



## АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

**В. В. Рубинов**

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

*Статья посвящена анализу моделей развития городских агломераций. Рассматриваются ключевые теоретические подходы к классификации урбанистических структур, включая концентрическую, секторную, многоядерную и полицентрическую модели. Исследуется влияние пространственной организации городов на эффективность логистики в сфере работы с коммунальными отходами, включая параметры накопления и транспортировки. Особое внимание уделяется роли социальной и транспортной инфраструктуры в формировании потоков отходов. Проведен анализ взаимосвязи между типами городской застройки, динамикой миграции населения и экологической нагрузкой. В заключении предлагаются направления для адаптации существующих систем управления логистикой перевозки отходов к особенностям современных городских агломераций. Полученные результаты могут быть использованы для разработки прогнозных моделей системы обращения с отходами.*

*Ключевые слова:* городские агломерации, урбанистика, модели городского развития, твердые коммунальные отходы, транспортная логистика, накопление отходов, полицентрическая структура, концентрическая модель, секторная модель, экологическая нагрузка, устойчивое развитие, управление отходами, автоматизация, управление, ТКО, транспорт, цифровизация, обработка данных, система управления.

**Для цитирования:**

Рубинов, В. В. Анализ моделей развития городских агломераций / В. В. Рубинов // Системный анализ и логистика. – 2024. – № 5(43). – с. 34-42. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-5-34-42.

## ANALYSIS OF URBAN AGGLOMERATION DEVELOPMENT MODELS

**V. V. Rubinov**

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

*The article is devoted to the analysis of urban agglomeration development models. Key theoretical approaches to the classification of urban structures, including concentric, sector, multi-core and polycentric models are considered. The influence of the spatial organization of cities on the efficiency of logistics in the field of municipal waste management, including accumulation and transportation parameters, is studied. Particular attention is paid to the role of social and transport infrastructure in the formation of waste flows. An analysis of the relationship between the types of urban development, the dynamics of population migration and the environmental load is carried out. In conclusion, directions are proposed for adapting existing waste transportation logistics management systems to the specific features of modern urban agglomerations. The results obtained can be used to develop predictive models of waste management systems.*

*Keywords:* urban agglomerations, urban studies, urban development models, municipal solid waste, transport logistics, waste accumulation, polycentric structure, concentric model, sector model, environmental load, sustainable development, waste management, automation, management, solid municipal waste, transport, digitalization, data processing, management system.

**For citation:**

Rubinov, V. V. Analysis of urban agglomeration development models / V. V. Rubinov // System analysis and logistics. – 2024. – № 5(43). – p. 34-42. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-5-34-42.

### Введение

Мегаполисы представляют собой сложные, динамично развивающиеся системы, существенно влияющие на городскую инфраструктуру, и, в частности, на сложные системы, такие как управление твердыми коммунальными отходами (далее – ТКО [1]). Урбанизация, рост численности населения и трансформация типов застройки приводят к увеличению объемов отходов и усложняют задачи их прогнозирования и управления.

Исследование пространственных и технологических моделей роста мегаполисов позволяет определить ключевые закономерности, влияющие на системы обращения с ТКО, и разработать адаптивные стратегии их управления. Это особенно актуально в условиях быстрого роста объемов отходов, характерного для крупных городов, таких как Санкт-



Петербург. Анализ моделей развития мегаполисов формирует основу для проектирования и оптимизации современных систем обращения с ТКО [2].

### Модели и концепции роста городов

Понятия «рост» и «развитие» городских агломераций охватывают гораздо больше, чем просто пространственное расширение территории [3]. Они включают изменения во всех сферах городской среды, таких как цифровизация, экологическая устойчивость, социальная интеграция и экономическая трансформация. Рост города может проявляться не только в увеличении его площади или численности населения, но и в совершенствовании технологической инфраструктуры, переходе к экологически чистым методам управления ресурсами, улучшении качества жизни жителей и укреплении социальной сплоченности. Развитие городов следует рассматривать как комплексный процесс, отражающий изменения в технологической, экологической, социальной и экономической структурах, что позволяет учитывать широкий спектр факторов, влияющих на их динамику (рисунок 1).

