

# Пространственное развитие Большого Екатеринбурга и его лимитирующие факторы по высотности<sup>1</sup>

В статье рассмотрены проблемы пространственного и высотного развития Екатеринбурга и его лимитирующие факторы. На основе оригинальных пространственных моделей, анализа ландшафтного фактора и микроклиматических городских факторов комфорта населения показаны размерные и высотные ограничения формирования Большого Екатеринбурга, целесообразность сохранения его компактности, развития в городе эстакад.

**Ключевые слова:** Большой Екатеринбург, пространственное и высотное развитие, лимитирующие факторы, сеть «Полярное кружево».

LITOVSKIY V. V.

EKATERINBURG'S SPATIAL DEVELOPMENT AND ITS LIMITING FACTORS ON THE HIGH

*The article discusses the problems of Ekaterinburg's spatial and high-altitude development and its limiting factors. Priority attention is given to the plans for the formation of New Yekaterinburg City. Limits are shown in the growth and high-altitude development of Yekaterinburg on the basis of original spatial models, analysis of landscape and microclimatic urban comfort factors of the population, the feasibility of preserving its compactness, development in the city of flyovers.*

**Keywords:** New Yekaterinburg City, spatial and high-altitude development, limiting factors, flyovers, «Polar lace» network.



**Литовский  
Владимир  
Васильевич**

доктор географических наук, заведующий сектором размещения производительных сил и территориального планирования Института экономики УрО РАН, Екатеринбург, Российская Федерация

e-mail: vlitovskiy1@yandex.ru

Ранее автором предложена модель самосогласованного пространственного развития города с численностью его населения и показаны количественные ограничения на размеры Екатеринбурга в ближайшие десятилетия. В частности, показано, что для ближайшей перспективной итерации самосогласованного пространственного развития города в соответствии с расчетной численностью населения его радиус увеличится до 16 км. Эта величина коррелирует с ожидаемым показателем часовой доступности центра с периферии в 19 км к 2030–2035 гг., который предопределен плановым увеличением средней скорости движения общественного транспорта в городе с 13 до 19 км/ч. В то же время он не соответствует известным планам расширения города до «Большого Екатеринбурга» с радиусом в 25 км (Иллюстрация 1) и тем более — в 50 км.

На то же указывает и оценка численности населения Екатеринбурга в предложенной мо-

дели, согласно которой при лаге появления очередной генерации в 18 лет доля совершеннолетнего населения в Екатеринбурге к 2023 г. должна составлять не менее 1 млн человек (1 024 тыс. на 2011 г. и 1 607 тыс. — на 2029 г.), что при таких темпах повлечет включение в Большой Екатеринбург всего населения области (4,3 млн чел.) к 2085–2090 гг.

Не сильно меняет суть проблемы и увеличение лага до 28 лет, что в модельной оценке сдвигает лишь срок втягивания в мегаполис населения области на одну генерацию при размере города 90,4 км (радиусе — 45,2 км).

Важно отметить при этом, что в исходной модели ограничения на высотность зданий в городе не накладывались. Считалось лишь, что плотность населения в городе должна быть постоянной, что означает неизменность удельной площади городского пространства на одного человека (как в исходном одноэтажном городе). А это при многоэтажной застройке должно сокращать, а не увеличивать размер (площадь) города.

Таким образом, перспективные пространственные градостроительные схемы расселения необходимо строго увязывать со сбалан-

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Свердловской области в рамках научного проекта № 20-49-660009.

