

ООО "СПБ-Энерготехнологии"

«Согласовано»

Временно исполняющий обязанности
заместителя министра, начальника
управления по транспорту и дорожному
хозяйству Министерства строительства,
транспорта, жилищно-коммунального
хозяйства Алтайского края

_____ Д.Н. Коровин

«Согласовано»

Первый заместитель главы администрации
города Барнаула по дорожно-
благоустроительному комплексу

_____ А.Ф. Воронков

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Разработка комплексной схемы организации дорожного движения

городского округа – города Барнаула Алтайского края

по теме:

РАЗРАБОТКА ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ ГОРОДА БАРНАУЛА

3 этап

Председатель комитета по дорожному хозяйству,
благоустройству, транспорту и связи

_____ А.А.Шеломенцев

Генеральный директор
ООО «СПБ-Энерготехнологии»

_____ Д.В.Миронов

Санкт-Петербург
2018

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Генеральный директор	_____ Д.В. Миронов
Технический директор	_____ А.В. Ардашев
Главный инженер проекта	_____ А.Е. Галкин
Инженер-проектировщик	_____ К.М. Шаврукова

Санкт-Петербург
2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ПО ДЛЮ РАЗРАБОТКИ ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ ГОРОДА БАРНАУЛ	5
2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЮ РАЗРАБОТКИ ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ	6
2.1 Структура транспортной модели.....	6
2.2 Системы транспорта и сегменты спроса.....	7
2.3 Данные структуры пространственного развития.....	8
2.4 Данные исследований изменения интенсивности движения.....	11
3. МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ	13
3.1 Основные объекты модели транспортной сети.....	13
3.2 Классификатор УДС.....	14
3.3 Объекты светофорного регулирования.....	16
3.4 Объекты транспортной сети для описания системы общественного транспорта.....	16
3.5 Общая характеристика транспортной модели.....	18
4. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ РАСЧЁТА ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА ДЛЮ ТРАНСПОРТНЫМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯМ	19
4.1 Создание модели транспортного спроса.....	19
4.2 Создание транспортного движения.....	20
4.3 Распределение транспортного движения.....	21
4.4 Выбор между общественным и индивидуальным транспортом.....	21
4.5 Выбор пути следования.....	22
4.6 Калибровка матриц корреспонденций, коэффициентов подвижности и функций предпочтения.....	23
4.7 Калибровка матриц корреспонденций.....	24
4.8 Калибровка модели транспортной сети.....	24
4.9 Параметры оценки точности модели.....	24
5. РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ НА ПЕРИОД ДО 2025 И 2035 ГГ	26
5.1 Анализ территориального развития.....	26
5.2 Развитие транспортной инфраструктуры.....	28
6. КАРТОГРАММЫ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА	31
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	46

ВВЕДЕНИЕ

В данном разделе описываются основные принципы и процесс создания транспортной модели. Описываются модели транспортной системы (транспортного предложения) и модели транспортного спроса. Особое внимание уделено процессу калибровки транспортной модели.

Также описываются учитываемые в транспортной модели мероприятия по перспективному территориальному развитию и развитию УДС на горизонты 2025 и 2035 гг.

1. ПО ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ ГОРОДА БАРНАУЛ

Транспортная модель г. Барнаул разработана в среде программного комплекса транспортного планирования PTV Vision® VISUM.

PTV Vision® VISUM представляет собой современную информационно-аналитическую систему поддержки принятия решений, которая позволяет осуществлять стратегическое и оперативное транспортное планирование, прогнозирование интенсивностей движения, обоснование инвестиций в развитие транспортной инфраструктуры, оптимизацию транспортных систем городов и регионов, а также систематизацию, хранение и визуализацию транспортных данных.

Программный комплекс PTV Vision® VISUM интегрирует в единой модельной среде данные о параметрах транспортного поведения любых категорий пользователей транспортной системы в зависимости от поставленной задачи: водителей транспортных средств, пассажиров транспорта общего пользования, велосипедистов и пешеходов. Объединение данных геоинформационных систем (ГИС) и показателей сложных взаимодействий нескольких систем транспорта позволяют получить оптимальную и масштабируемую транспортную модель.

Особенностью развития PTV Vision® VISUM являются обширные связи с фундаментальными исследованиями (три центра разработки продукта – США, Германия и Япония), и, как следствие, самый широкий пул научных исследований в области методологии транспортного моделирования, который позволяет постоянно повышать качество алгоритмов и возможностей системы.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ

2.1 Структура транспортной модели

Транспортная модель г. Барнаул (далее транспортная модель) представляет собой абстракцию реального мира в части системного взаимодействия транспортных потоков. Основными элементами транспортной модели являются модель транспортной сети и модель транспортного спроса.

Модель транспортной сети – это комплекс взаимосвязанных объектов, характеризующих пространственное расположение и параметры элементов улично-дорожной сети, содержащих структурированную информацию о системах индивидуального и общественного транспорта. Модель транспортной сети является основой для моделирования перемещений участников транспортного движения и описания затрат на данные перемещения.

Модель транспортного спроса – это инструмент оценки транспортной сети, включающий в себя совокупность математических моделей, рассчитывающих транспортные потоки между районами области планирования на основе структурных данных и данных о том, как население пользуется транспортом, а также данных о пространственном расположении объектов инфраструктуры и о существующем транспортном предложении. Результатом функционирования модели транспортного спроса являются качественные и количественные показатели, характеризующие причины возникновения транспортных потоков и их объемы; выбор источника и цели передвижения; выбор транспортного средства и маршрута следования.

Взаимодействие транспортного спроса и предложения определяет содержание транспортных событий. В результате их анализа осуществляется оптимальное перераспределение транспортных потоков и выбор конкретного пути следования по рассматриваемой сети с учетом заданных параметров и данных об источниках, целях и количестве перемещений. Структура транспортной модели представлена на рисунке 2.1.1.

Основной целью разработки транспортной модели является определение интенсивности движения транспортных средств и объемов пассажиропотока в современных условиях и на перспективу. Обоснованность прогнозов развития транспортной ситуации достигается учетом комплекса факторов, влияющих на социально-экономическое развитие региона, и учетом изменений в его транспортной инфраструктуре в рассматриваемый период времени.

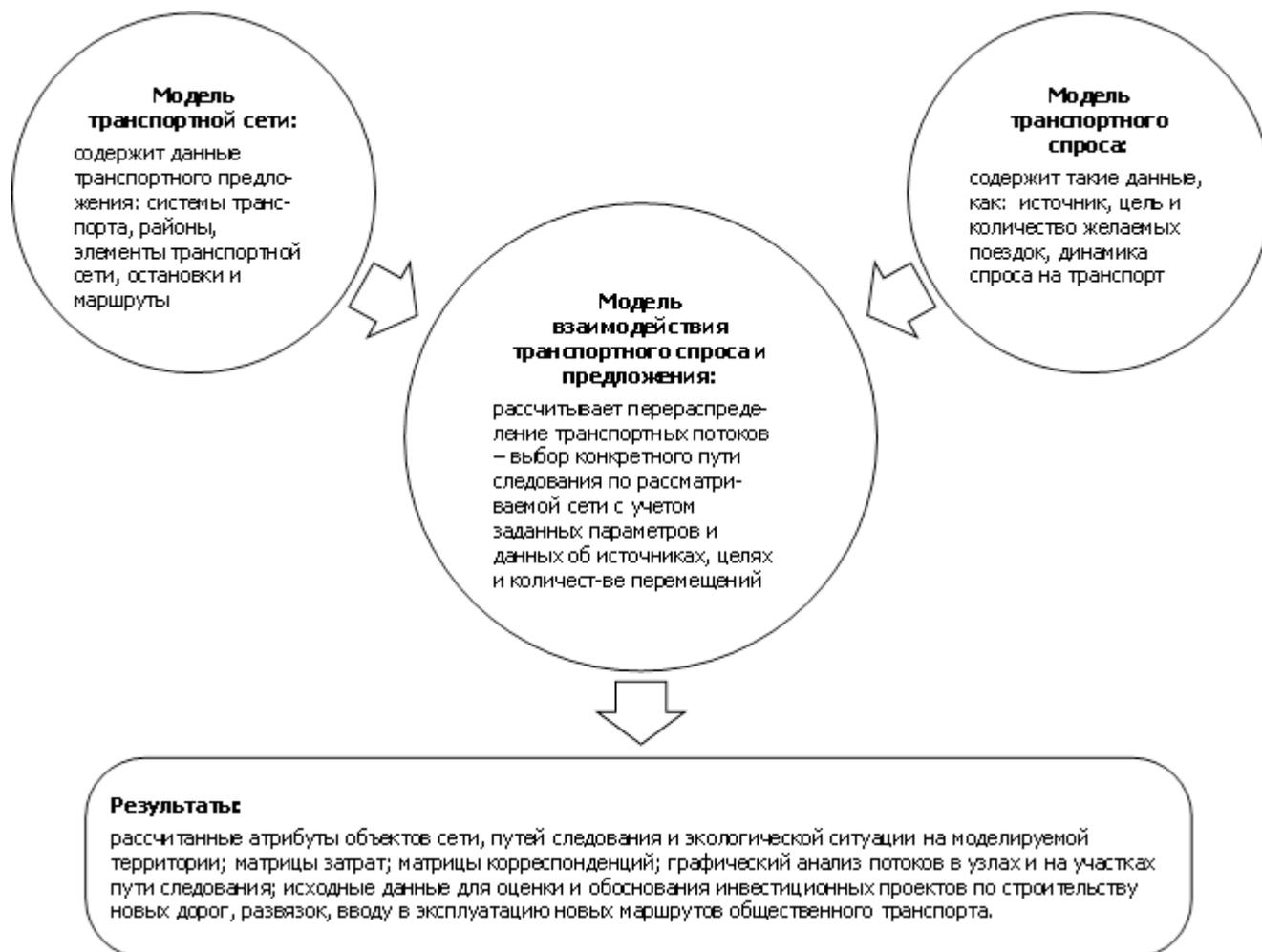


Рисунок 2.1.1 - Структура транспортной модели

2.2 Системы транспорта и сегменты спроса

Для описания состава и структуры транспортных потоков, формирующих нагрузку на транспортную сеть г. Барнаул, использована иерархическая классификация понятий, которые определяют содержание матриц корреспонденций. В модели рассматриваются такие виды транспорта как общественный, индивидуальный и грузовой. При расчете матриц корреспонденций район-источник (назначение) определяется для легкового транспорта. Общественный транспорт вводится в транспортную модель как совокупность реально существующих маршрутов с присущей им информацией в части расчета нагрузки на улично-дорожную сеть в единицах транспортных средств – без детального расчета перевозимого пассажиропотока.

Виды транспорта и используемые в них транспортные средства описываются при помощи класса «Система транспорта». В разработанной транспортной модели для пассажирских корреспонденций применяются четыре системы индивидуального и три системы общественного транспорта. Для каждой Системы транспорта заданы значения максимально допустимой скорости движения на каждом из разработанных типов отрезков в модели транспортной сети.

Одна или несколько Систем транспорта объединяются понятием «Режим», обеспечивающим комплексный анализ данных о входящих в него Системах транспорта без учета вида транспортных средств. Каждая из Систем индивидуального транспорта сопоставлена одноименному Режиму. Все Системы общественного транспорта объединены одним Режимом – Общественный транспорт.

Логическая связь между транспортным предложением и спросом на транспорт дифференцирована по типу транспортных средств или группе людей с помощью понятия «Сегмент спроса».

На рисунке 2.2.1 показана структура систем транспорта, режимов, сегментов спроса и матриц корреспонденций, применяемых в разработанной транспортной модели.

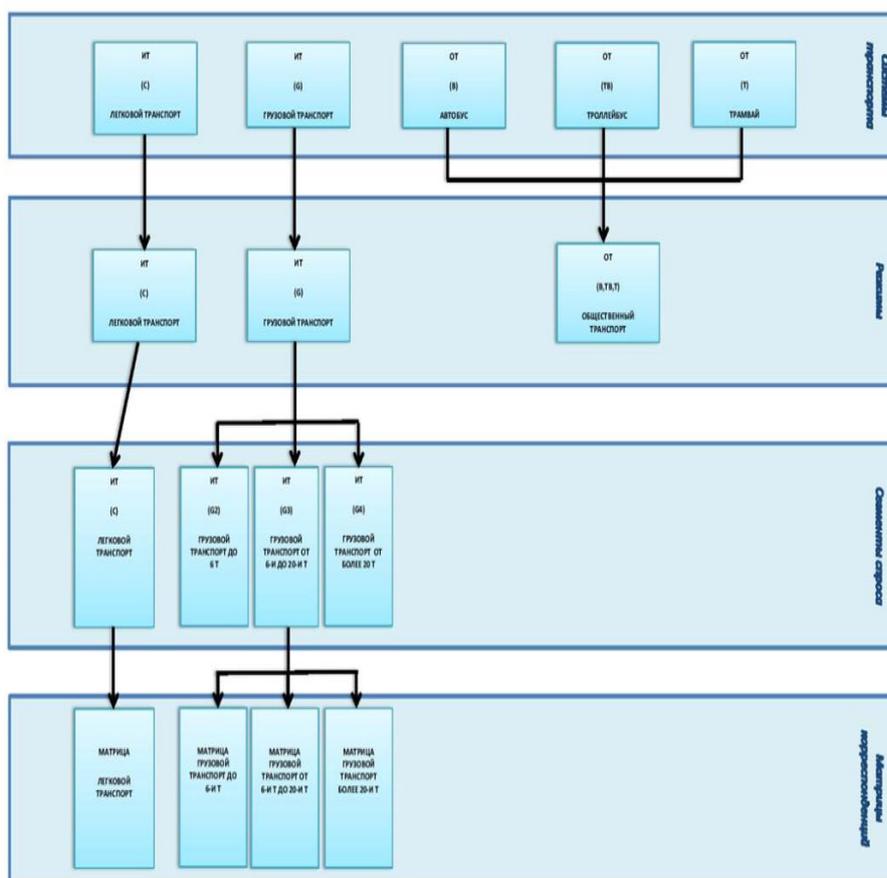


Рисунок 2.2.1 - Структура систем транспорта, режимов, сегментов спроса и матриц корреспонденций

2.3 Данные структуры пространственного развития

Границы моделирования определены территорией г. Барнаул.

Структура пространственного развития в модели описывается с помощью следующих данных:

- транспортное районирование: границы транспортных районов; положение центров тяжести транспортных районов; места примыкания (примыканий) транспортного района к транспортной сети;
- данные социально-экономической статистики по транспортным районам: численность населения, занятого населения; количество рабочих мест (в т.ч. на крупных предприятиях и в сфере обслуживания).

Территория моделирования разделена на 148 транспортных районов. Для каждого транспортного района заданы исходные данные: численность населения, занятого населения; количество рабочих мест на промышленных предприятиях и предприятиях сферы услуг. На основе данной информации будут рассчитаны объемы отправления из источника (района отправления) и прибытия в цель (района назначения). Дополнительные данные для оценки транспортной подвижности населения были взяты по проектам аналогам (городам со схожей численностью населения, функциональной и планировочной структурой).

Границы транспортных районов выбраны с учетом расположения административных и планировочных районов, начертания сети автомобильных дорог общегородского значения, сети путей сообщения железнодорожного транспорта, границ рек и водоемов.

Схема разделения моделируемой территории на транспортные районы приведена на рисунке 2.3.1.

Современное территориальное распределение населения, мест приложения труда и учебы по транспортным зонам и районам-кордонам получены в результате анализа данных ТСЖ и Управляющих компаний о жилой и коммерческой площади объектов недвижимости, а также количества индивидуальных жилых домов. Для приведения численности населения транспортных районов к фактическим данным были использованы поправочные коэффициенты. Структура расселения и занятости населения на рассматриваемой территории приведена на рисунке 2.3.2.

