

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

Основная идея работы заключается в оценке экологического неблагополучия на урбанизированных территориях через воздействие техногенной среды на квазиприродную (атмосфера, осадки, почвы и растения).

Современный город – это сложный социально-экономический организм, формируемый демографическими, экономическо-географическими, инженерно-строительными и архитектурными факторами. С антропоэкологических позиций город – это, прежде всего очень плотная и динамическая человеческая популяция в созданной ею самой искусственной среде. То есть, город необходимо рассматривать в качестве наивысшей формы организации жилища человека (экосистемы). С другой стороны город – это наиболее сложный из созданных человеком социально – экономических комплексов. В городе-экосистеме, созданной человеком, он выступает первым системообразующим звеном, а другим выступает географическая среда. [1] Их взаимодействие формирует городскую территорию и специфическую природно-антропогенную среду. Поэтому важен комплексный анализ техногенных и физико-географических процессов, происходящих на урбанизированных территориях.

Нами предлагается модель анализа взаимодействия между техногенными и физико-географическими процессами, происходящими в городской экосистеме. Анализ предусматривает следующие этапы (рисунок 1). [2]

На первом этапе город изучается как техногенная среда, то есть выявляются источники загрязнения окружающей среды, находящиеся на территории города, и определяются компоненты природной среды, наиболее подверженные загрязнению. Затем территория города или его часть оценивается как техногенная среда, представленная основными источниками загрязнения этой территории (автотранспорт, автомобильные дороги и промышленные предприятия), и определяется совокупная мощность выбросов этих источников.

По мнению многих авторов, в настоящее время, наиболее подвержена загрязнению атмосфера, а через нее другие природные среды (вода и почва). Воздействие на качество атмос-

феры города стационарных источников загрязнения оценивается, в первую очередь, через количество примесей, выбрасываемых в атмосферный воздух. Поэтому необходимо определить массу загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух территории предприятия. Эта информация может быть получена на основе экологических паспортов предприятий, в которых расчет количества выбросов в атмосферный воздух проведен по методике РД 52.04.253-90.

После оценки количества выбросов примесей, загрязняющих атмосферный воздух территории, рассчитываются категории опасности этих веществ (КОВ). КОВ рассчитываются для того, чтобы провести ранжирование вредных примесей, выбрасываемых в атмосферу стационарными источниками, и определить приоритетное вещество-загрязнитель. КОВ учитывает токсичность примеси и класс опасности загрязняющих веществ и определяется по формуле: [3, 4]

$$\text{КОВ} = \left(\frac{M_i}{\text{ПДК}_i} \right)^{\alpha_i}, \text{ м}^3/\text{с}, (\text{мг}/\text{с}:\text{мг}/\text{м}^3) \quad (1)$$

где M_i – количество выбросов i -ой примеси в атмосферу, мг/с;

ПДК_i – среднесуточная ПДК i -го вещества в атмосфере населенного пункта, мг/м³ (принимаются по СН-245-71);

α_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -го вещества с вредностью диоксида серы. Значения для токсикантов 1, 2, 3 и 4 класса опасности соответственно равны: 1,7; 1,3; 1,0; 0,9. [5]

По КОВ, выбрасываемых в атмосферу предприятием, определяется категория опасности предприятия (КОП). Значения КОП необходимы для ранжирования стационарных источников загрязнения атмосферы и определения приоритетного источника выбросов в городе. КОП учитывает суммарную массу выбросов вредных веществ в атмосферу от предприятия, приведенную к одному классу опасности и определяется по формуле:

$$КОП = \sum_{i=1}^n КОВ, \tag{2}$$

где n – количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием.

Таким образом, КОВ и КОП позволяют провести ранжирование примесей в атмосфере каждого предприятия и определить вклад каждого предприятия в общее загрязнение атмосферного воздуха. При ранжировании категория опасности источника определяется в соответствии с таблицей 1.