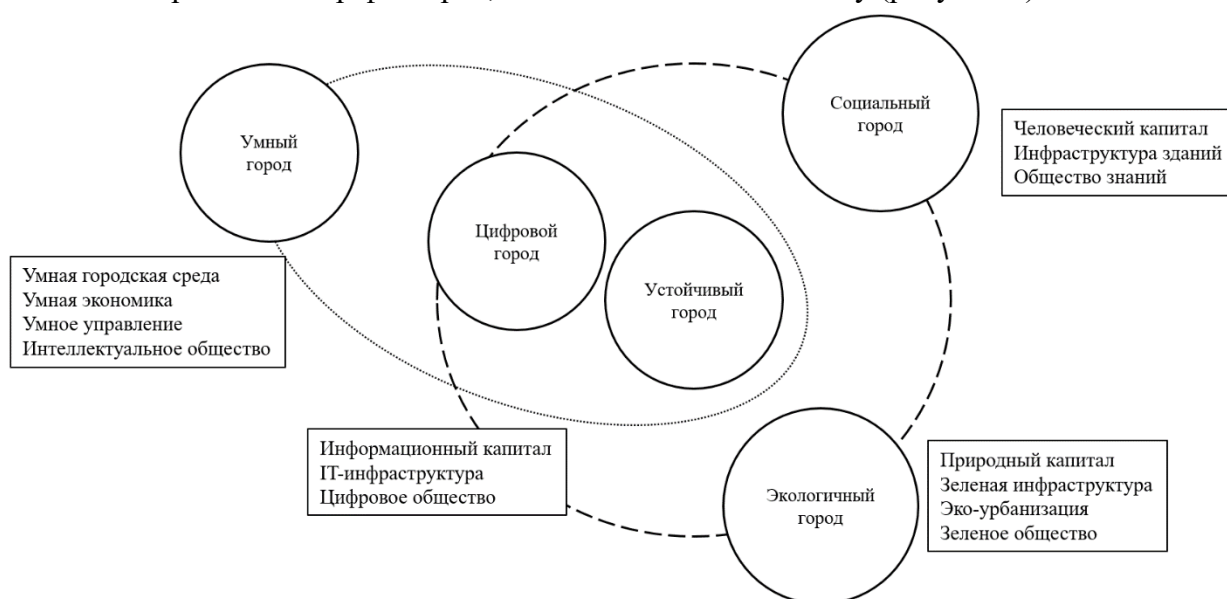


Рис. 1. Аспекты развития современных городов

Основу в области классификации развития городов положили несколько базовых моделей:

#### 1. Концентрическая модель роста города

В 1925 году Эрнст Берджесс [4] предложил концентрическую модель, представляющую город как серию концентрических зон, исходящих из центрального делового района. Эта теория, одна из первых попыток объяснить пространственную организацию городов, была разработана в рамках Чикагской школы социологии, сосредоточенной на изучении урбанизации, миграции и социальных изменений в условиях стремительного роста американских городов.

Модель описывает город как совокупность зон, каждая из которых выполняет определенную социально-экономическую функцию (пример – рисунок 2). Согласно этой модели, развитие города происходит из центра равномерно во всех направлениях. Этот процесс формирует несколько пространственных зон, каждая из которых характеризуется своими особенностями и предназначением.

