y., Feng S., Man X., Long Y. Gravitational scaling analysis on spatial diffusion of COVID-19 in Hubei Province, China. *PLoS ONE*, 2021, vol. 16, no. 6. DOI: 10.1371/journal.pone.0252889.
12. Dunn G. Traffic data shows how pandemic upset traditional hub dominance in 2020/ URL: https://www.flightglobal.com/networks/traffic-data-shows-how-pandemic-upset-traditional-hub-dominance-in-2020/142153.article?fbclid=IwAR3WVmHGsOIXMkCBHqg8Kxywj7P1VZeILne_fpiKzBLUrANDbbuQneTvL50 [Accessed: 2.02.2021].
13. Florida R. and Mellander Ch. *The Geography of COVID-19 in Sweden*. Working Paper Series in Economics and Institutions of Innovation, Royal Institute of Technology, CESIS - Centre of Excellence for Science and Innovation Studies, 2020, no. 487. URL: https://swopec.hhs.se/cesisp/abs/cesisp0487.htm [Accessed 18.09.2021].
14. Heathrow Loses European Airport Crown in Pandemic Year. 18 January 2021. URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-01-18/heathrow-loses-european-airport-crown-in-pandemic-year?srnd=premium-europe [Accessed 20.03.2021].
15. Kuebart A. and Stabler M. Infectious Diseases as Socio-Spatial Processes: The COVID-19 Outbreak in Germany. *Tijdschrift Voor Economische en Sociale Geografie*, 2020, vol. 111, no. 3, pp. 482–496. DOI: 10.1111/tesg.12429.
16. Ramírez-Aldana R., Gomez-Verjan J. C., Yaxmehen Bello-Chavolla O. Spatial analysis of COVID-19 spread in Iran: Insights into geographical and structural transmission determinants at a province level. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 2020, vol. 14, no. 11. DOI: 10.1371/journal.pntd.0008875. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33206644/ [Accessed 18.09.2021].
17. Suau-Sanchez P., Voltes-Dortac A., Cugueró-Escofet N. An early assessment of the impact of COVID-19 on air transport: Just another crisis or the end of aviation as we know it? *Journal of Transport Geography*, 2020, vol. 86. Article 102749. URL: https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102749 [Accessed 18.09.2021].
18. 2020 Worst Year in History for Air Travel Demand. URL: https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2021-02-03-02/ [Accessed 18.09.2021].

Received 25.09.2021