Воздействие выбросов от передвижных источников загрязнения атмосферы оценивается через количество примесей, выбрасываемых в атмосферу от автотранспортных средств (АТС). Для этого по интенсивности движения АТС определяется количество выбросов примесей в атмосферу от потока автомобилей по формуле:

$$M_{ij} = m_{ij} \cdot L_{\text{общ}}^N \cdot 10^{-6}, \text{ т/сез.} \tag{3}$$

где m_{ij} - приведенный пробеговый выброс i-го загрязняющего вещества j-тым типом АТС (легковые, грузовые бензиновые, грузовые дизельные, автобусы бензиновые, автобусы дизельные), г/км, $m_{ij} = m_i \cdot K_{\pi i} \cdot K_{\tau i}$; [6, 7, 8]

m_i – пробеговый выброс i-го загрязняющего вещества транспортным средством, г/км; [6, 7, 8]

$K_{\pi i}$ – коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов; [6, 7, 8]

$K_{\tau i}$ – коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс i-го загрязняющего вещества; [6, 7, 8]

$L_{\text{общ}}^N$ - суммарный годовой пробег автомобилей по данной улице, который является функцией времени, интенсивности и скорости движения АТС, км/сез.

Суммарный годовой пробег каждого типа автомобилей определяется суммированием пробегов автомобилей, прошедших по данной улице за сезон по формуле: [8]

$$L_{\text{общ}}^N = \sum_t L \cdot N_{\text{сез}}^N = \sum_t L \cdot (N_y + N_d + N_b + N_n) \cdot t \cdot n, \text{ км/сез.} \tag{4}$$

где L – длина улицы, км;

$N_{\text{сез}}^N$ - число автомобилей, прошедших по

Таблица 1. Граничные условия для ранжирования источников выбросов по категории опасности [3, 4]

Категория опасности источника выбросов	Значения КОП (КОУ), м ³ /с
I	КОП (КОУ) ≥ 31,7 · 10 ⁶
II	31,7 · 10 ⁶ > КОП (КОУ) ≥ 31,7 · 10 ⁴
III	31,7 · 10 ⁴ > КОП (КОУ) ≥ 31,7 · 10 ³
IV	КОП (КОУ) < 31,7 · 10 ³

данной улице за сезон. Расчет количества АТС проводится по составу транспортного потока, его интенсивности в разное время суток (утро, день, вечер, ночь) и в разные сезоны года (зима, лето, весна, осень). Подсчет осуществляется во временном промежутке в один час;

n – количество дней в сезоне;

t – время, 6 часов.

В качестве комплексного показателя, характеризующего качество атмосферы на улице любого назначения, используется категория опасности улицы (КОУ, таблица 1), которая определяется через категории опасности автомобиля (КОА) и качественные характеристики автомобильной дороги (КОД):

$$КОУ = КОА + КОД. \tag{5}$$

Под КОА понимается объемная скорость генерирования примесей от всего автомобильного транспорта, находящегося на территории промышленного города. КОА определяется по формуле: [9]

$$КОА = \sum_i^n \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i} = \sum_i^n КОВ_i, \text{ м}^3/\text{с} \tag{6}$$

где M_i – масса выбросов i-ой примеси в атмосферу от автомобильного транспорта, мг/с; n – количество примесей, выбрасываемых АТС.

Взаимодействие автомобиля и дороги сопровождается выбросами пыли, а пылеобразование на дорогах количественно оценивается через КОД, которая определяется по формуле:

$$КОД = \frac{M_n}{ПДК_n}, \text{ м}^3/\text{с} \tag{7}$$

где M_n – количество пыли в воздухе улицы, мг/с.

По КОП и КОУ определяется категория опасности города (КОГ), которая даст нам некоторый условный объем загрязненного воздуха за единицу времени от всех источников примесей, находящихся на территории города, разбавленный до санитарно-гигиенических норм и приведенный к одной токсичности.

КОГ рассчитывается по формуле:

$$КОГ = \sum_{i=1}^n КОП + \sum_{j=1}^m КОУ, \quad (8)$$

где n и m – соответственно, количество предприятий и улиц, находящихся на территории города;

Таким образом, КОГ характеризует атмосферу города лишь через учитываемые выбросы, но без оценки влияния метеоусловий и рельефных характеристик местности на характер их распределения.

На втором этапе территория города или его часть рассматривается как квазиприродная среда, то есть оцениваются физико-географические процессы, протекающие на исследуемой территории (рисунок 1). Эти процессы используются для оценки и прогноза качества атмосферы урбанизированных территорий в различных метеорологических ситуациях. Причем способность территории к рассеиванию и поглощению веществ-загрязнителей следует рассчитывать для трех разных метеорологических ситуаций: для продолжительного штиля (0-1 м/с), для ветреной погоды и для погоды с

осадками. Оценка вероятности установления различных метеоусловий проводится по данным гидрометеорологических центров промышленных городов как частное от деления промежутка времени с данными погодными условиями на общее время.