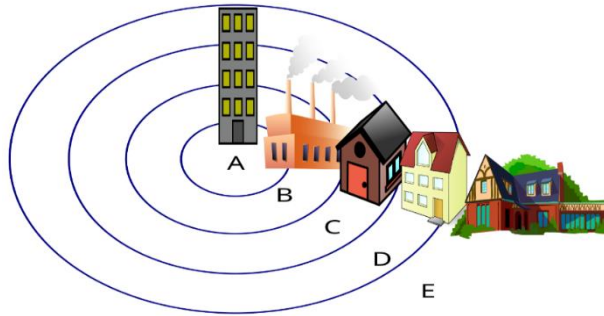


Рис. 2. Концентрическая модель роста города

Основные зоны концентрической модели:

- А. Центральный деловой район** - сердце города, где сосредоточены административные учреждения, финансовые и коммерческие организации. Характеризуется высокой плотностью застройки, интенсивным движением и высокой стоимостью земли.
- В. Зона перехода** - прилегает к центральному и включает старые жилые кварталы, промышленные предприятия и склады. Часто заселена мигрантами и характеризуется низким уровнем жизни. Эта зона подвержена изменениям, так как часть зданий может быть снесена для расширения центральной.
- С. Зона рабочей жилой застройки** - здесь проживают рабочие и представители среднего класса, которые работают в центре города или на прилегающих промышленных предприятиях. Уровень жизни выше, чем в зоне перехода.
- Д. Зона среднего класса** - зона проживания среднего и высшего классов. Характеризуется лучшими условиями жилья, более просторными домами и доступностью общественных услуг.
- Е. Пригородная зона** - внешняя зона, где расположены пригороды, а также элитное жилье. Население преимущественно состоит из людей, работающих в центре города, но предпочитающих жить вдали от городской суеты.

Концентрическая модель универсальна, предполагая схожий сценарий роста городов вне зависимости от их исторического контекста. Она подчеркивает связь между социально-экономическим статусом жителей и их размещением, характеризуясь радиальным расширением: зоны города постепенно расширяются, поглощая предыдущие. Изменения в одной зоне влияют на другие, например, миграция рабочих стимулирует развитие инфраструктуры и экономических связей.

Недостатками концентрической модели являются идеализация равномерного роста, что редко соответствует реальности, и ограниченность применения — она подходит лишь для городов с простыми транспортными системами и индустриальной историей. Модель игнорирует природные барьеры и социально-культурные особенности, а современные мегаполисы чаще развиваются по полицентрическим или смешанным моделям, снижая ее актуальность.

Концентрическая модель роста города — это важный инструмент в истории урбанистики, который заложил основу для дальнейшего изучения пространственного развития городов.

## 2. Секторная модель.

В 1939 году разработана модель, в которой город развивается секторами или клиньями вдоль транспортных артерий. Модель была разработана Хомером Хойтом как альтернатива концентрической модели Эрнста Берджесса [5]. Хойт работая экономистом и изучая рынки недвижимости, заметил, что рост городов часто не соответствует концентрическим зонам,



особенно в городах, где транспортные артерии играют ключевую роль в пространственной организации (пример – рисунок 3).



Рис. 3. Секторная модель городского развития

Секторная модель описывает город как совокупность секторов или клиньев, которые расходятся от центрального делового района вдоль основных транспортных артерий (железные дороги, магистрали, реки и т.д.). Эти сектора формируются и развиваются в зависимости от экономической деятельности, социального статуса населения и инфраструктуры.

Секторная модель выделяется своим вниманием к транспортной инфраструктуре. В отличие от концентрической модели, она подчеркивает роль транспортных коридоров в формировании городской структуры. Каждый сектор города может расширяться и изменяться независимо от других, в зависимости от экономических и социальных факторов.

Модель также учитывает социально-экономическую стратификацию. Районы с различными социально-экономическими характеристиками, например, зоны элитного жилья, чаще всего развиваются вдоль определенных транспортных маршрутов, которые обеспечивают удобный доступ к другим частям города. В Санкт-Петербурге промышленная зона вдоль Обводного канала и элитные районы на севере (Приморский район) частично отражают секторную модель.

Секторная модель Хойта остается важным инструментом для анализа урбанистики, особенно при доминирующей роли транспортной инфраструктуры. Она помогает планировать размещение функциональных зон, минимизировать конфликты и анализировать рынки недвижимости, прогнозируя рост цен и распределение социально-экономических групп.