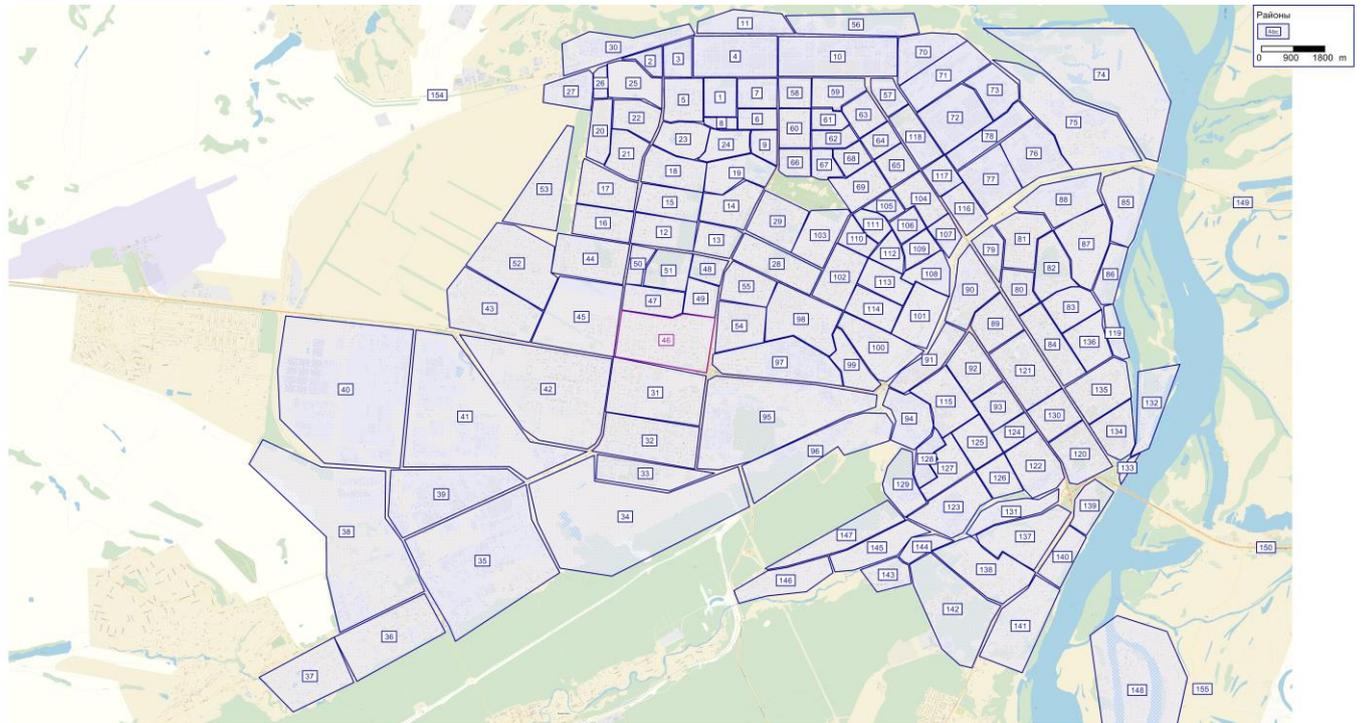


Рисунок 2.3.1 – Схема разделения моделируемой территории на административно-планировочные районы

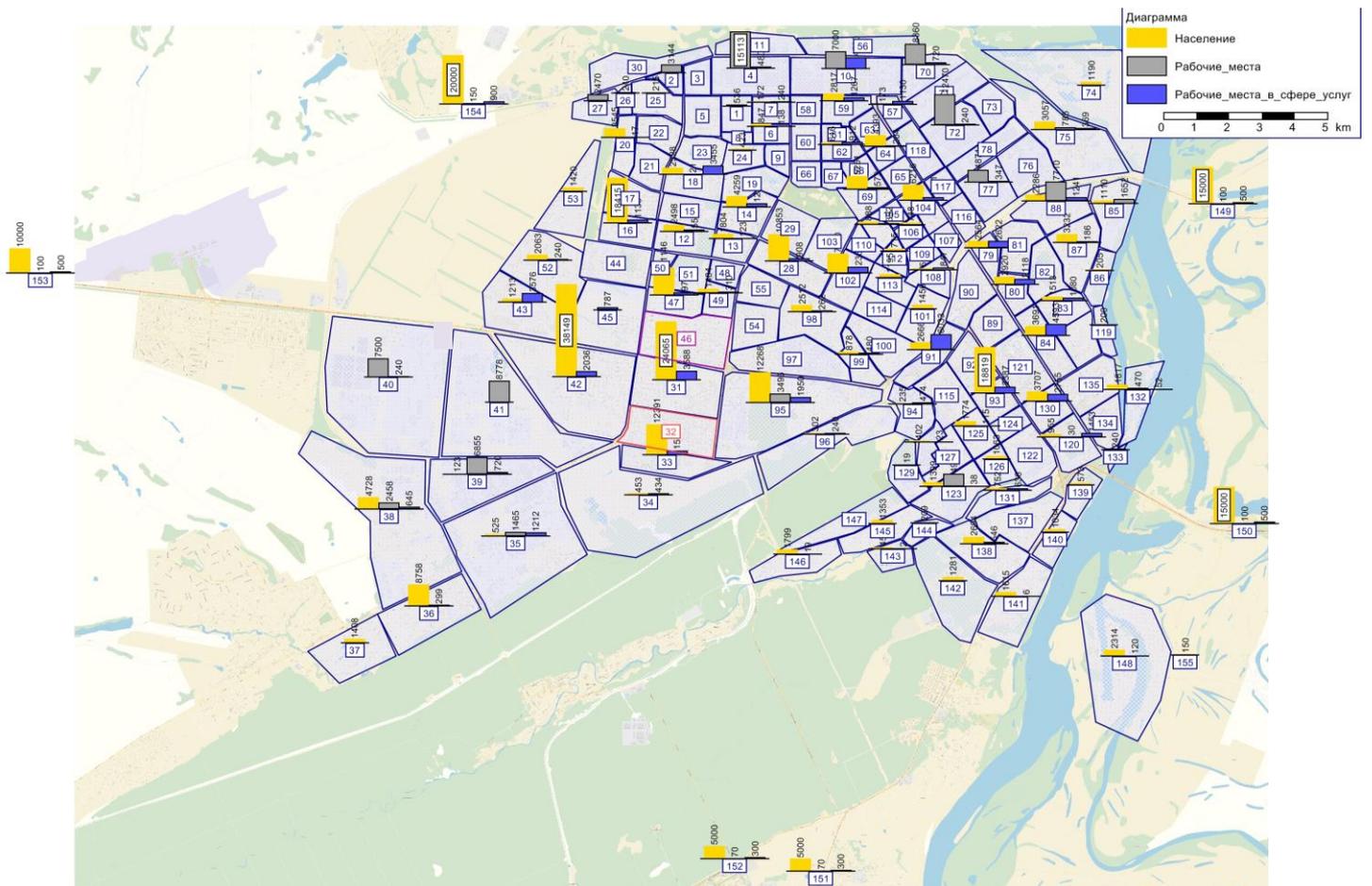


Рисунок 2.3.2 - Структура расселения и занятости населения

Определение направлений и расчет объемов транспортных потоков выполнены с помощью моделей и алгоритмов из различных областей математической науки: статистики, теории

вероятностей, теории информации. Параметры функций, характеризующих выбор источника и цели перемещений, установлены с учетом транспортного поведения населения г. Барнаула. Изучение транспортного поведения населения выполнено по результатам натурных обследований интенсивности движения транспорта и объемов пассажиропотока.

2.4 Данные исследований изменения интенсивности движения

Исследование изменения интенсивности движения выполнено в течение утреннего, дневного и вечернего часов «пик» на 72 перекрестках, оказывающих существенное влияние на интенсивность движения по опорной улично-дорожной сети.

Территориальное расположение мест проведения исследований показано на рисунке 2.4.1.

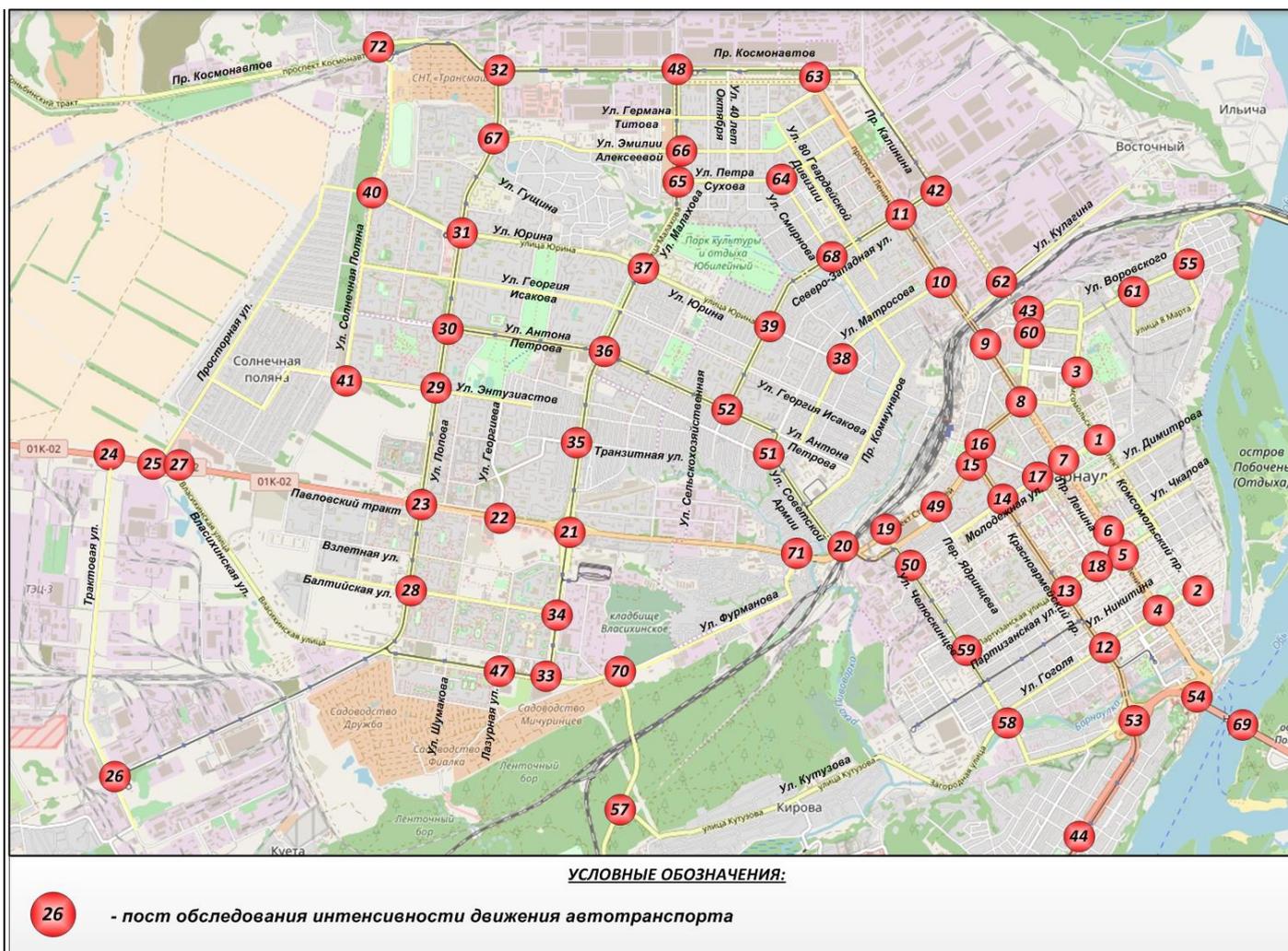


Рисунок 2.4.1 - Территориальное расположение мест проведения исследований

Данные исследований изменения интенсивности движения введены в модель транспортной сети в качестве исходных данных с целью последующей оценки результатов математического моделирования. Значения замеренной интенсивности движения введены в модель в качестве атрибута соответствующего поворота. Для каждого поворота созданы атрибуты, позволяющие

хранить информацию о структуре транспортного потока с учетом времени суток. Использование объекта сети «Поворот» для хранения данных о замеренной интенсивности движения позволяет агрегировать её на уровень отрезков, в которые входит или из которых выходит группа поворотов, что, в свою очередь, обеспечивает возможность как калибровки матрицы корреспонденций на уровне поворотов, так и удобного представления графической информации на уровне отрезков.

3. МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

3.1 Основные объекты модели транспортной сети

Транспортная сеть сформирована на базе геоинформационных данных в местной системе координат, что обеспечивает возможность экспорта (импорта) данных с другими информационными ресурсами. Уровень детализации графа ограничен улицами местного значения включительно, оказывающими влияние на интенсивность движения опорной улично-дорожной сети.

В целях системного анализа транспортной сети использована классификация из 55 (пятидесяти пяти) условных типов дорог, детализирующих основные технические и транспортно-эксплуатационные параметры элементов сети в соответствии с «Рекомендациями по проектированию улиц и дорог городов и сельских поселений». Разработанная классификация дорог обеспечивает дифференцированный подход к описанию транспортной сети с учетом специфики конкретного участка.

Для каждого участка дороги с учетом направления движения заданы конкретные показатели основных параметров: категория дороги, разрешенные для движения системы транспорта, длина, количество полос движения, пропускная способность, максимально допустимая скорость движения, скорость движения в ненагруженной сети.

Места пересечения транспортных потоков классифицированы по шести типам:

- светофорное регулирование;
- кольцевое пересечение;
- помеха справа;
- приоритет проезда «стоп»;
- приоритет проезда «уступи дорогу»;
- всем «стоп».

Для каждого транспортного узла (перекрестка) заданы разрешенные маневры по полосам движения, разрешенные для движения системы транспорта и на соответствующих перекрестках - описание циклов светофорного регулирования. Схема улично-дорожной сети г. Барнаул показана на рисунке 3.1.1.

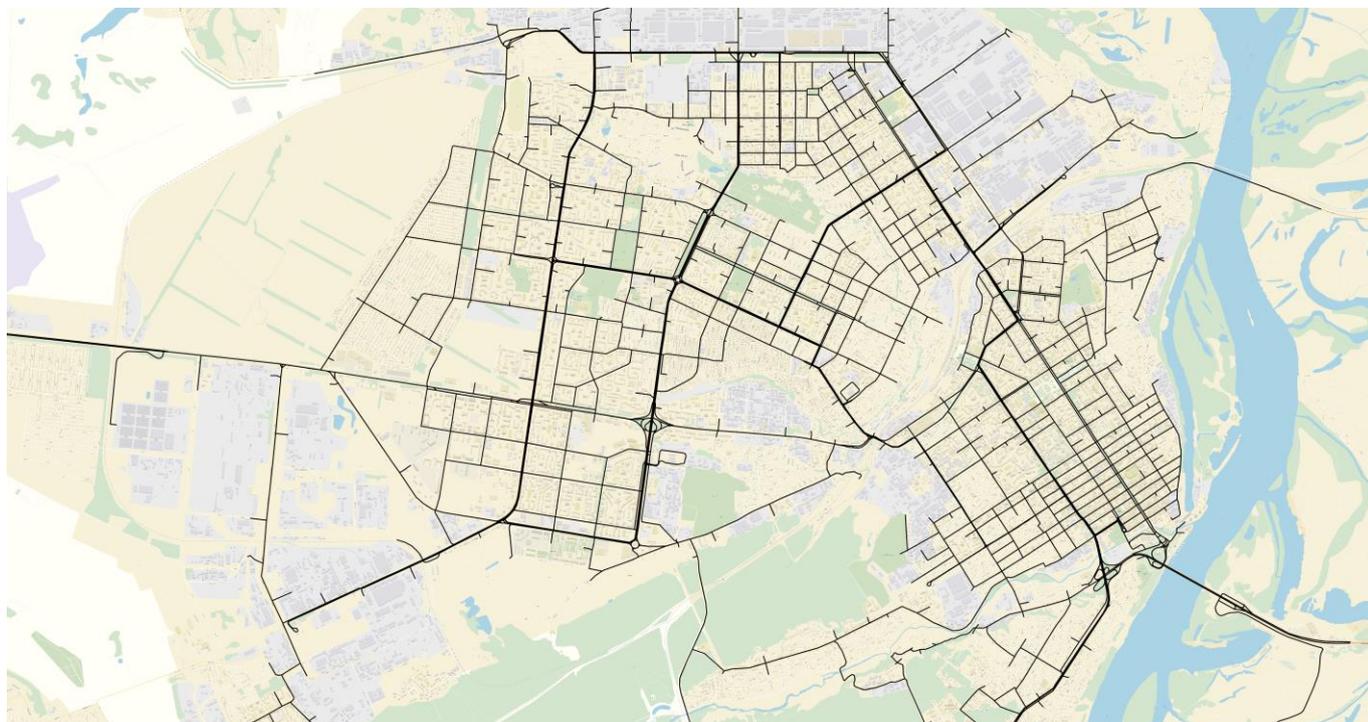


Рисунок 3.1.1 - Схема улично-дорожной сети г. Барнаул

Организация движения на перекрестках реализована на уровне поворотов. Под поворотом понимается объект транспортной сети, разрешающий или запрещающий транспортным средствам поворачивать на узле. Право выполнения поворота и необходимое для этого время указывается для каждой системы транспорта в отдельности. В модели транспортной сети поворот не имеет длины, время на его выполнение в ненагруженной сети задается как время задержки при повороте.