Для оценки способности исследуемой территории к рассеиванию примеси предлагается определить категорию опасности территории (КОТ), в которую заложен определенный экологический смысл – это емкость приземного слоя атмосферы данной территории, рассчитанная с учетом кинетики диффузии.

Для ветреной погоды (конвективная диффузия) КОТ, в которой рассеивается примесь при стандартных экологических условиях, зависит от скорости ветра и рассчитывается по формуле: [10, 11]

$$КОТ = \sum_{i=1}^n q^{\alpha} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{V_c}{t} \right)^{\alpha} = \sum_{i=1}^n \left([0,5\pi R_{\Gamma}^2 + (2R_{\Gamma} + v_{дt}) v_{вт}] \cdot h_{в} / t \right)^{\alpha}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (9)$$

где n – число примесей, находящихся в атмосферном воздухе;

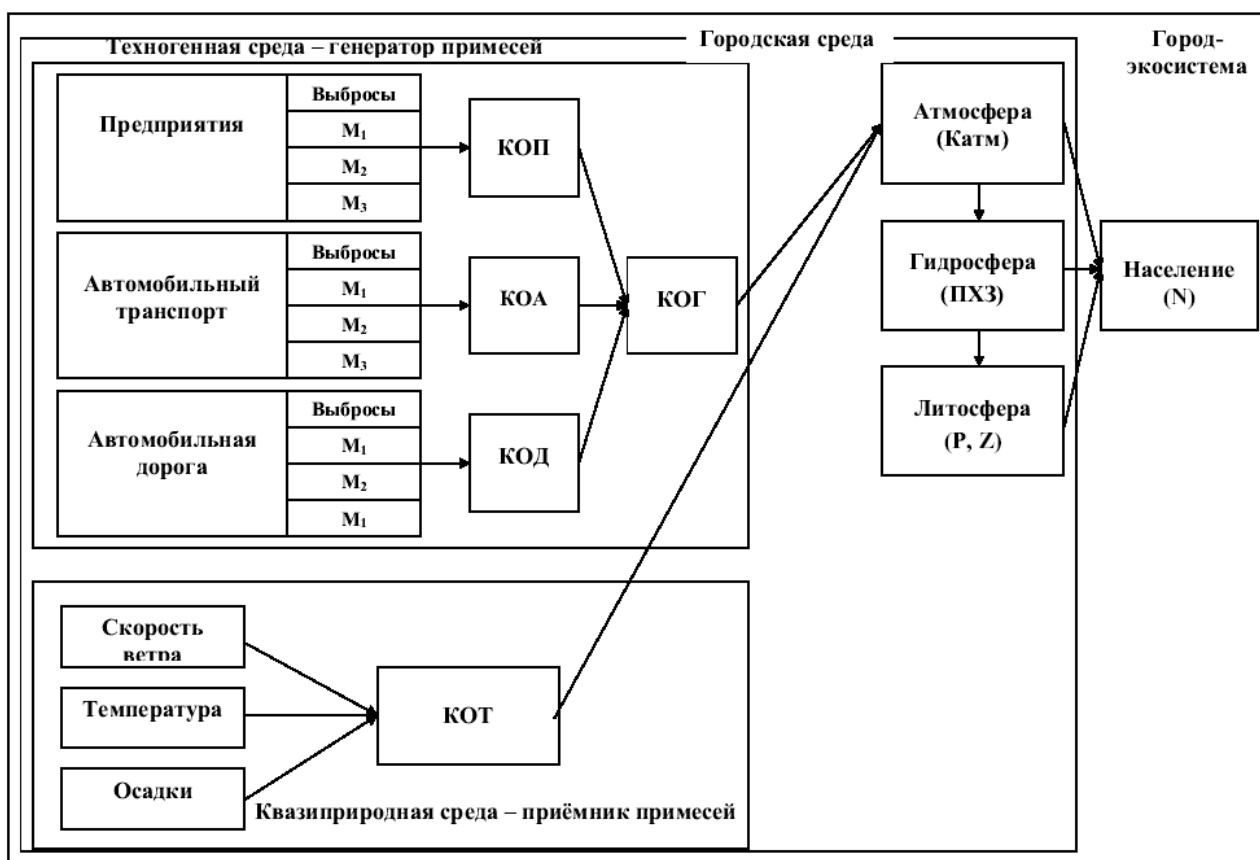


Рисунок 1. Модель взаимодействия между техногенными и физико-географическими процессами, происходящими в городской экосистеме

q – объемная скорость перемещения примеси, $q^\alpha = \left(\frac{V_c}{t}\right)^\alpha$, м³/с; [10]