### 3. Многоядерная модель [6].

Чонси Харрис и Эдвард Ульман представили модель, предполагающую наличие нескольких центров роста в городе, каждый из которых имеет свою специализацию. Модель появилась в результате критики концентрической и секторной моделей, которые считались недостаточно гибкими для описания более сложной структуры крупных городов. Харрис и Ульман предложили, что города не обязательно развиваются вокруг одного центра, а могут иметь несколько центров или "ядер", каждый из которых выполняет специфическую функцию.

Многоядерная модель утверждает, что города развиваются как совокупность нескольких ядер, или подцентров, которые взаимодействуют друг с другом. Эти подцентры могут



включать деловые, промышленные, жилые и культурные районы. Развитие города определяется не только экономическими, но и географическими, историческими и социальными факторами (рисунок 3).

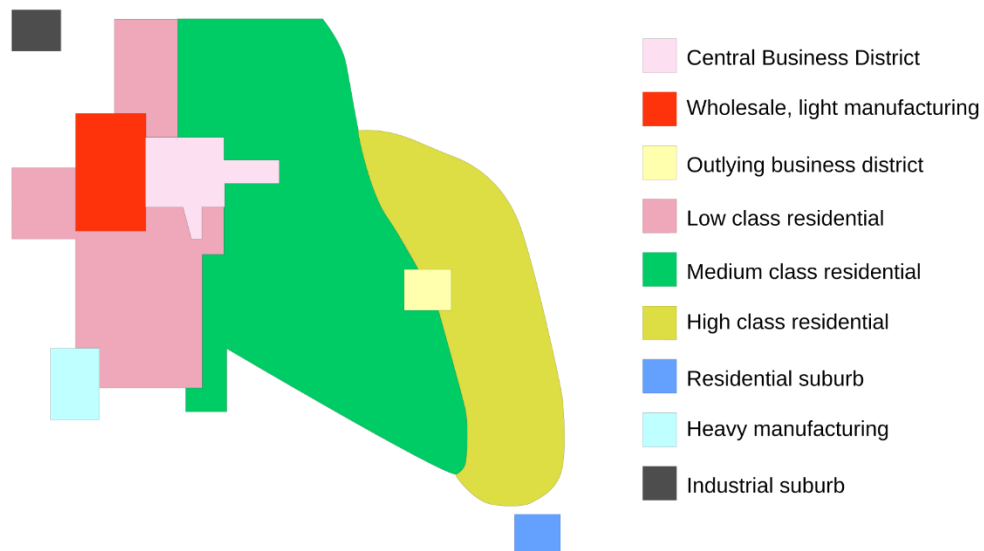


Рис. 4. Многоядерная модель роста города

Многоядерная модель подчеркивает функциональную специализацию городских ядер — промышленных, коммерческих, жилых или культурных, которые связаны транспортными и информационными потоками. Она учитывает эволюцию городской структуры, где новые центры формируются в ответ на экономические, демографические и технологические изменения. Модель отражает сложность мегаполисов, распределяя функции по районам, снижая нагрузку на центр и транспортные потоки. Применяется для градостроительного планирования, оптимизации инфраструктуры и анализа пространственного распределения населения и экономической активности.

#### 4. Полицентрическая модель.

Эта модель развивает идеи многоядерной модели, акцентируя внимание на взаимосвязи нескольких центров внутри городской агломерации или региона.

