

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРЫ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА г. ОРЕНБУРГА)

Статья посвящена комплексной оценке качества атмосферного воздуха промышленных центров. Оценка проведена согласно критериям и параметрам, характеризующим изменение качества атмосферы промышленных городов, с учетом закономерностей распределения примесей в атмосфере, через выбросы загрязняющих веществ.

Вредные вещества, выбрасываемые стационарными и передвижными источниками загрязнения, попадая в атмосферу, рассеиваются или вымываются из нее осадками. При постоянном режиме выбросов вредных веществ, колебания уровней загрязнения атмосферного воздуха наблюдаются под влиянием условий переноса и рассеяния примесей в атмосфере [1]. Поэтому снижение концентраций примесей на исследуемой территории в целом зависит от возможных сочетаний метеорологических факторов. Чем точнее установлено это сочетание, тем надежнее будет осуществляться прогноз возможного накопления примесей в атмосфере. Следовательно, эффективность природоохранных решений для промышленно развитых территорий определяется не только полнотой контроля за объемом и составом выбросов, но и возможностью достаточно полного учета закономерностей распределения примесей в атмосфере [2]. С этой целью используют критерий качества атмосферы ($K_{\text{атм}}$) промышленного города, который определяется отношением скорости генерирования примеси в атмосферу к скорости ее рассеивания (накопления по территории) и рассчитывается по формуле

$$K_{\text{атм}} = \frac{\text{КОГ}}{\text{КОТ}}, \quad (1)$$

где КОГ – категория опасности города, $\text{м}^3/\text{с}$;

КОТ – категория опасности территории, $\text{м}^3/\text{с}$.

Причем, оценку и ранжирование территории промышленного города можно сделать при использовании ограничений, предложенных во «Временной методике отнесения территории к зонам экологического неблагополучия» (таблица 1) [3].

Рассмотрим изменение качества атмосферы на территории промышленного города на примере исследуемого площадного источника, расположенного в Промышленном районе г. Оренбурга. Территория этого площадного источника включает несколько точечных, стационарных и внеплощадочных источников загрязнения атмосферного воздуха непрерывного действия: пять предприятий пищевой промышлен-

ности и завод «Радиатор», приоритетными источниками выбросов вредных примесей на которых являются котельные. По территории этого района проходят также автомобильные улицы (Невельская, Цвиллинга, Пролетарская и Комсомольская) и железнодорожные пути.

В случае, когда на территории Промышленного района города Оренбурга стоит ясная погода, прогноз качества атмосферного воздуха должен проводиться с учетом механизмов рассеивания примеси в атмосфере. То есть изменение опасности территории происходит за счет диффузии примеси в объеме среды во времени (молекулярная диффузия) или за счет конвекции примеси со средой в пространстве. Молекулярную диффузию (штиль), в свою очередь, можно разбить на две составляющие: инверсионное движение воздушных масс ($v \rightarrow 0 \text{ м/с}$) как наиболее неблагоприятное погодное условие и перемещение воздушных масс в результате температурных стратификаций ($v = 0,1 - 1 \text{ м/с}$). По данным Оренбургского гидрометеоцентра для города характерны погодные условия с невысокой ветровой активностью (вероятность более 89%), повторяемость температурных стратификаций составляет 9,3%, а инверсий воздушных потоков – 1,0% (таблица 2). Поэтому проведенные нами прогнозные оценки будут касаться именно этих ситуаций.

Ветреная погода благоприятствует рассеиванию примеси в воздушном пространстве города, то есть это случай с конвективной диффузией, для которой расчет категории опасности территории и критерия качества атмосферы для воздушного пространства, прилегающего к данному площадному источнику, проводится исходя из следующих граничных условий [4]:

Таблица 1. Значение критерия качества атмосферы для территории, прилегающей к источнику

Характеристика атмосферного воздуха на территории	Величина критерия качества атмосферы	
	минимальная	максимальная
1. Условно чистая	–	<0,3
2. Напряженная	0,3	1
3. Критически нагруженная	1	4
4. Зона ЧЭС	4	8
5.ЗЭБ	>8	–

1. Вещество равномерно распределяется в приземном слое воздуха. Высота этого слоя зависит от степени вертикальной устойчивости атмосферы и при неблагоприятных метеоусловиях (НМУ) равна 100 м.