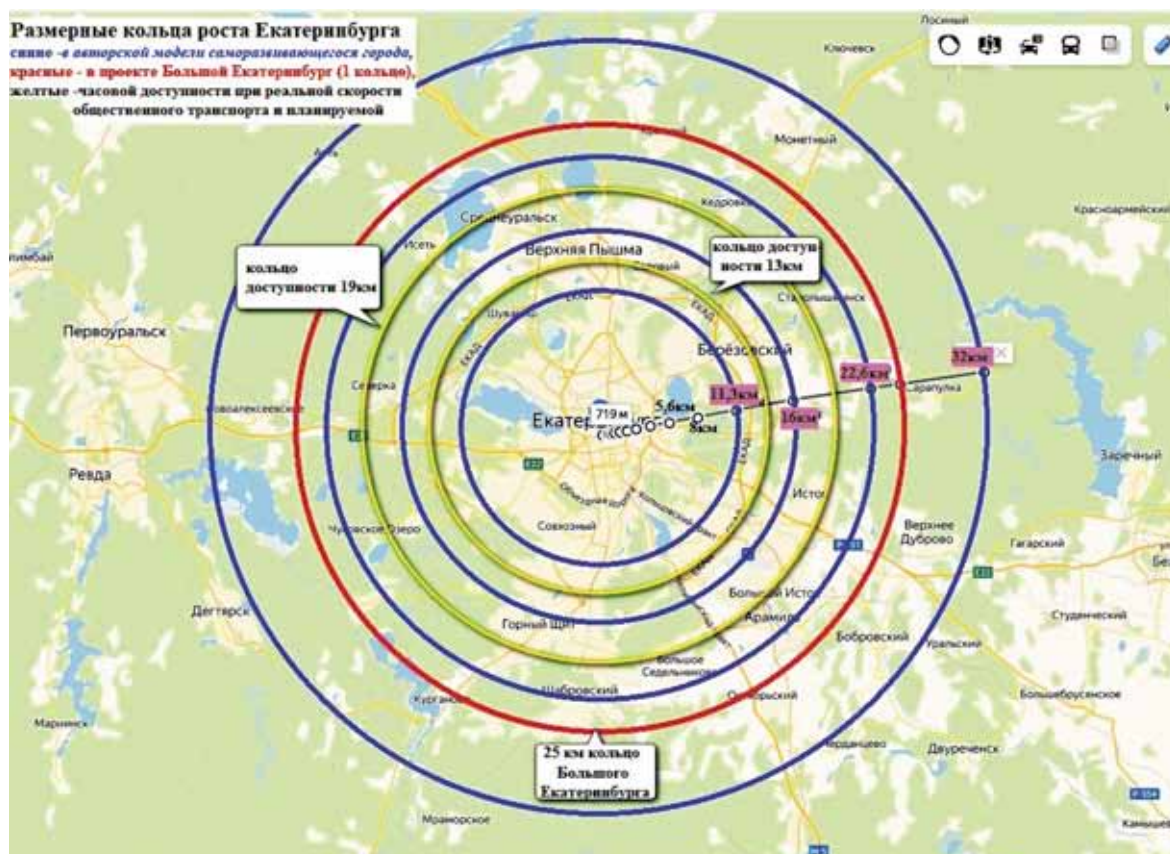


Иллюстрация 1. Пространственное модельное развитие Екатеринбурга (синие кольца) с зоной охвата первого (красного) кольца Большого Екатеринбурга

сированной для них численностью населения и стратегически ориентироваться на компактизацию имеющегося, а не расширение городского пространства.

В данной статье, исходя из естественных ландшафтных характеристик города, с соблюдением условий экологической комфортности, решено оценить и допустимую перспективную выстойность города.

Естественным лимитирующим природным фактором является не только и не столько сейсмика, качество опорных пород и строительных материалов, сколько естественные диапазоны вариации над уровнем моря городского ландшафта и, судя по наблюдаемым с 1734 г. метеоэлементам, скоррелированные с ним вариации атмосферного давления.

Так, как следует из [3], а также из исследований по естественным диапазонам комфортности локальных природных факторов Екатеринбурга [9], одна из доминирующих в городе высот — Обсерваторская горка расположена на отметке 284 м над уровнем моря, а внутригородские перепады высот варьируются относительно нее на величину 65 м при средней высоте города над уровнем моря 248 м,

а округленно — 250 м. С расширением города к концу XX в. наивысшей точкой стала гора высотой в 385 м, получившая в 2010 г. наименование «гора Татищева». Находится она в 1 км к югу от микрорайона Рудный, в лесопарке Нижнеисетский. В последующем, с попытками муниципального образования включить в свой состав брендовые территории границы Европы и Азии, высшей точкой стала гора Пшеничная (427 м). Она находится к северо-западу от Екатеринбурга, неподалеку от оз. Песчаное. Тем не менее определяющее значение для подавляющего большинства населения по-прежнему имеют высоты от 220 до 280 м над уровнем моря, являющиеся для них комфортными. Уже это является первым ограничителем на высотность зданий — не более 65 м.