Определение времени задержки для поворота с учетом направления реализовано за счет иерархии потоков с одним главным потоком, определяемым на основе ранга типа отрезка. Ранг типа отрезка задан в качестве исходных данных при создании списка типов отрезков.

В нагруженной сети время движения на отрезке вычисляется функцией ограничения пропускной способности.

3.2 Классификатор УДС

На основании существующих градостроительных материалов (Генеральный план г. Барнаула) была разработана классификация УДС, используемая в Транспортной модели (Таблица 3.2.1).

Таблица 3.2.1 – Классификатор УДС, использованный в транспортной модели

Тип	Описание типа	Кол.полос	Проп.спос.	Скорост ь
0	Закрытая дорога	0	0	0
1	Только ОТ	1	0	0
2	Только Трамвай	1	0	0

3	I МДСД(1) Магистральная дорога скоростного движения	1	1800	90
4	I МДСД(2) Магистральная дорога скоростного движения	2	3600	110
5	I МДСД(3) Магистральная дорога скоростного движения	3	5400	110
6	I МДСД(4) Магистральная дорога скоростного движения	4	7200	110
7	Съезд МТР min(1) Автомагистраль	1	550	40
8	Съезд МТР min(2) Автомагистраль	2	1100	50
9	Съезд МТР max(1) Автомагистраль	1	900	60
10	Съезд МТР max(2) Автомагистраль	2	1800	70
11	Съезд МТР max(3) Автомагистраль	3	2700	80
12	II УНД(2) Магистральная улица общегородского значения непрерывного движения	2	3000	60
13	II УНД(3) Магистральная улица общегородского значения непрерывного движения	3	4500	60
14	II УНД(4) Магистральная улица общегородского значения непрерывного движения	4	6000	60
15	II УНД(5) Магистральная улица общегородского значения непрерывного движения	5	7500	60
16	II_2 УНД(2) Магистральная улица общегородского значения непрерывного движения	2	3750	55
17	II_2 УНД(3) Магистральная улица общегородского значения непрерывного движения	3	5625	55
18	II_2 УНД(4) Магистральная улица общегородского значения непрерывного движения	4	7500	55
19		0	0	0
20	Съезд ТР min(1) Город	1	550	40
21	Съезд ТР min(2) Город	2	1100	50
22	Съезд ТР max(1) Город	1	850	50
23	Съезд ТР max(2) Город	2	1700	50
24		0	0	0
25	II УРД(1) Магистральная улица общегородского значения регулируемого движения	1	875	60
26	II УРД(2) Магистральная улица общегородского значения регулируемого движения	2	1750	60
27	II УРД(3) Магистральная улица общегородского значения регулируемого движения	3	2625	60
28	II УРД(4) Магистральная улица общегородского значения регулируемого движения	4	3500	60
29	II УРД(5) Магистральная улица общегородского значения регулируемого движения	5	4375	60
30		0	0	0
31	II_2 УРД(1) Магистральная улица общегородского значения регулируемого движения	1	625	45
32	II_2 УРД(2) Магистральная улица общегородского значения регулируемого движения	2	1250	45
33	II_2 УРД(3) Магистральная улица общегородского значения регулируемого движения	3	1875	45
34	II_2 УРД(4) Магистральная улица общегородского значения регулируемого движения	4	2500	45
35	II_2 УРД(5) Магистральная улица общегородского значения регулируемого движения	5	3125	45
36		0	0	0

37	III МУРЗ ТП(1) Магистральная улица районного значения транспортно-пешеходная	1	625	60
38	III МУРЗ ТП(2) Магистральная улица районного значения транспортно-пешеходная	2	1250	60
39	III МУРЗ ТП(3) Магистральная улица районного значения транспортно-пешеходная	3	1875	60
40	III МУРЗ ТП(4) Магистральная улица районного значения транспортно-пешеходная	4	2500	60
41		0	0	0
42	III_2 МУРЗ ТП(1) Магистральная улица районного значения транспортно-пешеходная	1	375	35
43	III_2 МУРЗ ТП(2) Магистральная улица районного значения транспортно-пешеходная	2	750	35
44		0	0	0
45	IV УЖ(1) Улица (дорога) местного значения	1	250	25
46	IV УЖ(2) Улица (дорога) местного значения	2	500	25
47	IV УЖ(3) Улица (дорога) местного значения	3	750	25
48	IV УЖ(4) Улица (дорога) местного значения	4	1000	25
49	IV Проезд (1)	1	187	20
50		0	0	0
51	F(1) Федеральные и региональные дороги	1	2000	90
52	F(2) Федеральные и региональные дороги	2	4000	90
53	F(3) Федеральные и региональные дороги	3	6600	90
54	F(4) Федеральные и региональные дороги	4	9200	90
55		0	0	0
56	FF(1) Загородные дороги	1	800	90
57	FF(2) Загородные дороги	2	1600	90
58	FF(3) Загородные дороги	3	2400	90
59	FF Загородные дороги Прочие	1	200	90

3.3 Объекты светофорного регулирования

В модель введены также объекты светофорного регулирования, общее количество объектов светофорного регулирования – 147 шт., для всех объектов откорректированы пропускные способности в соответствии с действующими режимами регулирования.

3.4 Объекты транспортной сети для описания системы общественного транспорта

Система общественного транспорта представлена в транспортной модели объектами транспортной сети, позволяющими детализировать информацию о количестве транспортных средств по конкретным маршрутам. Интенсивность движения транспортных средств общественного транспорта не рассчитывается, а принимается в виде исходных данных из расписания движения по маршруту или установленному интервалу следования. Транспортное предложение общественного транспорта описано на базе 92 маршрутов. Схемы маршрутных сетей

автобусных, троллейбусных и трамвайных маршрутов представлены на рисунках 3.4.1, 3.4.2 и 3.4.3.

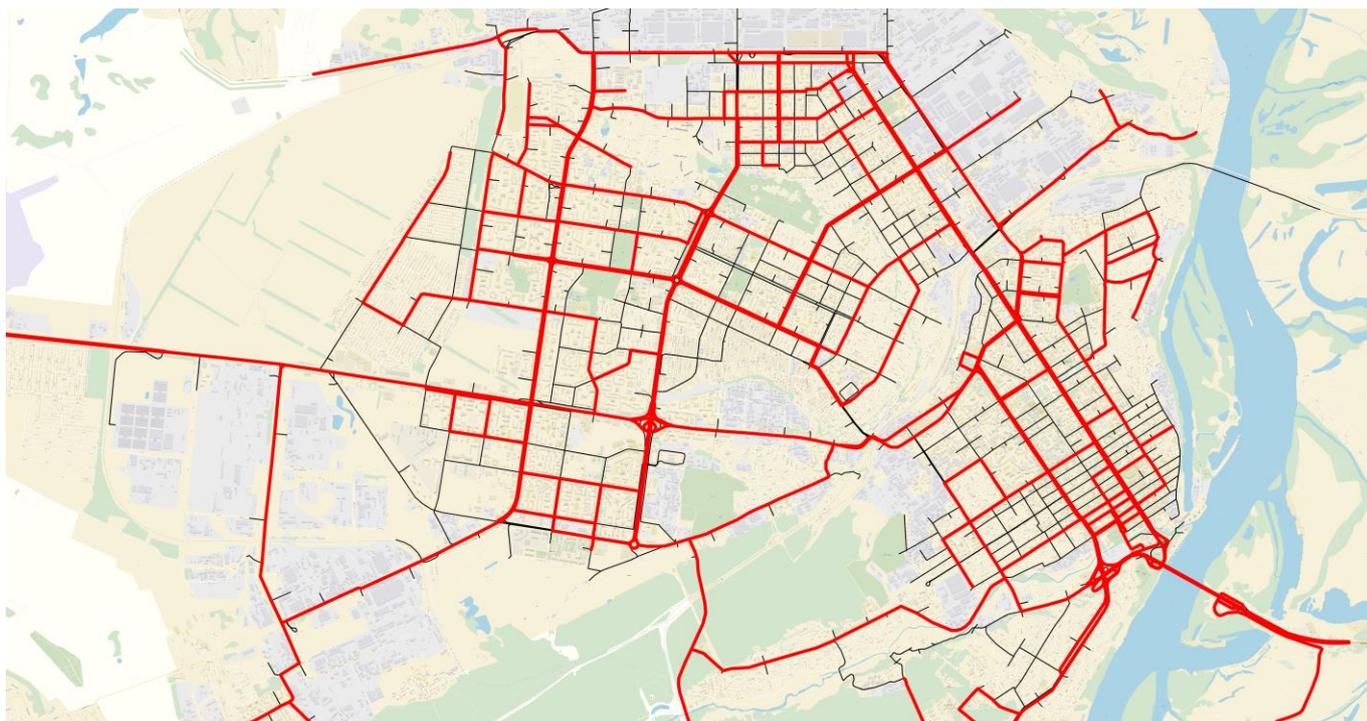


Рисунок 3.4.1 – Сеть автобусных маршрутов, введенных в транспортную модель

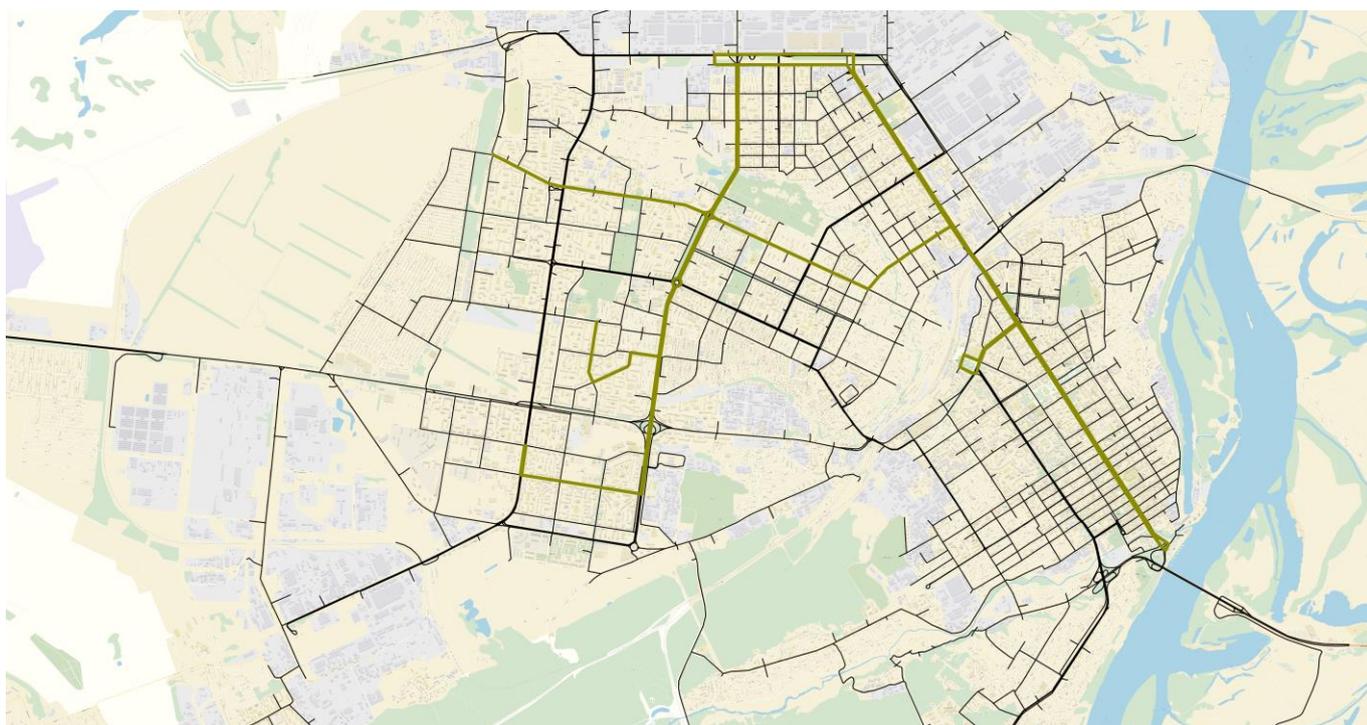


Рисунок 3.4.2 – Сеть троллейбусных маршрутов, введенных в транспортную модель

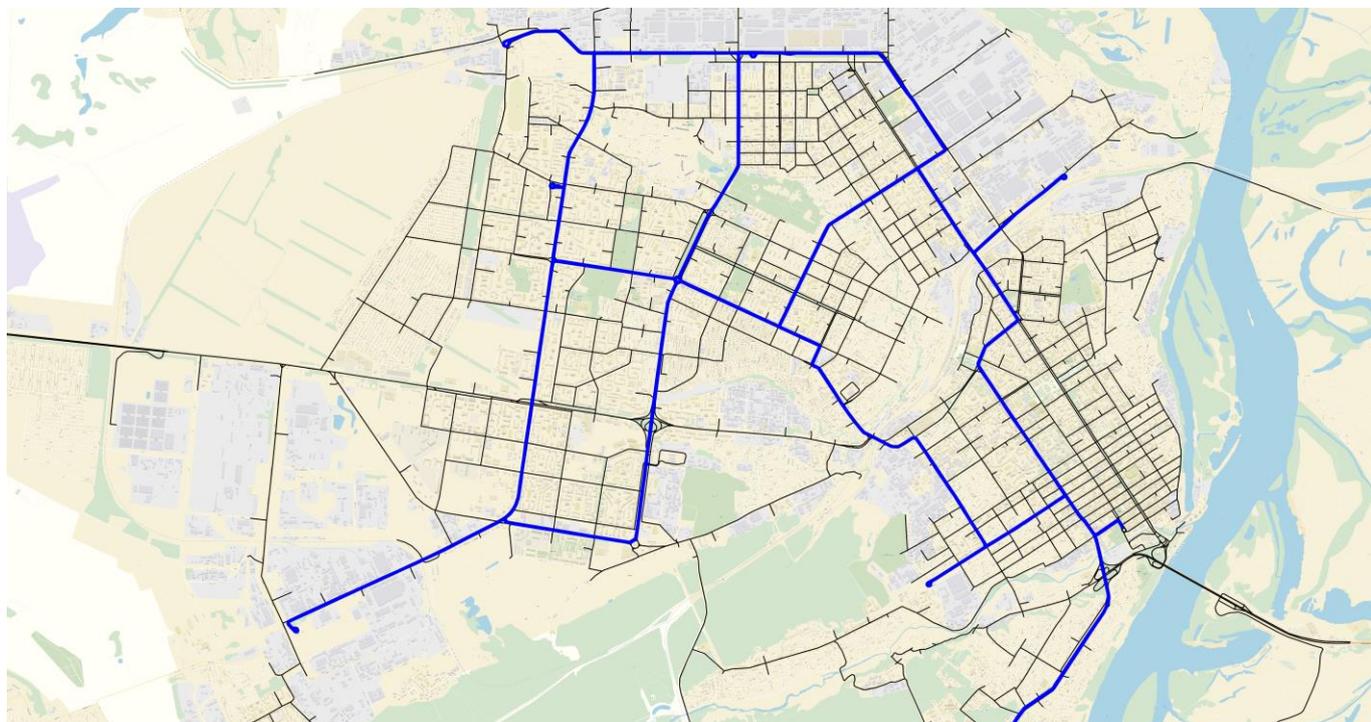


Рисунок 3.4.3 – Сеть трамвайных маршрутов, введенных в транспортную модель

3.5 Общая характеристика транспортной модели

Разработанная транспортная модель характеризуется следующими параметрами:

- количество узлов - 1575;
- количество отрезков - 4226;
- количество транспортных районов – 155;
- 355 мест учета интенсивности движения (отрезков).

4. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ РАСЧЁТА ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

4.1 Создание модели транспортного спроса

При разработке модели транспортного спроса была использована классическая четырехступенчатая процедура. Использование этого подхода обусловлено тем, что он достаточно точно описывает все этапы формирования спроса на транспорт, при этом позволяя работать с агрегированными данными без потери в качестве результатов моделирования, что в свою очередь сокращает время расчета и позволяет оценивать большее количество прогнозных сценариев в единицу времени. Расчет проведен по отдельным слоям спроса для утреннего, дневного и вечернего часов «пик». Результатом моделирования являются расчетные (модельные) значения интенсивности движения.

Классическая четырехступенчатая процедура состоит из следующих этапов:

1. Создание (генерации) транспортного движения. На этапе создания транспортного движения рассчитываются объемы движения из источника и объемы движения в цель для всех транспортных районов, детализированные по слоям спроса. Результатами расчета являются итоговые строки и столбцы матриц корреспонденций.
2. Распределение транспортного движения. На этапе распределения транспортного движения рассчитываются объемы транспортного потока между всеми транспортными районами, детализированные по слоям спроса, но без детализации по видам транспорта. Результатами расчета являются элементы матриц корреспонденций.
3. Выбор режима. На этапе выбора режима рассчитываются матрицы корреспонденций, каждая из которых соответствует поездкам с использованием определенного вида транспорта.
4. Перераспределение. Расчет перераспределения, дифференцированный по видам транспорта, позволяет получить модельные значения интенсивности транспортных потоков. Этап перераспределения является завершающим в цикле расчёта спроса. Модельные значения интенсивности, полученные в результате расчета, приобретают смысл прогнозных оценок интенсивности транспортного движения.

Расчет транспортного спроса выполнен для утреннего, дневного и вечернего часов «пик» для рабочих и трудовых целей поездки. В наглядной форме последовательность алгоритма расчета спроса на транспорт представлена на рисунке 4.1.1.

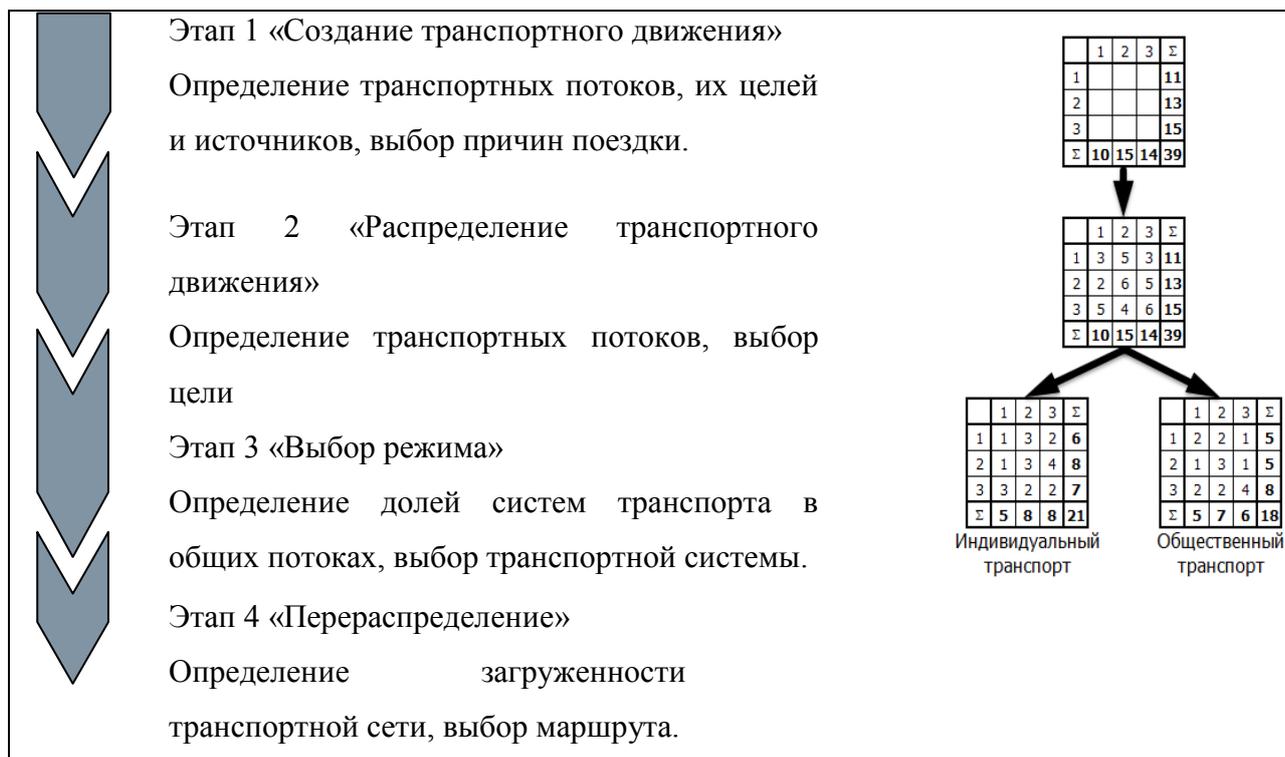


Рисунок 4.1.1 - Последовательность расчета спроса на транспорт

4.2 Создание транспортного движения

Для расчета объемов движения определены цели поездок. В разработанной транспортной модели рассмотрены трудовые и деловые цели:

Дом - Работа (ДР);

Работа – Дом (РД);

Дом – Прочее (ДП);

Прочее – Дом (ПД);

Работа – Прочее (РП);

Прочее – Работа (ПР);

Работа – Работа (РР);

Прочее – Прочее (ПП).

Доля от общего транспортного потока, приходящаяся на каждую из целей поездок в рассматриваемый период времени, определена для каждого слоя спроса. Подобная детализация целевой структуры обеспечивает более реалистичное отражение транспортного поведения населения, но и создает дисбаланс между суммарными объемами отправок и прибытий в районы внутри отдельного сегмента спроса. Решение данной проблемы достигнуто за счет нормирования (выравнивания) итоговых сумм отправления и прибытия.

С учетом природы процесса целевых передвижений, нормирование итоговых сумм при движении из дома на работу осуществлено по количеству отправок. Таким образом, в случае

несоответствия общего числа занятого населения и рабочих мест последние будут откорректированы для обеспечения вывода из транспортного района занятого населения, что, в свою очередь, отразит характерную для часа пик транспортную ситуацию без необходимости в дополнительной детализации целей поездок. Для однородных мест зарождения и погашения транспортных потоков, например, в деловых корреспонденциях при следовании от одного места приложения труда к другому нормирование сумм осуществляется по максимальному числу источников и целей. Объемы передвижений, связанных с прочими целями (поездки в магазины, места сервиса и бытового обслуживания), в силу преобладания предложения над спросом нормируются по числу отправлений, что исключит избыточные предложения сервиса из ограниченного числа целевых поездок.

4.3 Распределение транспортного движения

Закономерности выбора цели и способа совершения передвижений установлены на основе результатов обследования интенсивности движения и откорректированы с учетом прогнозируемых изменений в расселении населения и его социально-демографической структуре, развития объектов трудового и культурно-бытового тяготения. Основным инструментом описания транспортного поведения населения при выборе пары «район отправления – район прибытия» в разработанной модели является функция «предпочтения» (см. рисунок 4.3.1).

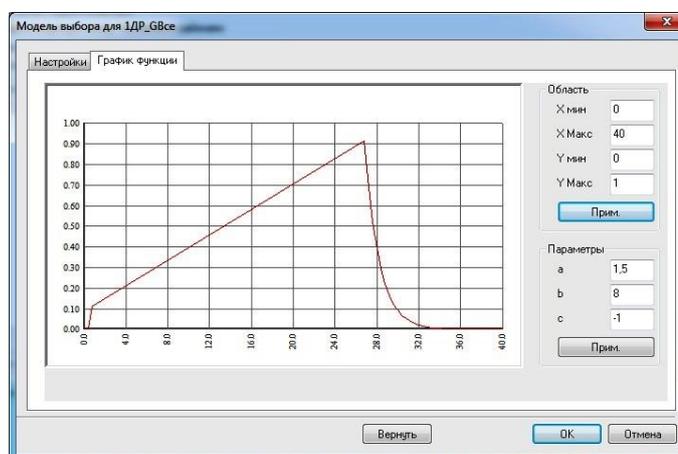


Рисунок 4.3.1 – Окно настройки функции предпочтения

Выбор района отправления и прибытия осуществляется в зависимости от затрат времени на передвижения. Для индивидуального транспорта затраты времени определяются с помощью функций снижения пропускной способности в нагруженной сети.

4.4 Выбор между общественным и индивидуальным транспортом

Выбор между общественным и индивидуальными видами транспорта зависит в основном от двух факторов:

- уровня доходов и образа жизни пользователей транспортной системы;
- уровня развития общественного (массового) транспорта.

Увеличение потребности в использовании индивидуальных видов транспорта происходит вследствие усложнения поведения человека при планировании деловых и трудовых передвижений. Усложнение обусловлено:

- увеличением числа мест приложения труда, приходящихся на одного трудящегося;
- увеличением потребности в индивидуальном общении (в том числе с деловыми целями).

Ограничивают использование индивидуального транспорта такие факторы как: высокие затраты на приобретение и эксплуатацию транспортных средств (включая затраты на хранение), ограничения для водителей (водитель вынужден выполнять строго регламентированную работу в процессе вождения), а также возрастные ограничения (школьники и студенты до 18 лет не имеют возможности водить автомобиль) и ограничения по состоянию здоровья.

Общественный (массовый) транспорт привлекателен для населения, совершающего регулярные поездки к местам приложения труда и местам проведения досуга, расположенным около крупных узлов общественного транспорта, либо в центр города. Важнейшее значение для выбора в качестве основного вида общественного транспорта имеет его надежность.

В современных условиях развития транспортной системы можно полагать, что администрация города может влиять на перераспределение пассажиров между массовым и индивидуальным транспортом двумя способами:

- увеличением привлекательности общественного (массового) транспорта;
- введением запретов и ограничений на въезд в определенные районы города, установлением платы за парковку автомобилей.

4.5 Выбор пути следования

На выбор пути следования в разработанной модели влияет ряд факторов, сводящихся к затратам времени на передвижение по тому или иному пути следования.

Базовые затраты времени на каждом участке транспортной сети определяются исходя из его длины и заданной максимальной скорости движения. Также учитываются затраты времени, обусловленные снижением пропускной способности в нагруженной улично-дорожной сети. При расчете фактической скорости движения учитываются следующие факторы:

- доля тихоходных видов транспорта;
- уплотнение потока транспортных средств;

- уровень помех для движения по крайней правой полосе, по крайней левой при наличии встречного движения, помех от остановок трамвая.

Задержка на регулируемом пересечении определяется исходя из параметров цикла регулирования, количества транспортных средств, подходящих к пересечению, наличия «зеленой волны», наличия разрешенного левого поворота. Время движения подвижного состава общественного транспорта на участках улично-дорожной сети определяется временем движения потока с учетом дополнительного времени, необходимого для входа и выхода пассажиров.

Перечисленные выше параметры заданы в виде параметров участков транспортной сети и в виде функций снижения пропускной способности.

4.6 Калибровка матриц корреспонденций, коэффициентов подвижности и функций предпочтения

После завершения первого цикла расчета спроса на транспорт была проведена калибровка транспортной модели. В процессе калибровки проводилась серия вычислительных экспериментов с моделью, при этом менялись параметры функций предпочтения по критерию соответствия результатов расчета натурным обследованиям.

В результате были определены показатели, обеспечивающие точность модели. Методы, используемые при калибровке транспортной модели, приведены в таблице 4.6.1.

Таблица 4.6.1 - Содержание калибровки транспортной модели

Объект калибровки	Предмет калибровки
Данные структуры пространственного развития (степени создания и притяжения)	Количество перемещений по слоям и сегментам спроса
Функции оценки – параметры и вид функций, оценивающих вероятность совершения поездки в зависимости от длины и/или времени в пути в моделях распределения транспортного движения и выбора режима	Распределение длительности и/или дальности поездок и пропорции между легковым и общественным транспортом
Элементы главных диагоналей матриц затрат	Изменение количеств перемещений внутри района
Скорость и пропускная способность на отрезках	Выбор пути при перераспределении
Функции ограничения пропускной способности: параметры и вид функций, показывающих зависимость задержек в пути от загрузки дороги (отношение интенсивности движения к пропускной способности)	Выбор пути при перераспределении
Местоположение привязки примыканий к сети	Выбор пути при перераспределении
Доли входящих/выходящих потоков, приходящихся	Изменение пропорций распределения

Объект калибровки	Предмет калибровки
на каждое примыкание, в общем потоке транспортного района-источника/района-цели	выходящего и входящего потоков района по примыканиям, изменение путей при перераспределении

Калибровка транспортной модели проводилась в два основных этапа – первый калибровка матриц корреспонденций, второй – непосредственная калибровка модели транспортной сети.

4.7 Калибровка матриц корреспонденций

На данном этапе определялось соответствие рассчитанных матриц корреспонденций реальным перемещениям пользователей сети.

Калибровка корреспонденций проводилась в виде итеративного процесса, при этом основным параметром калибровки на первом этапе калибровки матриц были функции предпочтения к поездке (в случае транспортной модели – функция Кирхгофа).

После первичной грубой калибровки проводилась детальная калибровка, которая подразумевала уже работу с района и настройка вход и выходов из районов (время и пропускная способность).

На третьем этапе проводилась детальная калибровка между парами районов – создавалась матрица дополнительных обременений, для регулирования затрат при перемещении между районами.

4.8 Калибровка модели транспортной сети

Калибровка распределения спроса по транспортной сети осуществлялась за счет изменения скоростных режимов движения (по данным натурных замеров) и уточнения параметров светофорного регулирования.

4.9 Параметры оценки точности модели

Транспортная модель является упрощенным представлением реальной транспортной ситуации. После ввода исходных данных и расчета транспортного спроса проведена проверка модели. Определено, насколько точно модель отражает реальную транспортную ситуацию. При отклонении заранее определенных показателей от допустимой нормы проводится калибровка модели.

Оценка реалистичности результата перераспределения транспортной модели проведена путем статистического сравнения наблюдаемых данных и расчетной нагрузки в модели. Для проверки адекватности модели определены значения ряда показателей на основе сравнения расчетных значений интенсивностей движения из модели и данных натурных обследований.

Ниже перечислены основные показатели, которые используются для оценки качества модели.

Средняя относительная ошибка - среднее отклонение абсолютных значений (разница между наблюдаемыми на местах подсчета и рассчитанными в модели значениями) в процентах. Вычисленная средняя относительная ошибка - 20%.

Коэффициент корреляции - является мерой тесноты линейной связи между фактическими данными об интенсивностях потоков на местах подсчета и рассчитанной на основе модели нагрузкой. Он принимает значения в диапазоне: от -1 до 1. Чем ближе значение коэффициента корреляции к 1, тем точнее ряд расчетных значений нагрузки аппроксимирует ряд фактических данных интенсивностей потоков, то есть модель точнее показывает поведение транспортного потока. Вычисленный коэффициент корреляции модели нулевого состояния - 0.89670 (рисунок 4.9.1).