α – степень, соответствующая классу опасности примесей, присутствующих в атмосфере исследуемой территории (формула (1), (6));

V_c – объем воздушной среды, в котором распределяются примеси в ветреную погоду, $V_c = [0,5\pi R_\Gamma^2 + (2R_\Gamma + v_d t) \cdot v_b t] \cdot h_b$, м³; [11]

t – время протекания диффузионного процесса (рассеивания примеси в атмосфере), $t=3 \text{ ч}=1,08 \cdot 10^4 \text{ с}$; [10]

R_Γ – радиус территории, м;

v_d – скорость диффузии, $v_d=0,01 \text{ м/с}$; [10]

v_b – скорость ветра, м/с ($v_b=1 \text{ ч}10 \text{ м/с}$);

h_b – высота приземного слоя атмосферы, в котором происходит распространение примеси, $h_b=100 \text{ м}$; [10]

Для молекулярной диффузии КОТ рассчитывается по формуле, которая учитывает продолжительность штиля: [11]

$$\begin{aligned} \text{КОТ} &= \sum_{i=1}^n q^\alpha = \sum_{i=1}^n \left(\frac{V_c}{t}\right)^\alpha = \\ &= \sum_{i=1}^n \left(\frac{\pi(R_\Gamma + v_d t)^2 \cdot h_b}{t}\right)^\alpha, \text{ м}^3/\text{с} \end{aligned} \quad (10)$$

где V_c – объем воздушной среды, в котором распределяются примеси в условиях штиля, $V_c = \pi(R_\Gamma + v_d t)^2 \cdot h_b$, м³. [11]

t – время протекания диффузионного процесса (для штиля $t=3 \text{ ч}15 \text{ ч}$). [10]

Таким образом, КОТ должна использоваться в качестве второго основного параметра, дающего прогнозную оценку качества воздушной среды исследуемой территории на основе существующих данных об источниках загрязнения среды и о метеоусловиях в ней.

На третьем этапе оценивается воздействие техногенной среды на атмосферу через изменение качества атмосферы, то есть определяются критерии и параметры, характеризующие качество атмосферного воздуха города (рисунок 1). Для этого определяются метеоусловия, наиболее характерные для исследуемой территории и рассчитывается критерий, характеризующий качество атмосферы ($K_{\text{атм}}$), который представляет собой отношение категории опасности города к категории опасности территории:

$$K_{\text{атм}} = \frac{\text{КОГ}}{\text{КОТ}} \quad (11)$$

Таблица 2. Характеристика атмосферного воздуха по значениям $K_{\text{атм}}$ [4]

Характеристика атмосферного воздуха	Величина критерия качества атмосферы, $K_{\text{атм}}$	
	минимальная	максимальная
1. Условно чистая	-	<0,3
2. Относительно удовлетворительная ситуация (ОУС)	0,3	1
3. Зона критических нагрузок (ЗКН)	1	4
4. Зона чрезвычайной экологической ситуации (ЧЭС)	4	8
5. Зона экологического бедствия (ЗЭБ)	>8	-

По значениям $K_{\text{атм}}$ проводится картирование территории города по экологическому благополучию городской среды, используя данные таблицы 2.

При прогнозе состояния атмосферы города для метеоусловий, отличных от характерных, значения $K_{\text{атм}}$ могут быть уточнены с учетом вероятности различных метеорологических ситуаций:

$$K_{\text{атм}} = V_b \cdot K_b + V_{\text{шт}} \cdot K_{\text{шт}} \quad (12)$$

где $V_b, V_{\text{шт}}$ – вероятности установления в атмосфере разных погодных условий (ветра и штиля);

$K_b, K_{\text{шт}}$ – критерии качества атмосферы, рассчитанные для ветра и штиля.