С другой стороны, таким ограничителем является диапазон изменений среднегодового давления в Екатеринбурге, т. е. разница его максимума (740 мм рт. ст.) и минимума (735 мм рт. ст.) при среднем значении (737 мм рт. ст.). Его изменения ( $\Delta p_T = (\Delta p / M) \times R \times T$ ) для населения важны, поскольку они при фиксированной температуре ( $T$ ) влияют на изменения плотности воздуха ( $\Delta \rho$ )

и требуемое для нормального дыхания количество кислорода. С другой стороны, при фиксированном давлении ( $P_T$ ) изменения плотности воздуха  $\Delta \rho = (P_T / \Delta T) / (M \times R)$  обратно пропорциональны изменениям температуры  $\Delta T$ . В этих выражениях  $M = 0,029$  кг/моль — молярная масса воздуха,  $R = 8,31$  моль  $\cdot$  К — универсальная газовая постоянная.

Вариации плотности воздуха зависят также и от высоты места (всем хорошо известно, что в горах воздух разрежается). Обобщенная зависимость высоты места от давления (плотности) и температуры описывается барометрической формулой (1) [1]:

$$H(T) = \frac{R}{M \times g} \left( T \times \ln \frac{p_0}{p_T} \right). \quad (1)$$

В ней  $H(T)$  — высота места над уровнем моря при абсолютной температуре  $T$  (измеряется в Кельвинах),  $p_T$  — соответствующее давление,  $p_0 = 760$  мм — нормальное атмосферное давление на уровне моря,  $H_0(T) = 0$ ,  $R / (M \times g) = 29,21$  (м/К) — барометрическая постоянная, куда помимо указанных констант входит ускорение свободного падения  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

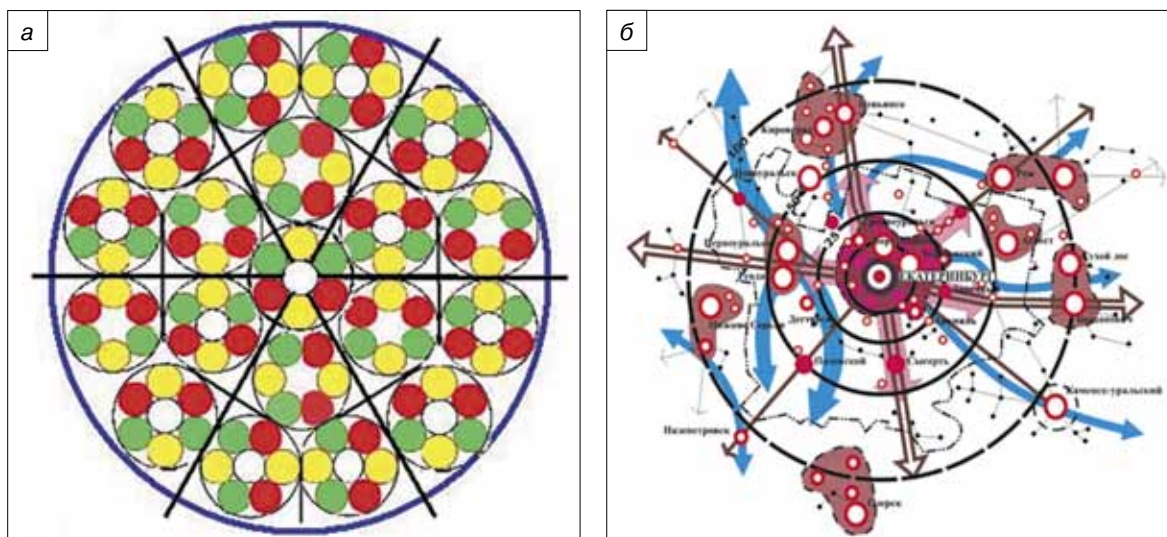


Иллюстрация 2. а — схема инфраструктуры второго уровня «Полярное кружево» [6]; б — пространственная схема Большого Екатеринбурга [4]

Комфортное проживание жителей Екатеринбурга предопределено вышеуказанным диапазоном минимаксного изменения среднегодового давления, которое при среднегодовой температуре в городе ( $+3\text{ }^{\circ}\text{C} = 276\text{ K}$ ) эквивалентно при максимальном значении (740 мм рт. ст.) и средней высоте города 248 м спуска с горы до отметки 215 м над уровнем моря, а при минимальном — подъему до высоты 270 м.