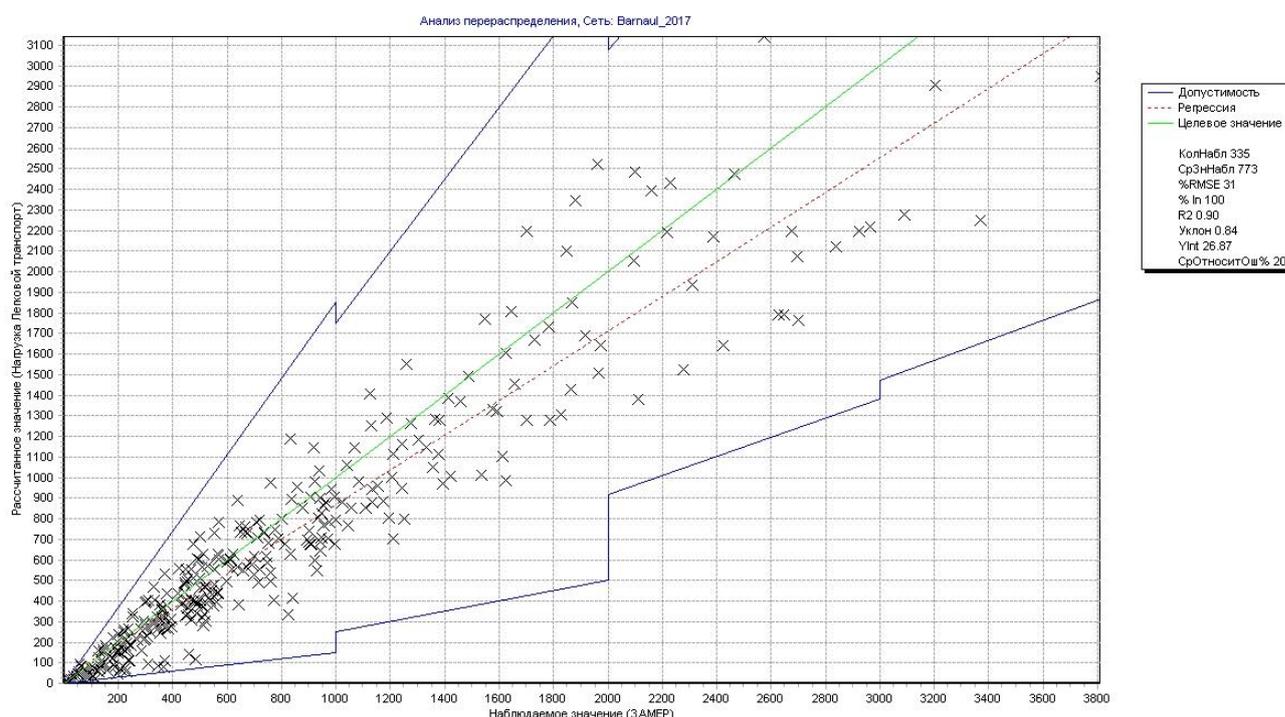


Рисунок 4.9.1 – График анализа графика калибровки транспортной модели.

Значения показателей качества перераспределения не являются абсолютными показателями достоверности модели в силу того, что в наблюдаемых значениях нагрузки легкового или грузового транспорта на местах подсчета могут содержаться ошибки. Ошибки получаются в результате присутствия человеческого фактора при сборе данных, их обработке, а также при дальнейшем приведении из часовых интенсивностей в суточные.

Полученные значения показателей качества модели говорят о том, что модель отражает существующую ситуацию с удовлетворительной точностью, достаточной для использования построенной модели в целях долгосрочного прогнозирования.

5. РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ НА ПЕРИОД ДО 2025 И 2035 ГГ.

5.1 Анализ территориального развития

Перспективное изменение транспортной ситуации во многом зависит как от дальнейшего территориального развития города, так и от изменений в начертании и составе перспективной улично-дорожной сети. В связи с этим, в настоящем разделе на основе анализа имеющейся градостроительной документации и планов по формированию элементов улично-дорожной сети представлены предложения по развитию магистральной улично-дорожной сети на период 2018-2025 гг. и на перспективу до 2035 г., которые впоследствии будут учитываться при моделировании транспортной ситуации и определении перспективных нагрузок на уличную сеть.

В настоящее время перспективное развитие г. Барнаула, в том числе улично-дорожной сети, регламентируется Генеральным планом г. Барнаул, который был утвержден Решение Барнаульской городской Думы от 26.02.2010 №245 "Об утверждении Генерального плана городского округа – города Барнаула Алтайского края" (с изм.от 28.02.2011 №450).

В Генеральном плане были выделены следующие временные сроки его реализации:

- расчетный срок Генерального плана – 2025 год;
- первая очередь Генерального плана – 2015 год;
- перспектива (период за расчетным сроком Генерального плана, на который определяются основные направления стратегии градостроительного развития муниципального образования г. Барнаула – 2035 год).

Новое жилищное строительство в целом по городскому округу определено в объеме 11,0 млн.м², при среднегодовом вводе жилого фонда в течение расчетного срока 550 тыс.м², против современного – 190 тыс.м².

Учитывая ограниченные территориальные возможности для развития строительства в черте города (собственно Барнаула), проектом предлагается подавляющую часть индивидуального строительства разместить в пригородной части городского округа.

На основе анализа современного использования территории пригородной части Барнаула, входящей в городской округ, имеющихся отводов под жилищное строительство, а также перспективной жилищной обеспеченности, в проекте предлагается к освоению 1520 га, на которых предусматривается размещение 3,5 млн.м² жилищного строительства, в том числе:

- многоэтажное 740 тыс.м² или 21% от нового строительства в пригородной части 80 га;
- малоэтажное 1020 тыс.м² - 29% от нового строительства 200 га;

– индивидуальное многоквартирное с участками – 1770 тыс.м² – 50% от нового строительства 1240 га.

Ленинский район:

Вдоль Рабочая ул. и ул. Юрина от ул. Малахова до ул. Островского будет проведение работ по освобождению заселённых земель в частном секторе населённого пункта, для строительства новых многоэтажных жилых комплексов, а также общественных застроек. (л19)

Индустриальный район:

На территории индустриального района планируется образование новых жилых кварталов с развитой инфраструктурой. Условная граница территории находится от Просторная улица вдоль Павловского тракта на запад до железнодорожного полотна. (нов И26,27,28)

На территории прилегающая к улицам Павловский тракт, Власихинская, Малахова, которая условно разделена на 3 транспортных района (И12,И1,И2), будет осуществляться строительство новых жилых многоэтажных жилых комплексов, а также общественных застроек.

На территории вдоль Тракторная ул, ул. Попова, Южный пр-д граничащие с железнодорожным полотном, будут производиться старательство коммунально-складских организаций, промышленных предприятий, а также ГТУ ТЭЦ И ГРС, что способствует к увеличению рабочих мест. (и8, и9)

Вдоль ул. Малахова и 2-я Северо-Западная ул. от Ул.42-й Краснознаменной Бригады до ул. Антона Петрова будет проведение работ по освобождению заселённых земель в частном секторе населённого пункта, для строительства новых многоэтажных жилых комплексов, а также общественных застроек.

Октябрьский район:

На территории от Красноярской улицы до береговой линии согласно генеральному плану будет произведена постройка речного вокзала, коммунально- складских комплексов, а также зданий общественного назначения. (о19)

Железнодорожный район:

Почти на всей территории Железнодорожного района будет проведение работ по освобождению заселённых земель в частном секторе населённого пункта, для строительства новых многоэтажных жилых комплексов, а также зданий общественного назначения. Индивидуальные застройки с участками планируется сохранить вдоль ул. Советской Армии от 2-я Северо-Западная ул. до ул. Телефонная, а также вдоль ул. имени А. Юрина от 2-я Северо-Западная ул. до ул. Телефонная.

Центральный район:

В Центральном районе начиная от Октябрьского и Железнодорожного района до реки Барнаулка планируется проведение работ по освобождению заселённых земель в частном секторе населённого пункта, для строительства новых многоэтажных и малоэтажных жилых комплексов, а также зданий общественного назначения.

В микрорайоне Затон планируется строительство индивидуальных застроек с участком, а также малоэтажных домов и зданий общественного назначения.

Для перспективных периодов 2025 и 2035 гг. были оценены и введены в модель показатели транспортных районов, такие как численность населения, численность рабочих мест.

5.2 Развитие транспортной инфраструктуры

Общей целью предлагаемых Генеральным планом мероприятий по развитию транспортной инфраструктуры является устойчивое развитие муниципального образования «Город Барнаул», смежных муниципальных образований и Алтайского края в целом на основе повышения статуса Барнаульского транспортного узла в международных и национальных транспортных сетях, взаимоувязанного развития всех видов транспорта в узле, рационального сочетания строительных преобразований транспортных сетей и функционального зонирования городских территорий.

В основу планирования градостроительных мероприятий в рамках Генерального плана положены следующие позиции:

- максимальное использование уникального геоэкономического положения Барнаульского транспортного узла на основе взаимовыгодного объединения общегосударственных, региональных, муниципальных и частных интересов в развитии отдельных объектов транспортной системы,

- приоритетное развитие инфраструктуры, обеспечивающей пассажирские перевозки на связях с деловыми и рекреационными центрами федерального значения,

- комплексное развитие всех видов транспортной инфраструктуры на основе применения международных стандартов качества обслуживания пассажирских и грузовых перевозок, включая внутригородскую транспортную систему.

Целевые показатели развития транспортной инфраструктуры:

- 1) Транспортная инфраструктура должна быть рассчитана на обслуживание населения городского округа - 675 тыс. чел. и временного населения в 30 тыс. чел. при росте подвижности на всех видах городского пассажирского транспорта к 2025 году по отношению к 2005 году в 1,2 раза.

2) Градостроительные преобразования должны способствовать приоритетному развитию пассажирского транспорта общего пользования. Развитие улично-дорожной сети и сети пассажирского транспорта общего пользования должны обеспечить повышение безопасности и надежности всех видов передвижений, снижение негативного воздействия транспорта на среду жизнедеятельности до уровней, предусмотренных национальными и международными стандартами,

3) Объекты внешней транспортной инфраструктуры должны рассчитываться с учетом роста подвижности на внешних видах пассажирского транспорта не менее чем в 2 раза к 2025 году, причем рост объема перевозок воздушным транспортом будет происходить более высокими темпами. Следует ожидать не менее чем 2-кратный рост объема передвижений на пригородном и междугороднем автобусном транспорте.

4) Сооружения инфраструктуры внешнего грузового транспорта следует рассчитывать исходя из 2-х кратного роста грузооборота в Барнаульском транспортном узле. Основная масса грузов, требующих хранения с особыми температурными условиями (не менее 30 процентов грузов), должна обрабатываться на терминальных логистических комплексах.

5) Сооружения хранения и обслуживания индивидуального автомобильного транспорта должны рассчитываться на уровень автомобилизации не менее, чем в 300 авт./1000 жит. к 2015 году и 400 авт./1000 жит. к 2025 году;

6) Улично-дорожная сеть и пассажирский транспорт общего пользования должны обеспечивать передвижения по городской территории со средними затратами времени не более 35-40 минут для 80-90 процентов населения.

Магистральная улично-дорожная сеть города имеет ряд серьезных недостатков, влияющих на качество городской среды для проживающего населения. К числу таких недостатков относятся:

- отсутствие целостной системы магистралей непрерывного движения, позволяющих существенно сократить время при трудовых поездках населения периферийных районов в центр города и в отдаленные городские районы, приблизив этот показатель к нормативным затратам времени;
- отсутствие дублеров основных городских магистралей, что приводит к чрезмерной концентрации транспортных потоков на ограниченном числе главных магистралей города, вследствие чего уровни их загрузки намного превышают рекомендуемые параметры;
- несоответствие ширины ряда главных магистралей города их существующей загрузке;

- недостаточное количество искусственных транспортных сооружений – путепроводов и развязок в разных уровнях в наиболее напряженных транспортных узлах, что существенно снижает пропускную способность магистральной сети города;
- недостаточное количество внеуличных пешеходных переходов, особенно в периферийных районах, что приводит к многочисленным ДТП в местах наибольшей концентрации жилой и общественной застройки вдоль напряженных транспортных магистралей;

В качестве основных стратегических задач дальнейшего преобразования существующей улично-дорожной сети следует принять:

- продолжение формирования основного транспортного каркаса города, состоящего из магистралей общегородского значения непрерывного движения, магистралей общегородского значения с улучшенными условиями движения, магистралей общегородского значения регулируемого движения и частично из магистральных дорог;
- реконструкция улично-дорожной сети в зоне городского центра;
- подключение к основному транспортному каркасу улично-дорожной сети, формируемой в районах новой застройки и улучшение связей периферийных районов с центром города;
- повышение связности улично-дорожной сети путем строительства искусственных транспортных сооружений – мостов, путепроводов и транспортных развязок в разных уровнях.

Результаты расчетов с использованием построенной транспортной модели приведены в пункте 6.

6. КАРТОГРАММЫ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

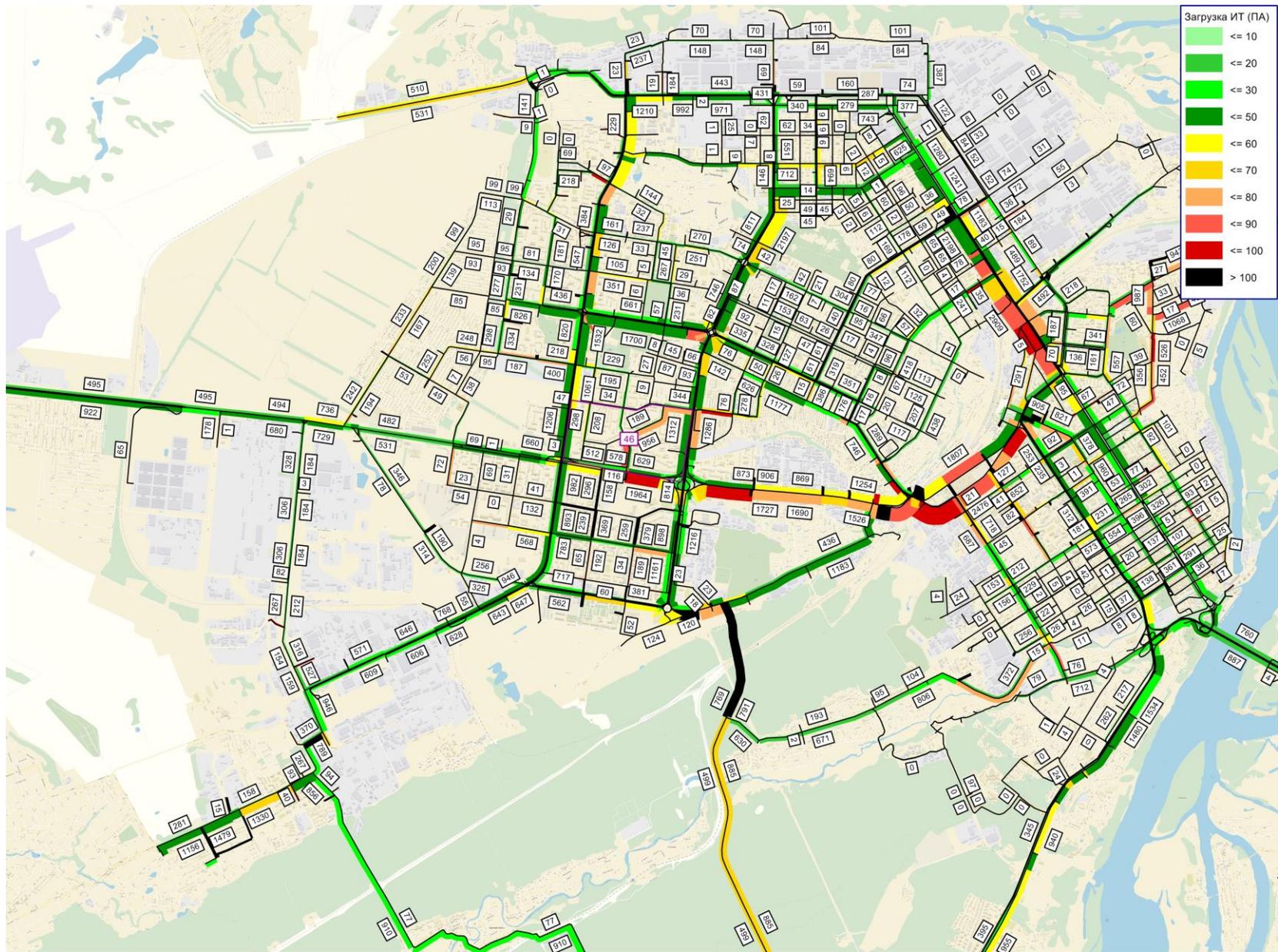


Рисунок 6.1 – Картограмма расчетной существующей интенсивности движения автотранспорта и уровня загрузки движением, утренний час пик будни