На четвертом этапе оцениваются масштабы воздействия городской среды на население города (рисунок 1). Причем оценки разделены на две составляющие: первая оценка касается определения площади территории с экологическим неблагополучием, а вторая – определения численности населения, проживающего на жилой территории с той или иной экологической ситуацией. Численность населения, проживающего на территории с экологическим неблагополучием, определяется с использованием данных о плотности населения и о площади территории с экологическим неблагополучием.

Наиболее сильное воздействие на население города оказывает техногенная среда при молекулярной диффузии. При рассеивании примеси в условиях штиля расстояние, на которое распространяются примеси от исследуемого источника выбросов, рассчитывается по формуле: [3, 10]

$$R_1 = R_0 + v_{\text{диф}} \cdot t, \text{ м} \quad (13)$$

где R_0 – радиус исследуемого источника выбросов, м.

t – время протекания диффузионного процесса (штиля), $t=3 \text{ ч}15 \text{ ч}$. (формула 10);

v_d – скорость диффузии, $v_d = 0,01$ м/с (формула 10).

В условиях молекулярной диффузии (штиль) территория, над которой расположится облако с загрязняющими веществами, будет иметь форму полусферы с площадью основания [3, 10]

$$S_{м.д.} = \pi R_1^2 = \pi(R_0 + v_{диф} \cdot t)^2 \quad (14)$$

Далее определяется расстояние, на которое распространяются примеси от исследуемого источника выбросов в условиях конвективной диффузии (ветренная погода). При рассеивании примеси в ветреную погоду она распространяется на расстояние [3, 10]

$$L_{к.д.} = v_B \cdot t, \quad (15)$$

где v_B – скорость ветра, м/с ($v_B = 1 \cdot 10$ м/с).

При наличии ветреной погоды форма облака с загрязняющими веществами будет иметь более сложный вид, а площадь территории, над которой оно расположится, определяется по формуле: [3, 10]

$$S_{тер} = \frac{1}{2}S_0 + S_k + S_{трап}, \quad (16)$$

где S_0 – площадь источника загрязнения, равная кругу с радиусом R_0 ;

S_k – площадь полу-усеченного конуса (такую форму будет иметь шлейф перемещающейся примеси);

$S_{трап}$ – площадь трапеции (такую форму приобретает облако при длительном перемещении).

Численность населения, проживающего на территории с экологическим неблагополучием, рассчитывается по формуле:

$$N = S \cdot p \quad (17)$$

где p – плотность населения, проживающего на исследуемой территории.

Таким образом, величина критерия качества атмосферы территории может служить основой для прогнозной оценки экологического неблагополучия атмосферного воздуха урбанизированных территорий.

На последнем этапе данной модели проводится косвенная оценка воздействия техногенной среды на природную через нагрузки на гидросферу (атмосферные осадки) и литосферу. Для этого рассчитываются показатели химического загрязнения осадков (ПХЗ) и почвы (Z_c), а также суммарные экологические нагрузки (Р) загрязняющих веществ [5]. С помощью этих параметров по существующим классификаци-

ям также устанавливается экологическое благополучие городской среды.

О степени загрязнения атмосферных осадков можно судить по интегральным показателям, а именно по коэффициенту концентрации загрязняющего вещества, представляющему собой отношение концентрации примеси в осадках на данной территории к ее фоновому значению (K_{Ci}).

$$K_{Ci} = \bar{C}_i / C_{ф} \quad (18)$$

ПХЗ представляет собой сумму коэффициентов концентрации загрязняющих веществ в атмосферных осадках, и соответствие с критериями оценки экологической обстановки территорий [5], экологическая ситуация классифицируется следующим образом: относительно удовлетворительная ситуация (ОУС: ПХЗ=1), зона критических нагрузок (ЗКН: ПХЗ=1-50), зона чрезвычайной экологической ситуации (ЧЭС: ПХЗ=50-100), зона экологического бедствия (ЗЭБ: ПХЗ>100, таблица 3).

Вещества, загрязняющие атмосферный воздух, попадая с атмосферными осадками на подстилающую поверхность, загрязняют территорию. Это загрязнение оценивается значением экологической нагрузки: [13]

$$P_{Г.сум} = \sum_{i=1}^n 10^{-3} \cdot \bar{C}_i \cdot Q_{Г}, \text{ т/км}^2 \cdot \text{год} \quad (19)$$

где \bar{C} – средняя концентрация i -го загрязняющего вещества в атмосферных осадках, мг/л;

$Q_{Г}$ – количество осадков, выпавших в течение года, мм/год.