С изменением температуры от  $+31\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$  при максимальном среднегодовом давлении в 740 мм рт. ст. вариация высот составляет  $237 - 188 = 59\text{ м}$ , а при минимальном (735 мм рт. ст.):  $297 - 235 = 62\text{ м}$ .

Из проведенных на основе формулы (1) оценок, видно, что среднегодовые вариации давления в Екатеринбурге достаточно хорошо коррелируют с городским ландшафтом, среднестатистически за год как бы «приподнимая и опуская» горожан в диапазоне высот от 188 до 297 м относительно средней отметки высоты в городе 248 м (округленно — 250 м).

Локальные изменения атмосферного давления в Екатеринбурге оказываются весьма хорошо скоррелированными с ландшафтной разностью городских высот, к чему коренное население оптимально адаптировано. Соответственно, естественным высотным ограничителем по высоте при возведении зданий повышенной этажности для обеспечения комфортности проживания населения должна быть их высота — не более 65 м. Причем не на горках, а в пониженном рельефе местности, так, чтобы их высотность относительно уровня моря в ландшафте города не превышала

высоты «Метеогорки» (284 м). Все доминирующие городские высоты следует использовать лишь в качестве смотровых обзорных площадок [10]. В этом плане для экономии энергии на обогрев зданий также следовало бы более рационально использовать эффект «тепловой шапки» города, привязанной к его центру (температура в центре города несколько выше), что является естественной или природоподобной энергосберегающей технологией и позволяет городу экономить деньги.

Еще более жесткие условия на высотность задаются аэроионным фактором [9, 23–26], поскольку аэроионы (отрицательные ионы кислорода), выполняющие аналогичные функции в воздухе, что и микроэлементы для человека в воде или для растений в почве. В должной концентрации они находятся на высоте от земли в 1–2 м — и на высоте 10-го этажа их фактически уже нет. Соответственно, с учетом этого высотность было бы правильно ограничить этой величиной, либо тотально заняться проблемой искусственной аэрионизации высотных помещений, как это в свое время предлагал сделать А.Л. Чижевский [9], решавший эту проблему для Дворца Советов в Москве, а позже в условиях Ивдельлага [10].

Поэтому, с учетом приуроченности старопромышленных центров Урала к месторождениям, попадающим в условные радиусы Большого Екатеринбурга 25 и 50 км, а в более широком аспекте — к избыткам локального вещества, определяемым на основе гравиметрии [5], в пространственно-планировочном отношении более естественной для Екатеринбурга представляется полицентричная

агломерация. В ней относительно компактный центр целесообразно связать осями «стяжения пространства» за счет высокоскоростных трасс между центром и ключевыми близлежащими населенными пунктами. А проблему преодоления «пробок» необходимо решать не столько за счет расширения потоков по ширине магистралей, сколько за счет эстакад, т. е. за счет разнесения потоков не по горизонтали, а по вертикали (разновысотным уровням), что особо ценно для сохранения компактности и экономии городского пространства.

В качестве возможного практического решения этой проблемы в работе [5] мною для Екатеринбурга было предложено исходить не из модели высотной периферии, а из более приближенной к потребностям пенсионеров и «новых русских» осовремененной модели Тюненна с низково́сотной периферийной городской застройкой — модели кантри-полиса [2], где предлагается также исходить не из морально устаревших традиционных коммуникаций, а из активно развиваемой ныне экономической и экологичной легкой транспортной инфраструктуры второго уровня. В этом контексте для периферийных систем пространственного расселения населения была предложена пространственная модель размещения инфраструктуры «Полярное кружево» [6], которая позволяет обеспечивать равномерное обслуживание всех районов города за счет создания высокосвязной сети автоматизированного и информатизированного общественного транспорта с многовариантной логистикой обслуживания (Иллюстрация 2), где в рамках вышеуказанного подхода учитыва-