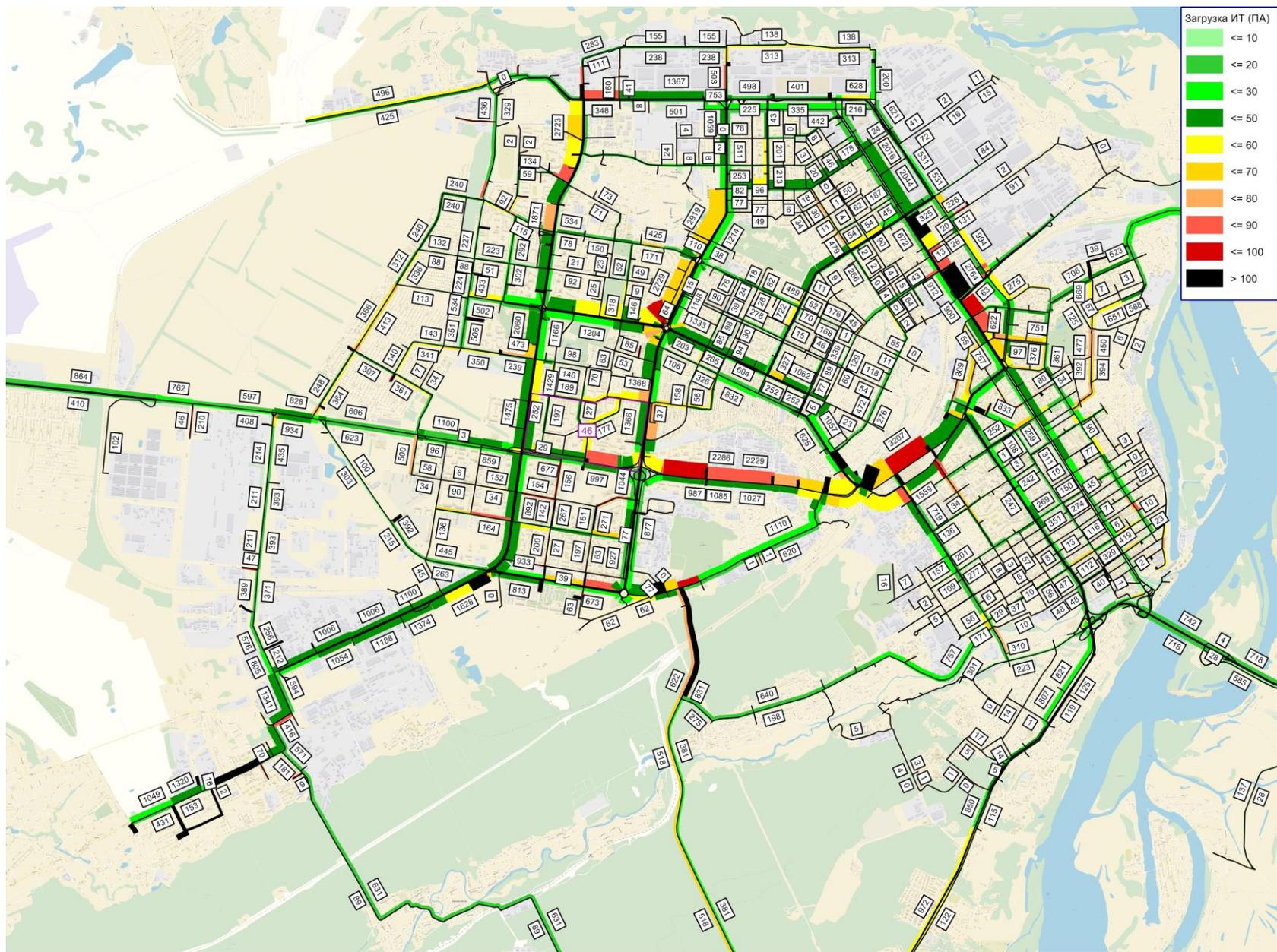


Рисунок 6.2 – Картограмма расчетной существующей интенсивности движения автотранспорта и уровня загрузки движением, вечерний час пик будни

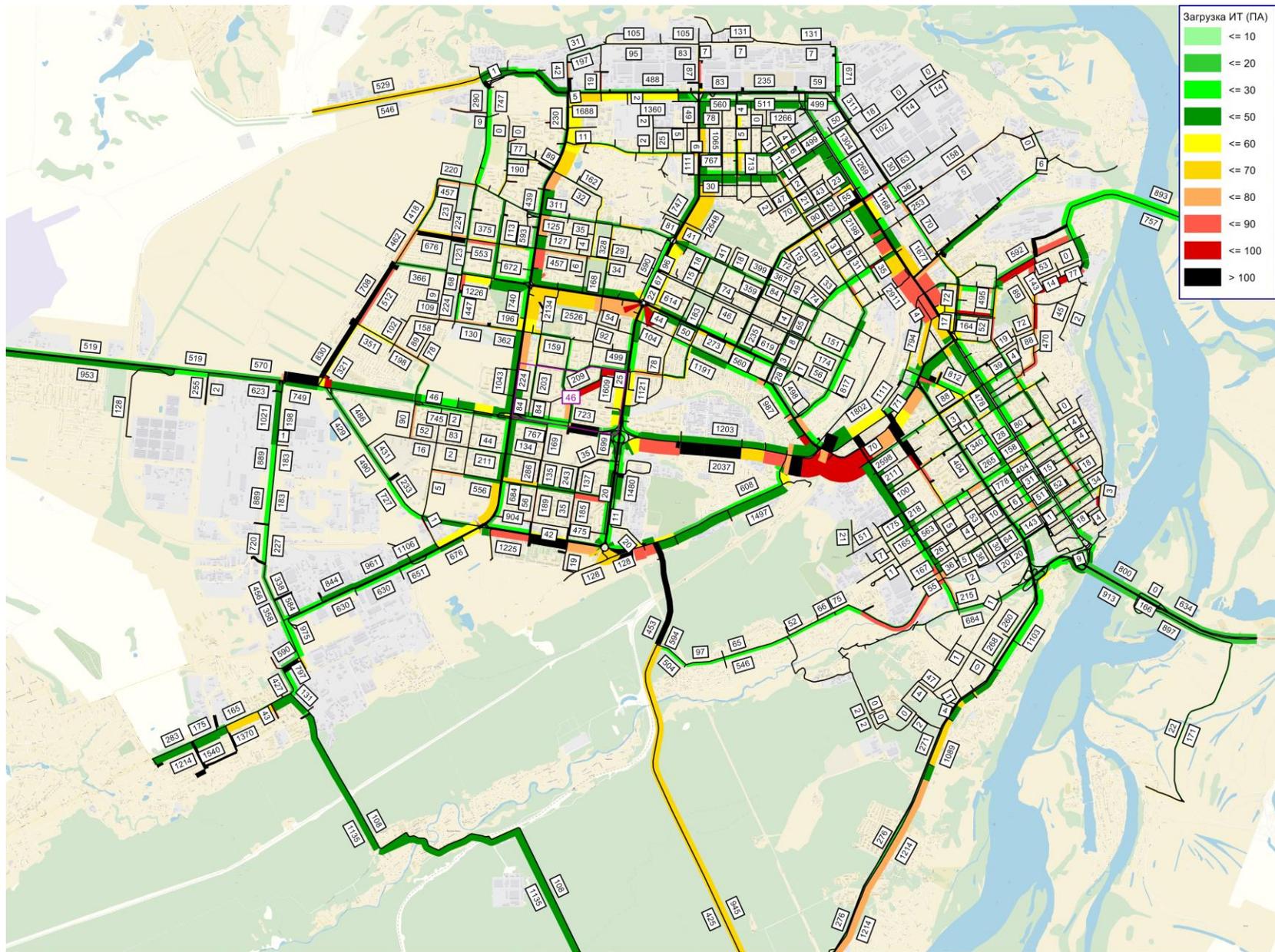


Рисунок 6.3 – Картограмма перспективной расчетной интенсивности движения автотранспорта и уровня загрузки движением (2025г.),
утренний час пик будни

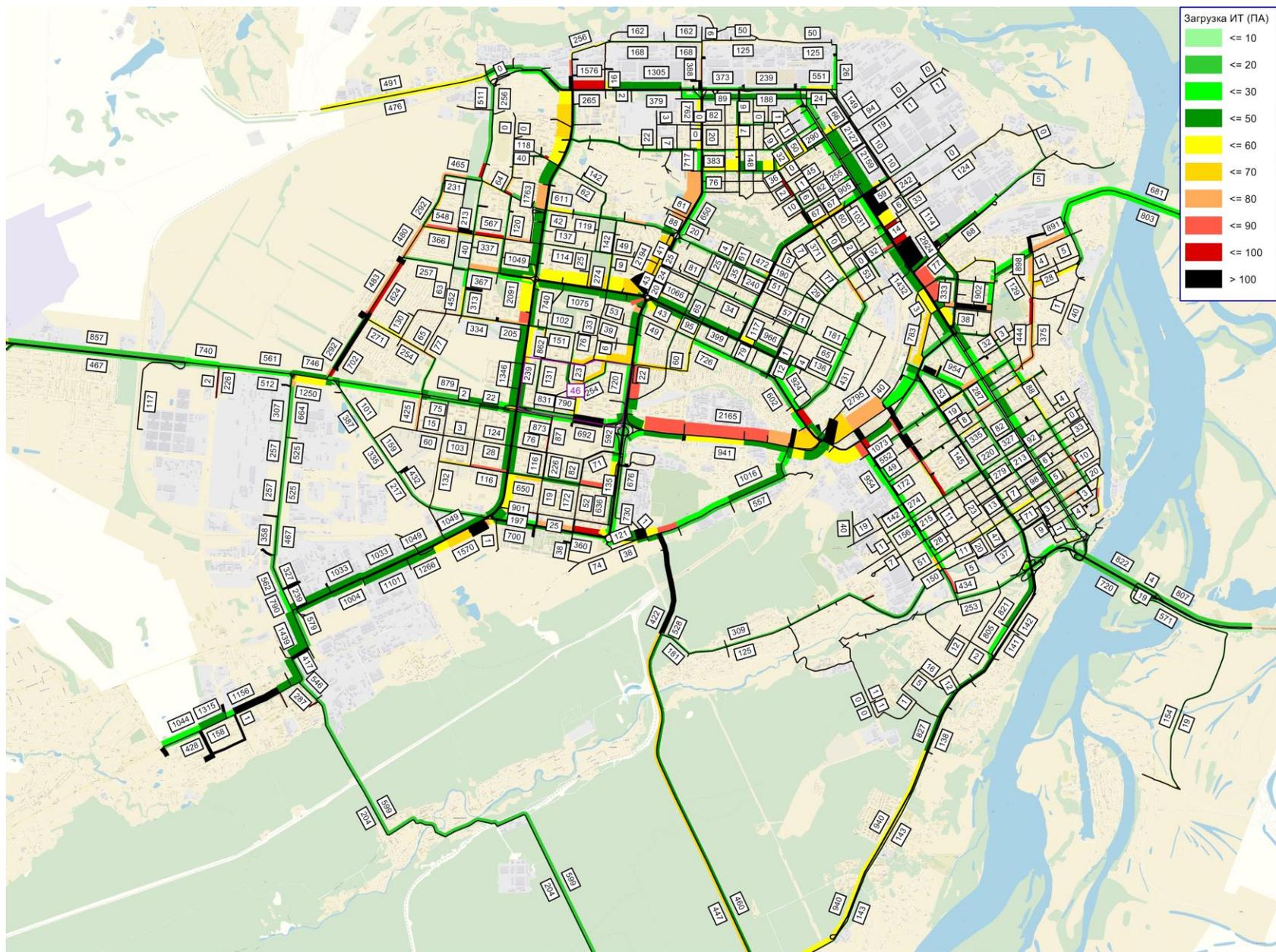


Рисунок 6.4 – Картограмма перспективной расчетной интенсивности движения автотранспорта и уровня загрузки движением (2025г.), вечерний час пик будни

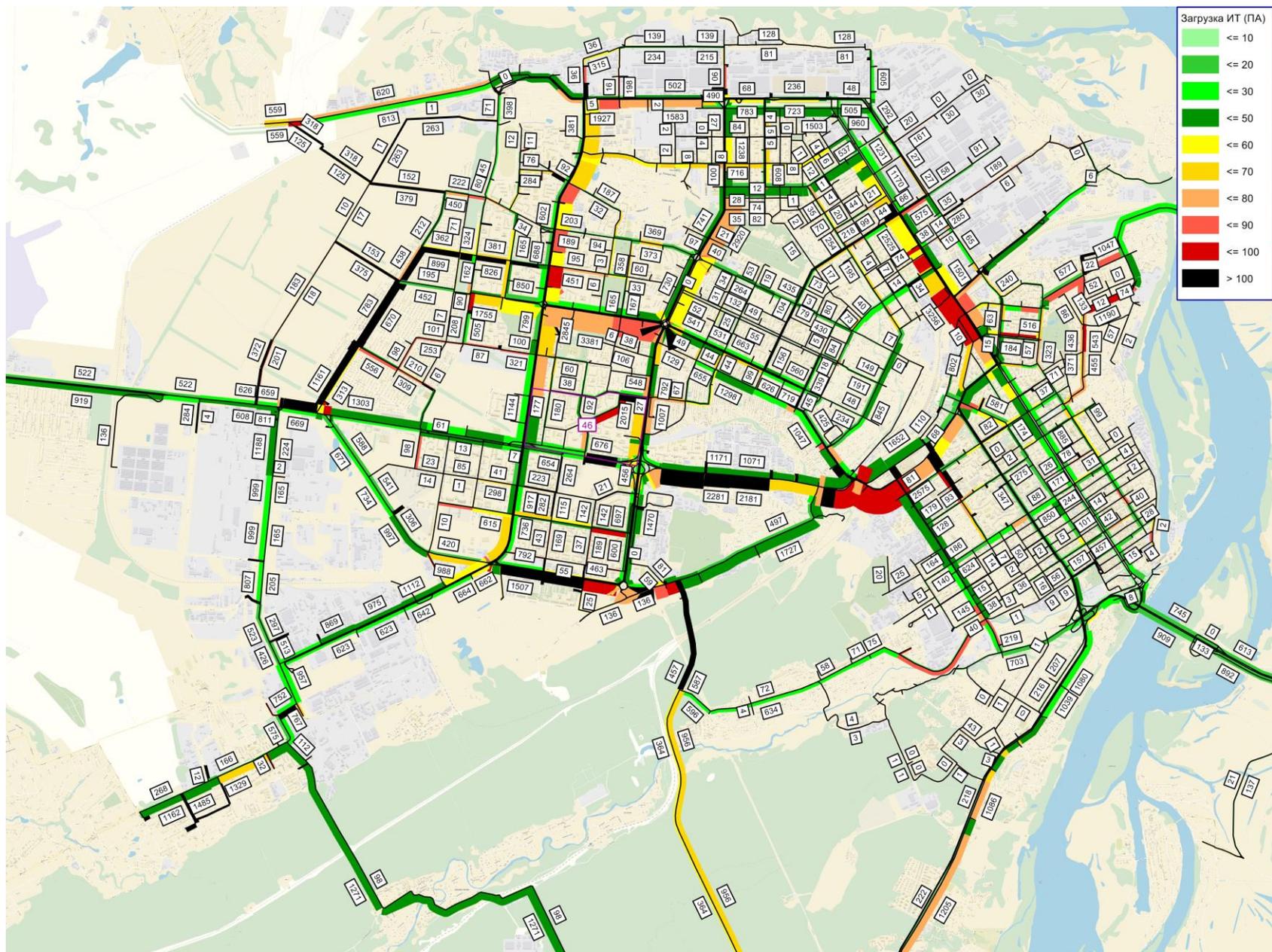


Рисунок 6.5 – Картограмма перспективной интенсивности движения автотранспорта и перспективной интенсивности движения (2035г.),
утренний час пик будни