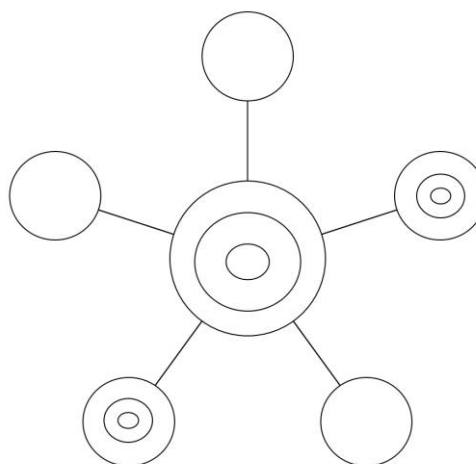


Рис. 5. Полицентрическая модель



Полицентрическая модель описывает город как систему взаимосвязанных центров, каждый из которых имеет уникальные функции, такие как деловые, промышленные, жилые или культурные. В отличие от моноцентрических моделей, она включает несколько равноценных или специализированных центров, связанных транспортными, экономическими и информационными потоками. Эта структура снижает нагрузку на инфраструктуру, способствует равномерному распределению ресурсов и повышает эффективность городской агломерации.

Примеры полицентрических городов и регионов:

1. Москва: помимо исторического центра, значимыми подцентрами являются Москва-Сити (деловой центр), Зеленоград (технологический кластер), Троицк (научный центр).
2. Санкт-Петербург: развитие подцентров, таких как Приморский район (жилой и коммерческий), Кудрово и Мурино (спутники с интенсивной жилой застройкой).

Полицентрическая структура города требует развитой транспортной системы для связи между центрами, что снижает нагрузку на главный центр и улучшает экологическую ситуацию. Перенос функций из центра в подцентры способствует равномерному развитию периферийных зон и повышению качества жизни. Специализация подцентров повышает экономическую эффективность, сокращает маятниковую миграцию и транспортные заторы. Однако реализация модели требует значительных инвестиций в инфраструктуру и скоординированного управления на всех уровнях.

Полицентрическая модель — это современный и гибкий подход к анализу и планированию городских агломераций. Она отражает сложные взаимодействия между различными центрами в городе, учитывая их функциональную дифференциацию и взаимозависимость. Модель остается актуальной для мегаполисов и регионов, стремящихся к устойчивому и сбалансированному развитию [7].

## **5. Модель периурбанизации [8].**

Эта модель возникла в ответ на бурное развитие азиатских городов, таких как Джакарта, Бангкок и Манила, где урбанизация не следовала классическим западным моделям. Вместо четкого разграничения между городом и сельской местностью, наблюдались формирование промежуточных зон, которые объединяют черты обоих типов пространств.

Периурбанизация — процесс преобразования сельских территорий на городской периферии, где смешиваются жилые, промышленные и сельскохозяйственные функции. Жители таких зон часто совмещают городскую и сельскую деятельность, а значительная часть совершает маятниковую миграцию. Быстрое развитие жилья, коммерческих объектов и инфраструктуры происходит хаотично, из-за слабого регулирования землепользования.

Модель периурбанизации предлагает уникальный взгляд на процессы урбанизации в условиях динамичного роста азиатских мегаполисов. Она подчеркивает важность периферийных зон как ключевых пространств для адаптации городов к вызовам глобализации и миграции. Модель остается актуальной и для других быстро развивающихся регионов мира, где происходит интенсивное взаимодействие между городом и сельской местностью.

## **6. Концепция глобального города [9].**

Эта концепция возникла на фоне ускоренной глобализации, технологических изменений и либерализации рынков, которые кардинально изменили характер международной торговли, финансов и производства.

Глобальный город — это центр концентрации экономической, финансовой, политической и культурной власти, который оказывает значительное влияние на глобальные процессы.

Глобальные города, играют ключевую роль в международной финансовой системе. Со временем штаб-квартиры транснациональных корпораций, ведущие банки, страховые



компании и биржи, становясь центрами, где принимаются важнейшие глобальные решения. Такие города являются домом для международных организаций, крупных корпораций, что укрепляет их статус на мировой арене.

Помимо финансовой мощи, глобальные города активно развивают инновационные отрасли, такие как технологии, коммуникации и наука. Они также оказывают огромное влияние на мировую культуру, задавая тренды в моде, искусстве и кино. Примеры включают Голливуд в Лос-Анджелесе или модные индустрии Парижа и Милана. Эти города притягивают людей со всего мира, формируя уникальную мультикультурную среду и становясь площадками для обмена идеями и знаниями.