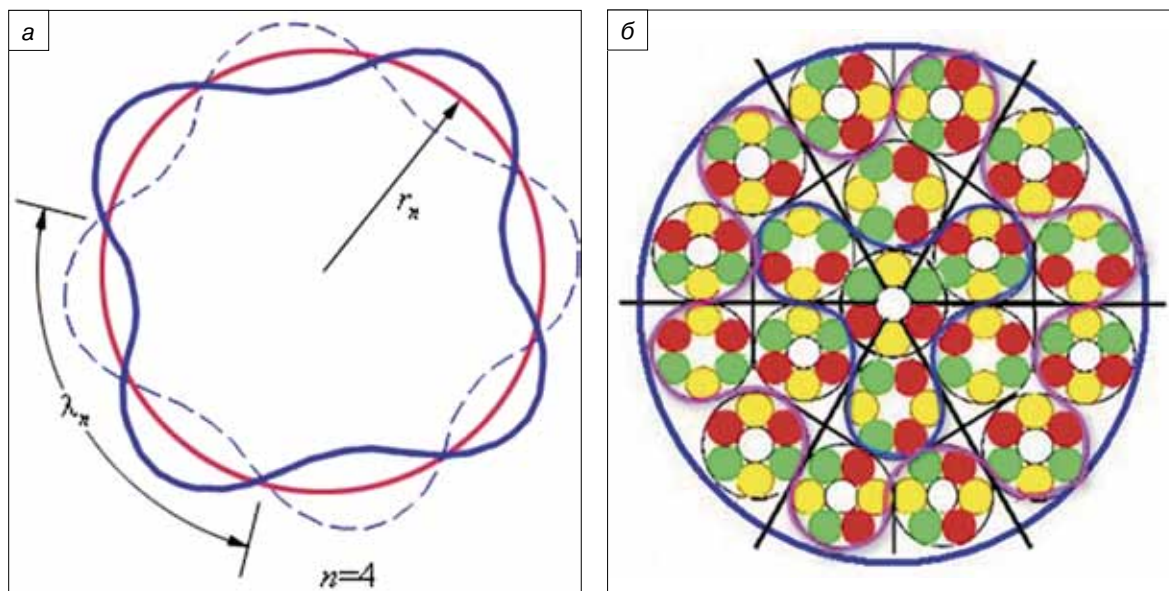


Иллюстрация 3. а — возможные волнообразные движения электронного облака относительно круговой (сферической) орбиты с номером  $n = 4$  (для примера); б — возможные варианты перестроения потоков в модели «Полярное кружево» (показаны синим трилистником и розовой круговой волной)

ется зависимость численности населения от площади территории, а также его прирост для самосогласованного развития.

Как видно из Иллюстрации 2, в отличие от концепции Большого Екатеринбурга, где планируется поэтапное заселение окружностей с радиусом в 25, 50 и 100 км и создание разрежающейся к периферии радиальной системы, авторская модель «Полярное кружево» строится на принципах сверхпроводящей ячеистой системы, из элементарных «цветочных» модулей (кантри-полисов с шестью- и семьюкольцевыми струнно-рельсовыми надземными путепроводами на легких опорах). Эта однородная по плотности высокосвязная сеть легко усиливается радиальными элементами скоростных трасс, что обеспечивает попадание с периферии в центр не более чем за час.

Можно отметить, что в плане регулирования величины транспортных потоков и их пространственного разнесения предлагаемая схема может быть описана в рамках квантовых моделей физики (Иллюстрация 3), в частности, в рамках аналогов уравнения Шредингера [11] для описания квантово-волновых пульсаций электронного облака в многоэлектронных атомах с заданными граничными условиями. Это делает задачу управления транспортными потоками в городе решаемой с несколькими вариантами преодоления «пробок» в любом из колец высокосвязной сети «Полярное кружево» (Иллюстрация 3).