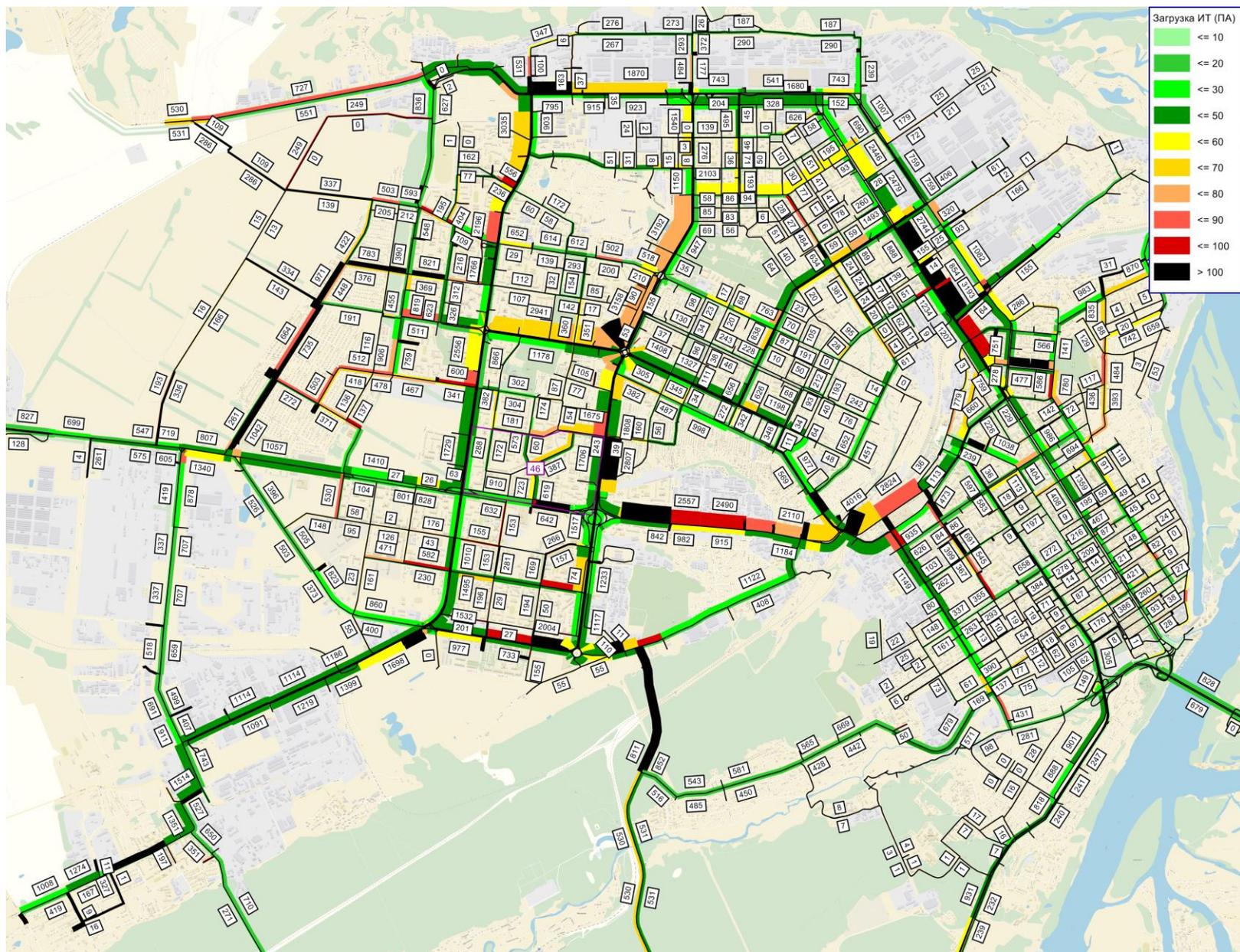


Рисунок 6.6 – Картограмма перспективной интенсивности движения автотранспорта и перспективной интенсивности движения (2035г.), вечерний час пик будни

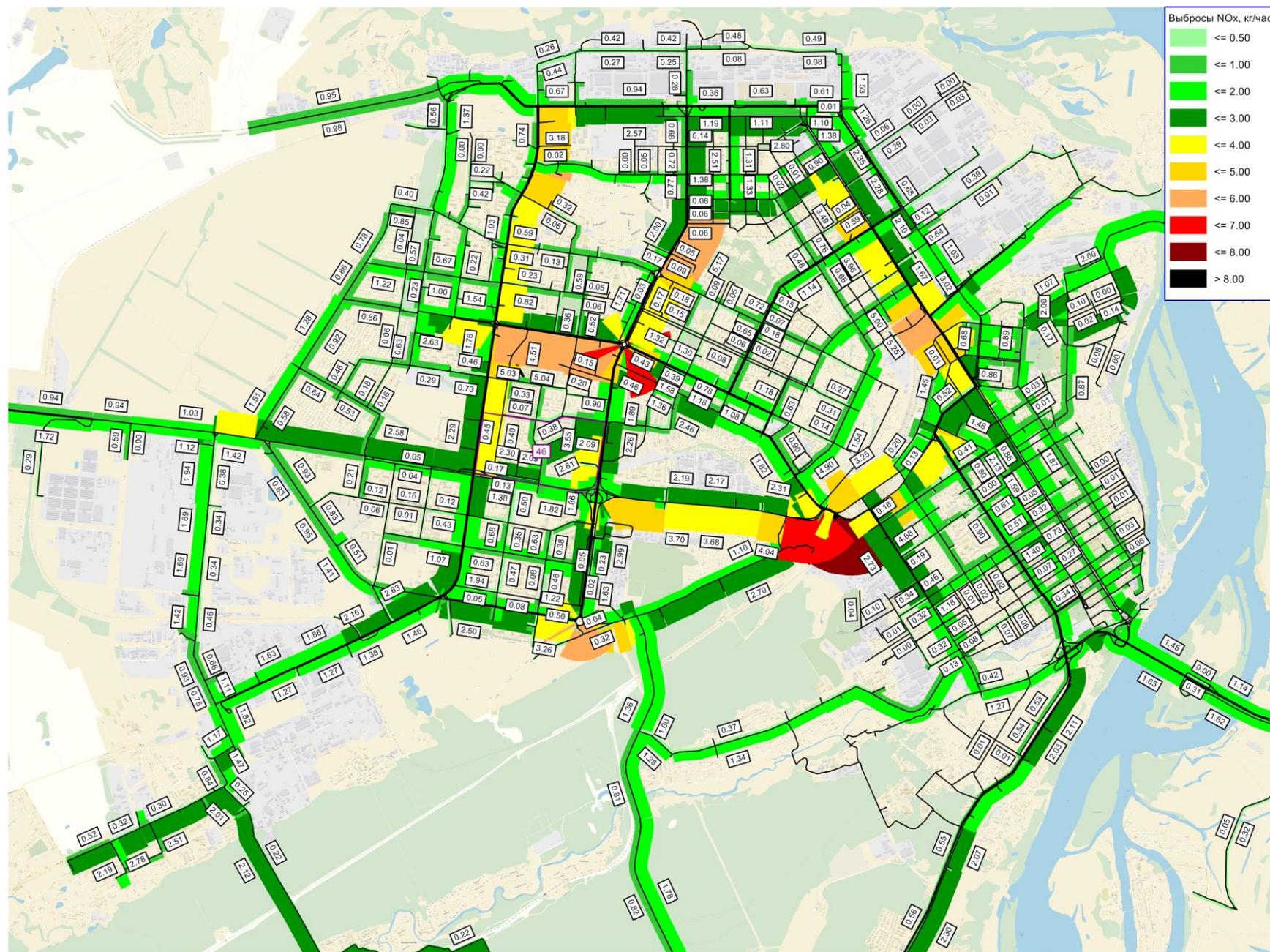


Рисунок 6.7 – Картограмма перспективного объема выбросов NOx (час пик, 2025г.)

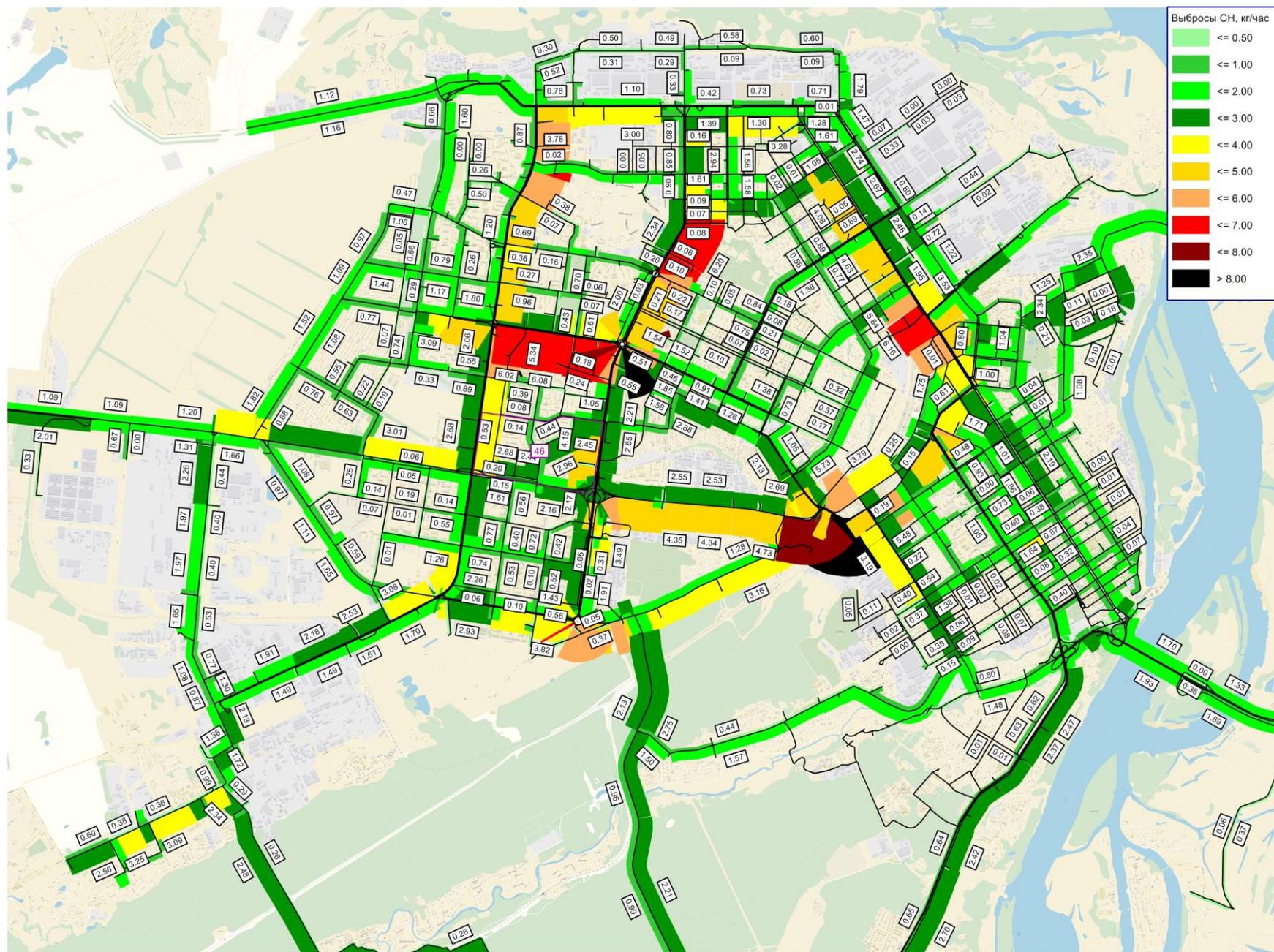


Рисунок 6.8 – Картограмма перспективного объема выбросов СН (час пик, 2025г.)

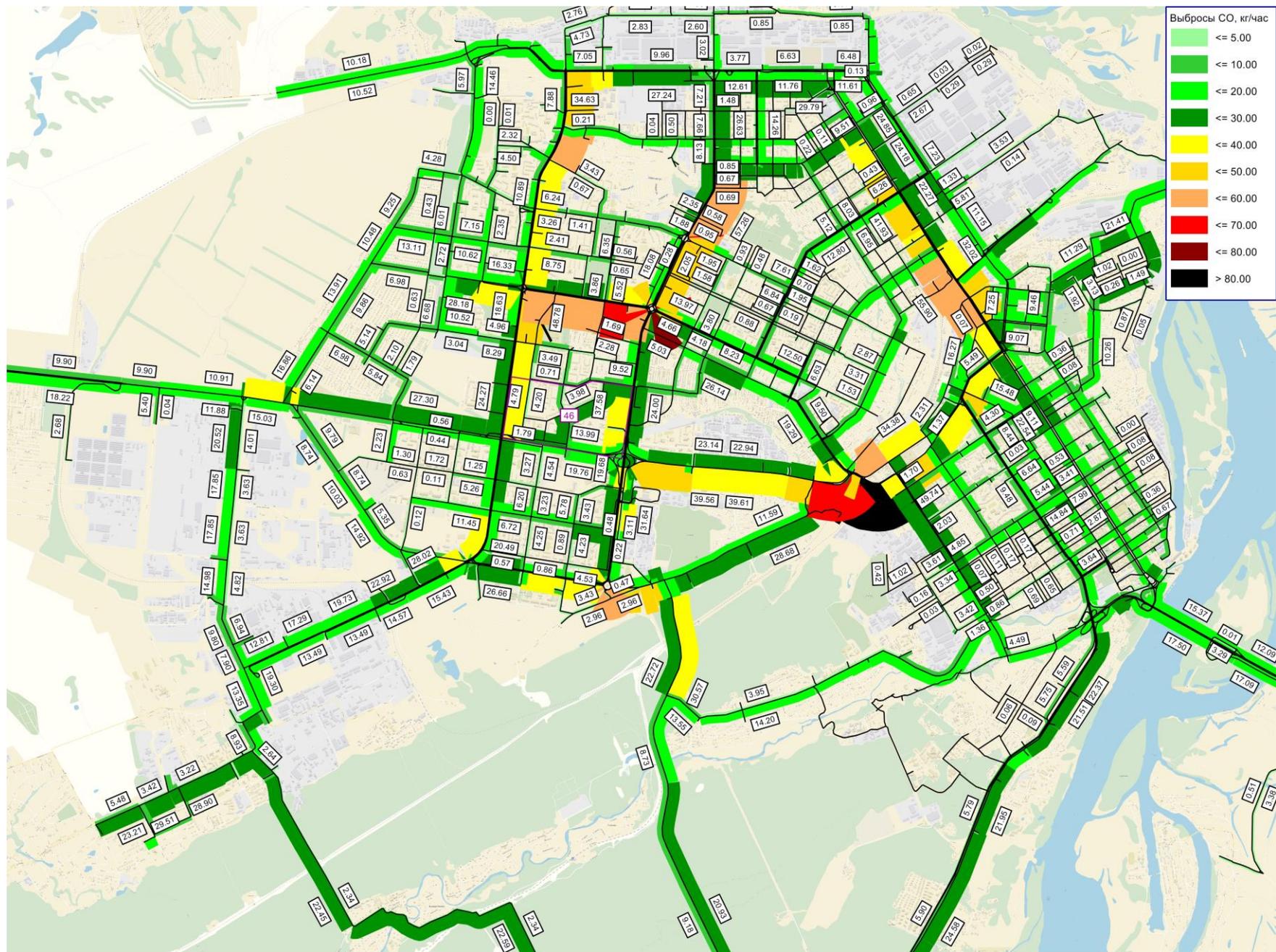


Рисунок 6.9 – Картограмма перспективного объема выбросов CO (час пик, 2025г.)