Концепция глобального города описывает ключевую роль крупнейших мегаполисов в современной мировой экономике. Эти города функционируют как стратегические узлы, связывая глобальные экономические, культурные и политические процессы. Концепция остается важной для понимания динамики глобализации и роли городов в формировании мирового порядка.

### **7. Концепция компактного города.**

Компактный город — модель, ориентированная на плотную застройку и смешанное использование территорий для создания экологически устойчивой и экономически эффективной среды. Она снижает зависимость от транспорта, развивает общественный транспорт и стимулирует пешие и велосипедные передвижения. Особое внимание уделяется общественным пространствам, что повышает качество жизни и социальную интеграцию [10].

Преимущества компактного города включают сокращение выбросов, рациональное использование земель, снижение затрат на инфраструктуру и поддержку местного бизнеса. Однако модель сталкивается с рисками, такими как перегрузка инфраструктуры, рост цен на жилье и снижение доступности зеленых зон. Компактный город применяется для оптимизации транспортной и энергетической политики, а также минимизации негативных последствий урбанизации.

Примеры реализации концепции компактного города на практике:

1. Амстердам (Нидерланды): город сочетает плотную застройку с эффективной системой общественного транспорта и обширной сетью велосипедных дорожек.
2. Копенгаген (Дания): один из лучших примеров компактного города с высокой плотностью застройки, обилием зеленых зон и удобным общественным транспортом.
3. Сингапур: город-государство, успешно интегрировавший компактное развитие с высокотехнологичными решениями для обеспечения устойчивости.

Компактный город — это устойчивая альтернатива традиционным подходам к урбанизации. Эта модель способствует экологической, экономической и социальной устойчивости, одновременно повышая качество городской среды. Однако для успешной реализации концепции необходимо учитывать местные особенности, чтобы избежать перегрузки инфраструктуры и других негативных последствий.

### **8. Концепция "умного города" (Smart City) [11].**

Концепция "умного города" (Smart City) начала формироваться в конце XX века на фоне стремительного развития информационных технологий и их интеграции в городскую среду. Идея «умного города» получила развитие в 2000-х годах благодаря быстрому росту технологий Интернета вещей (IoT), облачных вычислений и больших данных, которые стали основой для мониторинга, управления и оптимизации городской инфраструктуры.

Умный город — это концепция, направленная на интеграцию информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и инновационных решений для повышения эффективности городской инфраструктуры и улучшения качества жизни населения. Основной принцип умного города заключается в использовании Интернета вещей (IoT) и больших данных для мониторинга и управления городскими процессами. Например, датчики



фиксируют качество воздуха, уровень шума или доступность парковок в реальном времени, а аналитические системы оптимизируют транспортные потоки, энергопотребление и утилизацию отходов. Умный город также способствует активному участию граждан через цифровые платформы, которые обеспечивают обратную связь и повышают прозрачность управления.

Компоненты умного города включают интеллектуальный транспорт, который снижает заторы и оптимизирует маршруты, умное освещение, которое регулирует яркость в зависимости от активности, и умные здания, минимизирующие энергопотребление. Электронное правительство предоставляет услуги онлайн, упрощая взаимодействие с муниципальными органами. Умный город также нацелен на экологическую устойчивость, используя умные энергосети и переработку отходов, что снижает углеродный след и повышает ресурсную эффективность.

Примеры умных городов:

1. Сингапур. Один из ведущих примеров умного города, где внедрены системы интеллектуального транспорта, мониторинга состояния окружающей среды и цифровых государственных услуг.
2. Барселона (Испания). Использует технологии IoT для управления водоснабжением, уличным освещением и системой сбора отходов.
3. Токио (Япония). Внедрение интеллектуальных технологий для управления энергосистемой, особенно в контексте подготовки к Олимпийским играм 2020 года.