Так, в качестве примера на Иллюстрации 3 показано, что состоянию порционных (квантовых) потоков транспорта с некоторой фиксированной энергией  $E_n$ , где  $n$  — номер окружности, нужной для огибания центра города на среднем удалении  $r_n$ , может соответствовать три потока в одном направлении и три потока в противоположном (при разнесении встречных потоков по вертикали). В частности, простейший круговой поток на этом рисунке показан красной окружностью, а два других, пульсирующих относительно него волнообразных потока с «длиной волны» ( $\lambda_n$ ) — сплошной и пунктирной круговыми синими волнообразными линиями. В квантовой механике принципиальным условием синхронного движения таких потоков является условие их бесстолкно-

вительного движения, т. е. одномоментного непересечения в любой из точек траектории. В правой части Иллюстрации 3 показано, что для перехода с любой круговой траектории движения на другую возможны волнообразные переходы, а именно: с тремя точками входа на вторую окружность (синяя линия) и с шестью — на третью (розовая линия). Это число переходов, кратное числу длин волн ( $\lambda_n$ ) на каждой из волнообразных траекторий при полном огибании транспортным потоком той или иной окружности. На самом деле, поскольку каждой окружности соответствуют два волнообразных круговых потока, сдвинутых относительно друг друга на полудлину волны, число переходов вдвое больше. Из рисунка видно, что оно пропорционально числу колец, примыкающих к той или иной окружности, что в такой системе решает проблему заторов или «пробок».

## Заключение

В контексте обсуждаемых ныне перспектив освоения и модели экстенсивного развития территорий Большого Екатеринбурга, на основе предложенной автором количественной модели расширения города в виде совокупности вписанных друг в друга квадратов и окружностей, показаны реальные размеры возможного освоения территории города при имеющихся планах развития транспортной инфраструктуры и согласовании этого развития с численностью населения, которые задают также масштаб и локусы территорий для приоритетных исследований по сохранению и ревалоризации индустриального наследия Большого Екатеринбурга.

На основе анализа ландшафтных и климатических факторов Екатеринбурга, определяющих комфортность проживания для жителей, показаны ограничения на высоту застройки в городе. В частности, показано, что она не должна превышать 65 м и сглаживать рельеф местности.

С учетом исходных модельных допущений и ограничений по высотности показано, что для ожидаемого роста численности населения город имеет резерв в существующей черте застройки и потенциал компактификации не только за счет наращивания высотности, но и за счет вертикального распределения транспортных сетей, обу-

живающих равномерно и центральные, и периферийные районы города — его предместья («кантри-полисы»). В этом аспекте показан потенциал транспортной сети «Полярное кружево», обеспечивающей большую вариативность перестройки транспортных потоков в городе и решения проблемы «пробок».