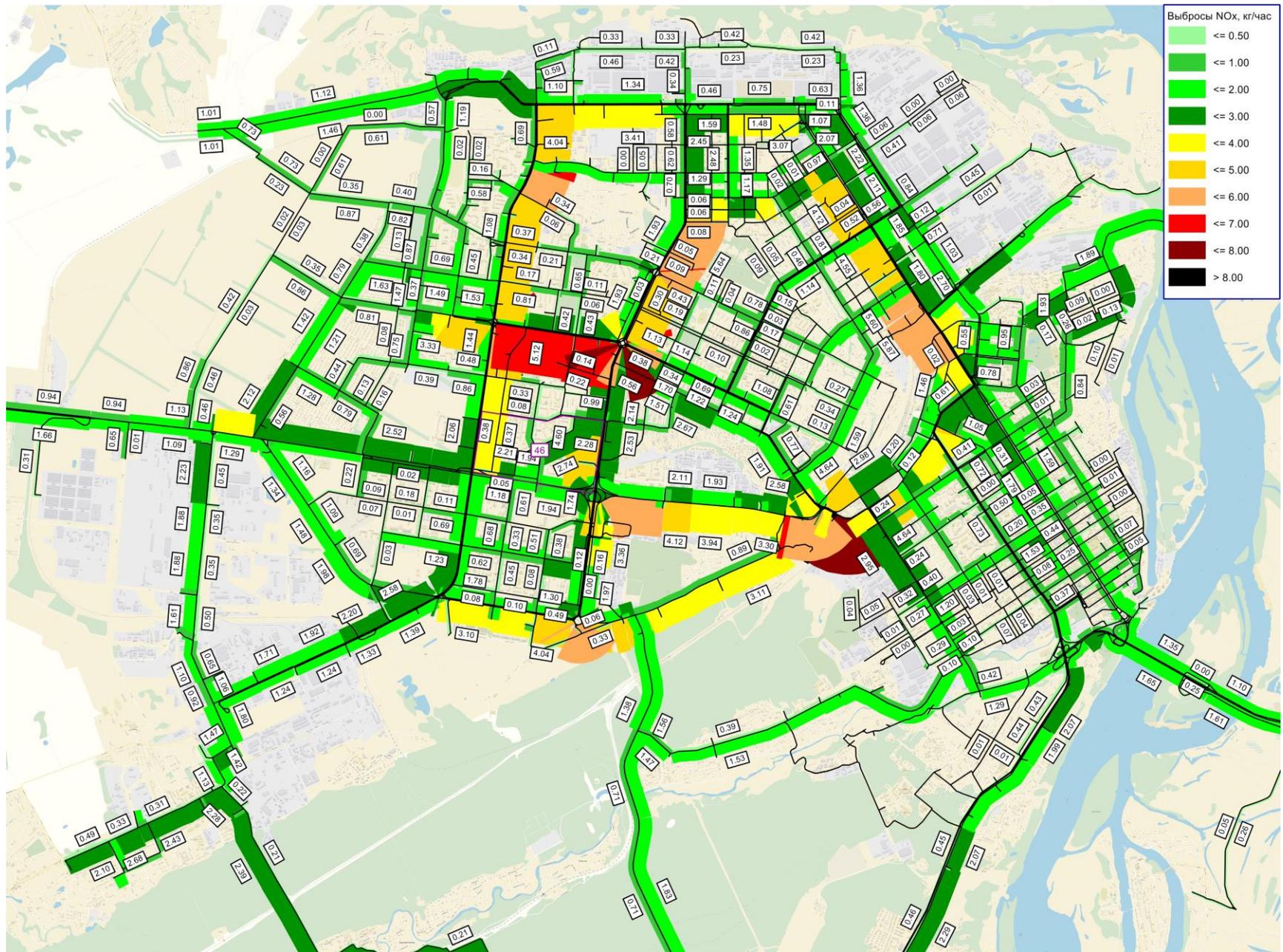


Рисунок 6.10 – Картограмма перспективного объема выбросов NOx (час пик, 2035г.)

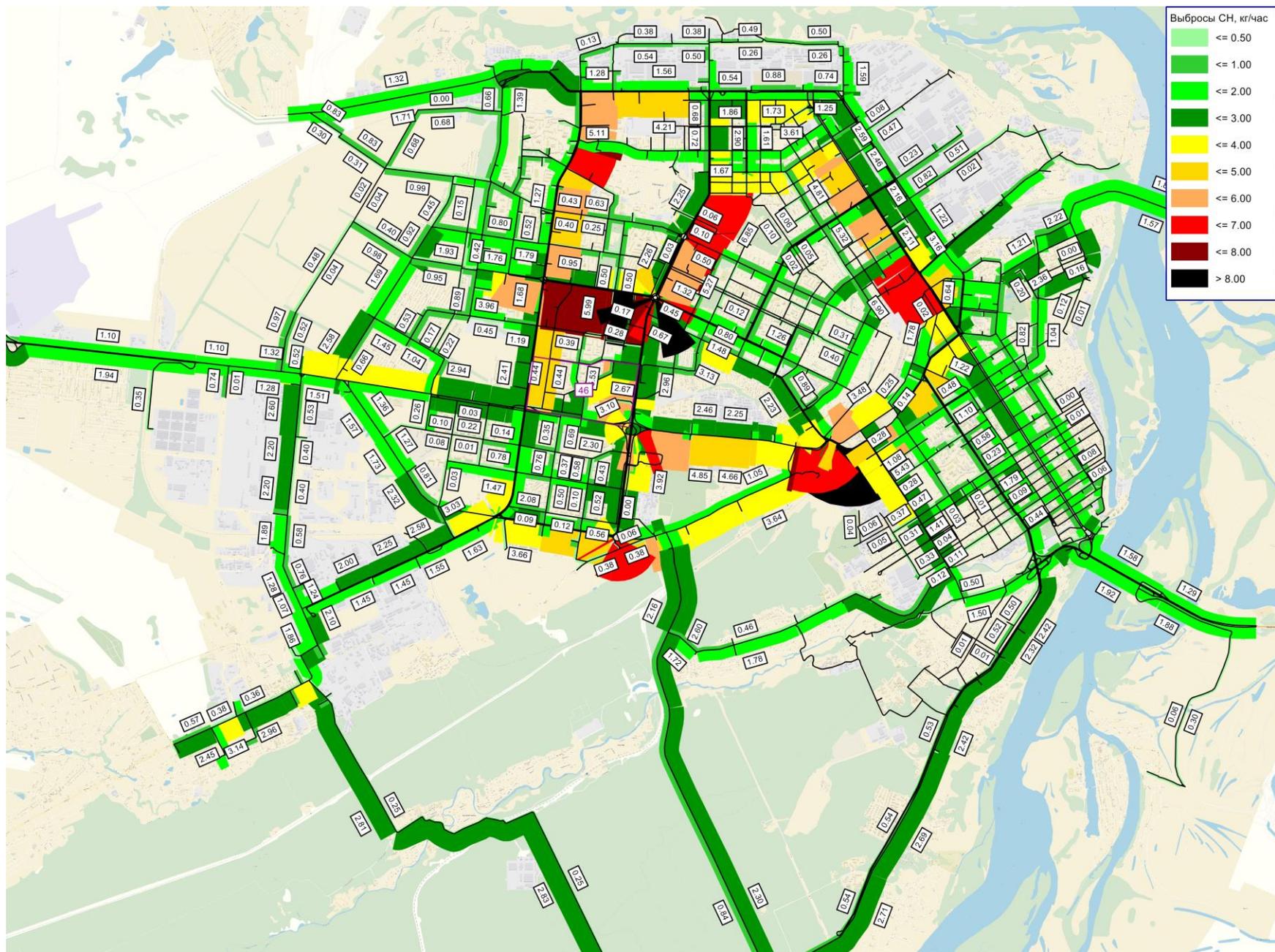


Рисунок 6.11 – Картограмма перспективного объема выбросов СН (час пик, 2035г.)

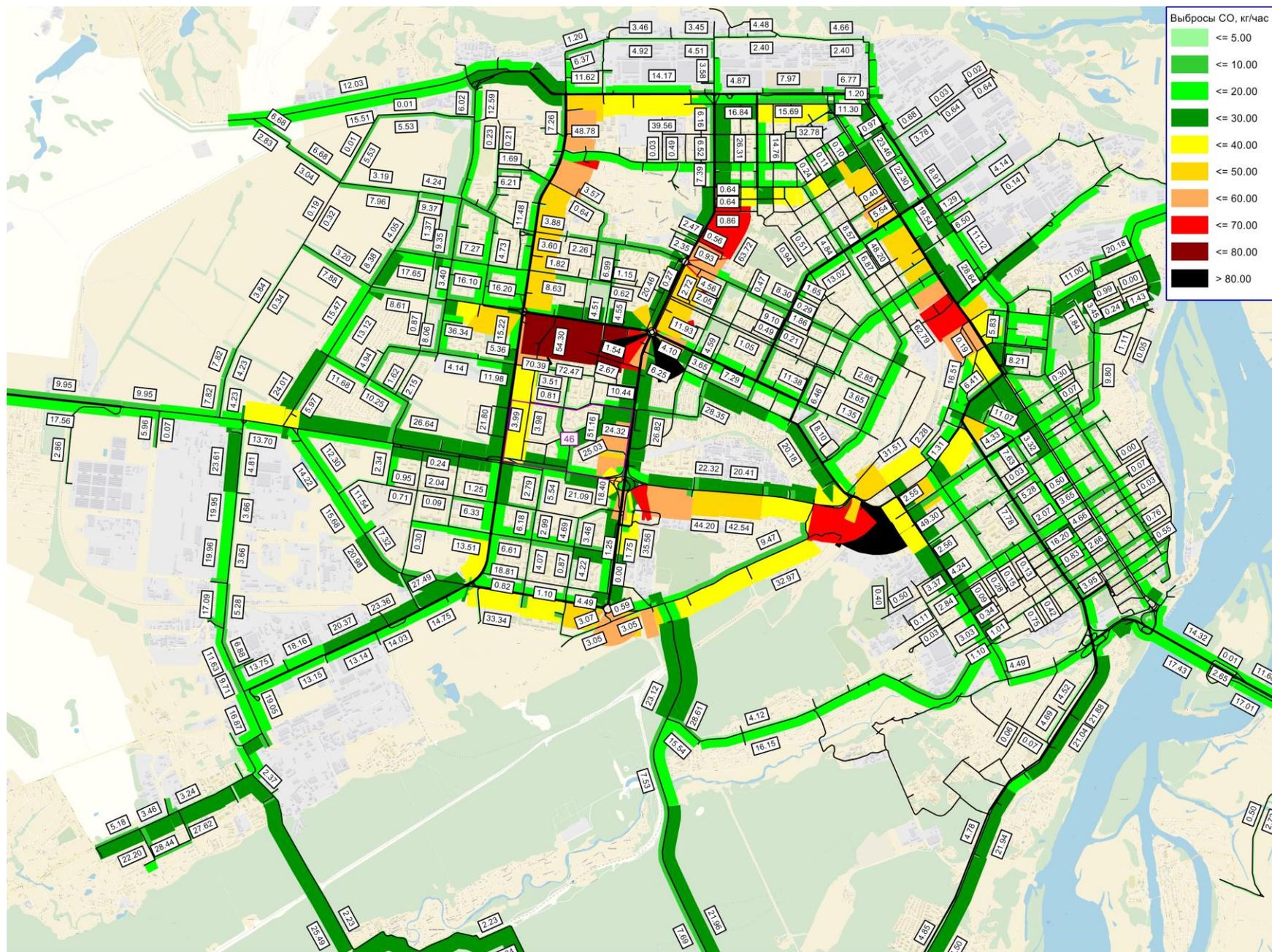


Рисунок 6.12 – Картограмма перспективного объема выбросов CO (час пик, 2035г.)

Выводы:

В результате транспортного макро моделирования были оценены основные параметры работы транспортной сети при реализации разработанных мероприятий в рамках КСОДД. Для дальнейшего расчета эффектов используются результаты моделирования транспортных потоков:

- интенсивность движения;
- скорость движения;
- структура транспортного потока.

Из полученных результатов моделирования можно сделать вывод, что предложенный комплекс мероприятий в целом позволит поддержать работоспособность транспортной сети на приемлемом уровне при ожидаемом территориальном развитии города, росте численности населения и соответствующем росте спроса на поездки. Однако существуют известные ограничения в возможностях развития дорожной сети и оптимизации организации дорожного движения на городской территории, что вызывает необходимость применения мероприятий из категории управления спросом. Такие мероприятия включают в себя административное, фискальное и другие виды регулирования транспортного поведения жителей городов с целью сокращения объемов перемещений особенно в пиковые часы. Разработка таких мероприятий выходит за рамки КСОДД и требует предварительной разработки транспортной и градостроительной стратегии.

Среднесрочная перспектива 2025 год.

На среднесрочную перспективу сохранятся некоторые трудности в сообщении между Центральным и Железнодорожным районом, поскольку не предусматривается создание новых связей через железнодорожные пути кроме двух существующих – пр. Строителей и пр. Ленина. Также вследствие роста спроса из-за преобразования индивидуальной жилой застройки в многоэтажную усложняются условия движения на основных магистралях Индустриального и Ленинского районов: ул. Попова, ул. Малахова, ул. Антона Перова. Разработанные мероприятия позволят в значительной степени снизить негативные эффекты роста нагрузки и поддержать среднюю скорость перемещения по сети на достаточном уровне. Для еще большего снижения уровня задержек необходимо сосредоточить внимание на перечисленных проблемных участках при разработке систем автоматизированного управления дорожным движением, а также перспективных подсистем Интеллектуальных транспортных систем.

Долгосрочная перспектива 2035 год.

На долгосрочную перспективу при принятых допущениях и гипотезах относительно территориального развития города и сохранении существующих тенденций транспортного поведения жителей, а также неизменности структуры систем и видов транспорта ожидается еще большее усложнение условий дорожного движения. Еще больше возрастет нагрузка на связях Центрального и Железнодорожного районов. На магистралях проходящих по территории Индустриального и Ленинского районов нагрузка будет возрастать.

В современных условиях при прогнозировании на долгосрочную перспективу следует принимать во внимание крайне высокий уровень неопределенности в сценариях будущего развития транспортных систем городов. В настоящее время наблюдается ряд нарастающих тенденций, способных существенно изменить структуру и параметры транспортных систем. Среди указанных тенденций: урбанизация, требующая пересмотра стратегий транспортного обслуживания городских территорий; «диджитализация», позволяющая осуществлять управление на качественно ином уровне; автоматизация управления транспортными средствами, открывающая совершенно иные возможности организации работы транспортных систем; экономика совместного пользования ресурсами, и др. Все это требует переосмысления традиционных подходов и повышения частоты пересмотра действующих стратегий и планов развития.

Таким образом, разработанные мероприятия позволят сохранить работоспособность транспортной сети города Барнаул на приемлемом уровне на среднесрочную перспективу, однако для повышения качества транспортного обслуживания в долгосрочной перспективе потребуются пересмотр существующих подходов и разработка стратегии развития транспортного комплекса с учетом новых реалий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проработки данного раздела получена транспортная модель г. Барнаула, которая учитывает различные системы транспорта: легковой грузовой (различной массы) и общественный транспорт (как фоновый). Модель разработана на три временных периода – краткосрочный (2018-2019 гг., текущая ситуация), до 2025 года и с перспективным развитием до 2035 года, что позволит проработать различные варианты концепции КСОДД (в частности по развитию УДС).

В данном разделе также проведен анализ существующих тенденций развития города в части УДС, также проанализированы градостроительные материалы и сформирован перечень строительства и реконструкции транспортных объектов на период с 2018 – 2035 гг., учитываемых в транспортной модели.

Описан процесс построения микромоделей ключевых транспортных узлов.