Концепция «умного города», представляет собой инновационный подход к управлению городами, основанный на использовании технологий для улучшения жизни жителей и повышения эффективности инфраструктуры. Эта концепция становится всё более актуальной в условиях глобальной урбанизации и экологических вызовов, делая города более адаптивными и устойчивыми к изменениям.

### **Заключение**

Рассмотренные модели и концепции развития городов показывают, что пространственная структура и характер роста мегаполисов оказывают существенное влияние на все аспекты городской инфраструктуры, включая систему обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО).

Каждая модель городской застройки создает свои специфические условия для организации сбора и переработки отходов, требуя адаптивного подхода в логистике. Таким образом, особенности типа застройки, плотности населения и транспортной организации напрямую влияют на объемы образования ТКО и специфику их управления. Эти факторы определяют размещение функциональных зон и степень транспортной связности, что оказывает влияние на логистику и подходы к управлению потоками отходов.

На основе проведенного анализа можно выделить ключевые факторы, которые можно использовать в построении в моделях анализа и прогноза состояния системы работы с ТКО, которые проистекают из модели города:

- Тип урбанизации на макро и микроуровне (компактные города, полицентрическая структура);
- Плотность и специализация функциональных зон (жилые, промышленные, коммерческие и рекреационные территории);
- Транспортная инфраструктура (транспортные коридоры и логистические узлы);
- Социально-экономические характеристики населения (уровень дохода, социальная стратификация, маятниковая миграция).

Учет этих факторов является необходимым при разработке прогнозных моделей и управлении системами обращения с отходами. Таким образом, понимание типов городской застройки и их влияния на логистику ТКО становится основой для создания систем управления отходами.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон РФ № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», принят государственной думой 22.05.1998 г. Постановлением № 2491-П ГД, подписан президентом РФ 24.06.1998 г. с изменениями по состоянию на 18.12.2006. – 77 с.
2. *Рубинов В. В.* Современные проблемы описания и анализа систем работы с отходами в мегаполисах / В. В. Рубинов // Системный анализ и логистика. – 2023. – № 2(36). – С. 39-44. – DOI 10.31799/2077-5687-2023-2-39-44.
3. *Майоров Н. Н.* Практические задачи моделирования транспортных систем / Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов – СПб.: ГУАП, 2012 – 185 с.
4. *Бёрджесс Э.* Рост города: Введение в исследовательский проект // Социальные и гуманитарные науки за рубежом. – 2000. – Т. 11, № 4.
5. *Hoyt H.* The Structure and Growth of Residential Neighborhoods in American Cities / Н. Hoyt. – Washington. – D.C.: Federal Housing Administration, 1939. – 178 p.
6. Харрис Ч. Д. Функциональная классификация городов в США // *Geographical Review.* – 1943. – Т. 33. № 1. – С. 86–99.
7. *Hall P.* The Polycentric Metropolis: Learning from Mega-City Regions in Europe. / P. Hall. – London: Earthscan, 2006 – 256 p.
8. *McGee T. G.* The emergence of desakota regions in Asia: expanding a hypothesis / T. G. McGee // *The extended metropolis: settlement transition in Asia.* – Honolulu, 1991. – P. 3-25.
9. *Sassen S.* Cities in a World Economy. / S. Sassen – Thousand Oaks: Pine Forge Press, 1994. – 260 p.
10. *Глазычев В. Л.* Урбанистика. / В. Л. Глазычев – М.: Европа, 2008. – 472 с.
11. *Колодий Н. А.* Умный город: особенности концепции, специфика адаптации к российским реалиям / Н. А. Колодий, В. С. Иванова, Н. А. Гончарова // Социологический журнал. – 2020. – Т. 26, № 3. – С. 86–101.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

### **Рубинов Владислав Валерьевич**

Аспирант, инженер, научный сотрудник кафедры системного анализа и логистики Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А  
E-mail: vvr1071995@mail.ru

## INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

### **Rubinov Vladislav Valerievich**

Postgraduate student, engineer, researcher at the Department of System Analysis and Logistics St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation  
SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia  
E-mail: vvr1071995@mail.ru