## Список использованной литературы

- 1 Барометрическая формула. Распределение Больцмана. — URL: [https://studopedia.ru/5\\_149485\\_barometricheskaya-formula-raspredelenie-boltsmana.html](https://studopedia.ru/5_149485_barometricheskaya-formula-raspredelenie-boltsmana.html) (дата обращения: 25.03.2020).
- 2 Давыдов А. А. Жизненный уклад, кантри-полис, транспорт и машиностроение — все новое // Ноев Ковчег. 27.03.2017. — URL: <http://rnk-concept.ru/27434> (дата обращения: 25.03.2020).
- 3 Климат Свердловска. — Л.: Гидрометеиздат, 1981. — 190 с.
- 4 Концепция развития Екатеринбурга. Проект «Большой Екатеринбург». — URL: <http://zemlya96.ru/koncepciya-razvitiya/> (дата обращения: 25.03.2020).
- 5 Литовский В. В. Города — источники и стоки регионального вещества. Гл. 3. Гравиогеография, проблемы инфраструктуры и размещения производительных сил // Теоретико-географические основы формирования доминантного урало-арктического геоэкономического пространства и его инфраструктуры. — М.: GEOS, 2016. — С. 179–209.
- 6 Литовский В. В. Концепция размещения в Арктике производительных сил на базе инфраструктуры второго уровня А. Э. Юницкого и пространственная модель транспортной сети «Полярное кружево» для «мобильных поселений» // Вестн. Мурман. техн. ун-та. Социально-экономические науки. — 2016. — Т. 19. — № 2. — С. 431–442. — URL: [http://vestnik.mstu.edu.ru/v19\\_2\\_n66/12\\_Litovsky\\_431\\_442.pdf](http://vestnik.mstu.edu.ru/v19_2_n66/12_Litovsky_431_442.pdf) (дата обращения: 25.03.2020).
- 7 Лучшие смотровые площадки в Екатеринбурге. — URL: <https://travel-picture.ru/rossiya/smotrovye-ploshhadi-v-ekaterinburge.html> (дата обращения: 25.03.2020).
- 8 Уравнение Шредингера. — URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/sem2/sem04.html> (дата обращения: 25.03.2020).
- 9 Чижевский А. Л. Аэронификация в народном хозяйстве. — М.: Госпланиздат, 1960. — 758 с.
- 10 Чижевский А. Л. Теоретические предпосылки аэронификации помещений большой кубатуры. Доклад Управлению строительства Дворца Советов. — Ивдель, 1943. — URL: <http://forum.istorichka.ru/perma/2018/12/12/national/1544597252> (дата обращения: 25.03.2020).
- 11 Юницкий А. Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе. — Минск: Силакрогс: «ПНБ принт», 2019. — 576 с.
- 5 Litovskij V. V. Goroda — istochniki i stoki regional'nogo veshchestva. Gl. 3. Graviogeografiya, problemy infrastruktury i razmeshcheniya proizvoditel'nyh sil // Teoretiko-geograficheskie osnovy formirovaniya dominantnogo uralo-arkticheskogo geoeconomicheskogo prostranstva i ego infrastruktury. — M.: GEOS, 2016. — S. 179–209.
- 6 Litovskij V. V. Koncepciya razmeshcheniya v Arktike proizvoditel'nyh sil na baze infrastruktury vtorogo urovnya A. E. Yunickogo i prostranstvennaya model' transportnoj seti «Polyarnoe kruzhevo» dlya «mobil'nyh poselenij» // Vestn. Murman. tekhn. un-ta. Social'no-ekonomicheskie nauki. — 2016. — T. 19. — № 2. — S. 431–442. — URL: [http://vestnik.mstu.edu.ru/v19\\_2\\_n66/12\\_Litovsky\\_431\\_442.pdf](http://vestnik.mstu.edu.ru/v19_2_n66/12_Litovsky_431_442.pdf) (data obrashcheniya: 25.03.2020).
- 7 Luchshie smotrovye ploshchadki v Ekaterinburge. — URL: <https://travel-picture.ru/rossiya/smotrovye-ploshhadi-v-ekaterinburge.html> (data obrashcheniya: 25.03.2020).
- 8 Uravnenie Shredingera. — URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/sem2/sem04.html> (data obrashcheniya: 25.03.2020).
- 9 Chizhevskij A. L. Aeronifikaciya v narodnom hozyajstve. — M.: Gosplanizdat, 1960. — 758 s.
- 10 Chizhevskij A. L. Teoreticheskie predposylki aeronifikacii pomeshchenij bol'shoj kubatury. Doklad Upravleniyu stroitel'stva Dvorca Sovetov. — Ivdel', 1943. — URL: <http://forum.istorichka.ru/perma/2018/12/12/national/1544597252> (data obrashcheniya: 25.03.2020).
- 11 Yunickij A. E. Strunnye transportnye sistemy: na Zemle i v Kosmose. — Minsk: Silakrogs: «PNB print», 2019. — 576 s.

Статья поступила в редакцию в мае 2020 г.

Опубликована в сентябре 2020 г.

## Vladimir Litovskiy

Institute of Economics — doctor of geographical Sciences, head of sector of productive forces and spatial planning, Institute of Economics UB RAS, Yekaterinburg, Russian Federation

e-mail: vlitovskiy1@yandex.ru

## References

- 1 Barometricheskaya formula. Raspredelenie Bol'cmana. — URL: [https://studopedia.ru/5\\_149485\\_barometricheskaya-formula-raspredelenie-boltsmana.html](https://studopedia.ru/5_149485_barometricheskaya-formula-raspredelenie-boltsmana.html) (data obrashcheniya: 25.03.2020).
- 2 Davydov A. A. Zhiznennyj uklad, kantri-polis, transport i mashinostroenie — vse novoe // Noev Kovcheg. 27.03.2017. — URL: <http://rnk-concept.ru/27434> (data obrashcheniya: 25.03.2020).
- 3 Klimat Sverdlovsk. — L.: Gidrometeoizdat, 1981. — 190 s.
- 4 Koncepciya razvitiya Ekaterinburga. Proekt «Bol'shoj Ekaterinburg». — URL: <http://zemlya96.ru/koncepciya-razvitiya/> (data obrashcheniya: 25.03.2020).