Суммарные экологические нагрузки загрязняющих веществ за год включают две составляющие: суммарные экологические нагрузки загрязняющих веществ за холодный и теплый периоды года. Таким образом, экологические нагрузки загрязняющих веществ являются одним из параметров, характеризующих воздействие атмосферного воздуха на исследуемую территорию. Суммарные экологические нагрузки по всем загрязняющим веществам являются косвенным критерием качества территории города. При этом оценка воздействия загрязнения на территорию города осуществляется по таблице 4.

$$K = P_{Г.сум} / P_{ф} \quad (20)$$

Далее, по коэффициентам превышения экологических нагрузок, представляющих со-

бой отношение наблюдаемых экологических нагрузок примесей к фоновым значениям, определяют стадию трансформации экосистемы по таблице 5.

Выбросы вредных веществ в атмосферу воздействуют на почву. Для оценки степени загрязнения почв используют суммарный показатель химического загрязнения почв (Z_c), который рассчитывают по формуле [5]

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{ci} - (n-1), \quad (21)$$

где K_{ci} – концентрация i -ой примеси в почве, мг/кг;

n – число определяемых примесей в почве.

О качестве атмосферного воздуха также можно судить и по рН почвы (таблица 6).

Расстояние, на которое распространяются зоны экологического неблагополучия, полученные по вышеуказанным критериям (таблица 6), определяется по формуле: [2]

$$L_{Э.нб.} = L_1 \cdot P_1 + L_2 \cdot P_2 + L_n \cdot P_n \quad (22)$$

где L – расстояние, на котором были отобраны пробы, м;

P – повторяемость зон экологического неблагополучия на данном расстоянии.

Площадь зон экологического неблагополучия, образуемых на территории промышленного города: [2]

$$S_{Э.нб.} = S_1 - S_2 \quad (23)$$

где S_1 – площадь исследуемого источника выбросов вместе с санитарно-защитной зоной и зоной экологического неблагополучия;

S_2 – площадь исследуемого источника выбросов вместе с санитарно-защитной зоной.

О степени загрязнения травянистых растений можно судить по коэффициенту концентрации тяжелых металлов, представляющему собой отношение наблюдаемого содержания загрязняющего вещества в траве к его фоновому значению: [13]

$$K = \bar{C} / C_{\phi} \quad (24)$$

где \bar{C} – концентрация примеси в растительных биоценозах, мг/кг;

C_{ϕ} – фоновая концентрация примеси в растительных биоценозах, мг/кг.

Для определения экологического состояния города и выбора приоритетных примесей используется суммарный коэффициент превышения фоновых значений тяжелых металлов 1 и 2 классов опасности в вегетативной и корневой частях растений (таблица 5): [13]

Таблица 3. Критерии оценки степени химического загрязнения атмосферных осадков по Показателю химического загрязнения (ПХЗ) [5]

	Экологическая ситуация			
	ЗЭБ	ЧЭС	ЗКН	ОУС
ПХЗ	>100	50-100	1-50	1

Таблица 4. Оценка качества территории по экологическим нагрузкам [13]

Значения экологической нагрузки, $R_{г.сум.}$, т/км ² -год	Характеристика территории
0-50	Сравнительно чистая территория
50-100	Умеренно чистая территория
100-200	Сильно загрязнённая территория
>200	Территория с превышением предельно допустимой нагрузки

Таблица 5. Стадии трансформации экосистемы города [13]

Значения коэффициента превышения экологических нагрузок, К (Кс)	Стадия трансформации экосистемы
1,5-2,7	Стадия выпадение чувствительных видов
2,7-4,0	Стадия структурных перестроек экосистемы
6,0-7,0	Стадия частичного разрушения экосистемы
>10	Стадия полного разрушения (коллапса) экосистемы

Таблица 6. Критерии оценки степени химического загрязнения почвы [5]

Показатели	Параметры			
	ЗЭБ	ЧЭС	ЗКН	ОУС
рН почвы	5,0-5,6	5,7-6,5	6,5-7,0	>7,0
Показатель химического загрязнения почвы, Z_c	>128	32-128	16-32	<16

$$K_c = K_{c1} + \dots + K_{cn}, \quad (25)$$

где n – число определяемых элементов,

K_{ci} – коэффициент концентрации i -го загрязняющего компонента по сравнению с фоном.

Для оценки экологического состояния растительных биоценозов территории использован также показатель фитотоксичности (Φ), который представляет собой отношение фоновых показателей роста и развития растений к наблюдаемым. Расчет фитотоксичности может проводится по нескольким показателям морфологической угнетенности, а именно: длине корня (Φ_1), высоте стебля (Φ_2) и площади листовой пластинки (Φ_3).

Экологически неблагоприятные территории можно рассматривать как биогеохимические провинции с резкими изменениями хими-

ческого состава компонентов окружающей среды. Эти провинции могут быть не только природного, но и техногенного происхождения. Их оценку производят по биогеохимическому показателю, который определяется через содержание химических элементов в укусах растений и растительных кормах (по превышению МДУ): [13]

$$Гс = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{МДУ_i}, \quad (26)$$

где C_i – концентрация i – ой примеси в растительном биоценозе, мг/кг

$Гс$ – биогеохимический показатель загрязнения территории;

$МДУ_i$ – максимально допустимый уровень химического вещества в растении, мг/кг.

Исходя из показателей фитотоксичности листовой пластины растений (Φ) и биогеохимического показателя, можно провести также ранжирование урбанизированной территорий (таблица 7) [13].

Таблица 7. Критерии экологического состояния растительности

Показатели	Характеристика состояния растительности		
	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительная ситуация
Фитотоксичность	>2	1,4-2,0	<1,1
Биогеохимический показатель	>10	5-10	1,1-1,5

Таким образом, для полной оценки города – экосистемы или его фрагмента необходимо оценить как техногенную, так и квазиприродную среды, изучить их взаимодействие и установить масштабы воздействия городской среды на население урбанизированных территорий. Полученные результаты исследований могут быть использованы для оценки и прогноза качества сред урбанизированных территорий, их ранжирования по качеству воздуха, осадков, почв и растений, а также для выработки рекомендаций и технических решений по их оптимизации.

Список использованной литературы:

1. Лихачев Э.А. Город-экосистема.// Под ред. Тимофеева Д.А., Москва: Медиа-Пресс, 1997.
2. Байтелова А.И. Оценка и прогноз качества атмосферного воздуха урбанизированной территории, прилегающей к сложным площадным источникам выбросов примесей// Диссертация на соиск. уч. степ. к.т.н.-25.00.36. Оренбург. 2004.-199с.
3. Борисова Л.Б. Исследование закономерностей формирования примесей в атмосфере промышленных городов и разработка решений по управлению ее качеством (на примере Оренбургской области). Дис. на соиск. уч. ст. кан. техн. наук – Оренбург, 2000.– 171с.
4. Охрана окружающей среды Оренбургской области: Информационно-аналитический ежегодник 2000. – Оренбург: ОГУ, 2000.-240с.
5. Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России. /Под ред. В.Ф. Протасова. – М.: Финансы и статистика, 1995.-528с.
6. Методика определения массы выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух. – М.: НИИАТ, 1993.
7. Методические указания по оценке воздействия на окружающую среду объектов транспортно– дорожного комплекса. – М.: НИИАТ, 1995.
8. Чекмарева О.В. Оценка и управление пылегазовыми выбросами от автомобильного транспорта в атмосферу промышленного города. Дисс. ... канд. техн. наук. – 25.00.36. Оренбург, 2002.
9. Цыгура А.А., Куксанов В.Ф., Бондаренко Е.В., Старокожева Е.А. Транспортно-дорожный комплекс и его влияние на экологическую обстановку города Оренбурга. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2002. – 164 с.
10. Старокожева Е.А., Борисова Л.Б. Оценка качества атмосферы территориально-производственных комплексов// Экология и промышленность России, 2001. №1. с. 23-26.
11. Тамошина О.А. Исследование процессов осаждения примесей осадками из атмосферного воздуха промышленного города (на примере городов Мордовии). Дисс. ... канд. техн. наук. -25.00.36. Оренбург, 2002.
12. Тарасова Т.Ф., Гарицкая М.Ю., Чаловская О.В., Панченко В.И. Комплексная оценка степени загрязнения растений придорожной территории улиц промышленного города. Вестник ОГУ. – 2002№3 – стр. 15-20.
13. Гарицкая М.Ю. Оценка экологического благополучия территории по состоянию растительных биоценозов. Дисс. ... канд. биол. наук. -03.00.66. Оренбург, 2004.