2. Объем воздушной среды, а значит, и территория загрязнения определяются механизмами рассеивания примеси в атмосфере:

– при наличии ветра скорость рассеивания изменяется в широких пределах $v_b (= 1,0-10 \text{ м/с})$, время протекания процесса составляет 3 часа.

Для конвективной диффузии категория опасности территории, в которой рассеивается примесь при стандартных экологических условиях (ИЗА=1), рассчитывается по формуле:

$$КОТ = \sum_{i=1}^n q^\alpha = \sum_{i=1}^n \left(\frac{V_c}{t} \right)^\alpha =$$

$$= \sum_{i=1}^n \left([0,5\pi R_\Gamma^2 + (2R_\Gamma + v_d t) v_b t] \cdot h_b / t \right)^\alpha, \quad (2)$$

где q^a – объемная скорость перемещения примеси, $\text{м}^3/\text{с}$;

V_c – объем воздуха, в котором распределяются примеси, м^3 ;

R_Γ – радиус территории, м;

v_d – скорость диффузии, м/с;

t – время протекания процесса, с;

v_b – скорость ветра, м/с;

h_b – высота приземного слоя атмосферы, м;
 α – степень, соответствующая классу опасности примесей, присутствующих в атмосфере исследуемой территории.

Категория опасности территории зависит от скорости ветра, и в атмосфере формируется факел трапециевидной формы. Причем расчет вели с учетом исходных величин, характерных для исследуемого площадного источника, расположенного в Промышленном районе (таблица 3).

Все значения КОТ для конвективной диффузии рассчитаны по формуле 2 по четырем загрязняющим веществам: диоксиду азота, диоксиду серы, оксиду углерода и пыли – и представлены в таблице 4.

Согласно таблице 4 при увеличении скорости ветра от 1,0 до 10,0 м/с емкость среды по примесям возрастает с $3,3 \cdot 10^6$ до $6,8 \cdot 10^7 \text{ м}^3/\text{с}$ по степенному закону, и при увеличении скорости ветра в 10 раз категория опасности территории возрастает более чем в 21 раз. Полученная зависимость описывается уравнением вида

$$КОТ = 3,2 \cdot 10^6 \cdot v_b^{1,3}. \quad (3)$$

Определив категорию опасности исследуемой территории при различных скоростях вет-

Таблица 2. Годовая повторяемость погодных условий за 2001 год на территории г. Оренбурга

Погодные условия	Штиль		1-3 м/с	4-5 м/с	6-7 м/с	8-9 м/с	10-11 м/с	осадки, мм
	инверсии, $v_{\text{диф}} \leq 0,1 \text{ м/с}$	темпер. страт, $v_{\text{диф}} = 0,1-1,0 \text{ м/с}$						
Повторяемость, %	1,0	9,3	33,4	28,4	15,6	7,5	2,7	2,1

Таблица 3. Исходные данные для определения критерия качества атмосферы

Радиус промышленной площадки (R), м	Время воздействия на атмосферу территории (t), ч	Скорость диффузии (v_d), м/с	Категория опасности территории, $\text{м}^3/\text{с}$
$0,5 \cdot 10^3$	3,0	0,01	$1,1 \cdot 10^7$

Таблица 4. Значения категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемой территории Промышленного района города Оренбурга. Механизм рассеивания примеси – конвективная диффузия

Скорость, м/сек.	КОТ, $\text{м}^3/\text{с}$	Критерий качества атмосферы	Расстояние, км	Характеристика территории
1	$3,3 \cdot 10^6$	3,3	11,0	Критическая зона
2	$8,5 \cdot 10^6$	1,5	22,0	
3	$1,2 \cdot 10^7$	0,9	33,0	
4	$1,9 \cdot 10^7$	0,7	44,0	Напряженная зона
5	$2,6 \cdot 10^7$	0,6	55,0	
6	$3,4 \cdot 10^7$	0,5	66,0	
7	$4,2 \cdot 10^7$	0,44	77,0	
8	$5,0 \cdot 10^7$	0,4	88,0	
9	$5,9 \cdot 10^7$	0,37	99,0	
10	$6,8 \cdot 10^7$	0,35	110,0	

ра, рассчитаем критерий качества атмосферы (таблица 4), согласно которому условно чистая атмосфера вообще не может формироваться на исследуемой территории Промышленного района.

Критические нагрузки возникают лишь при скорости ветра от 1,0 до 2,0 м/с. В условиях направленного воздушного потока при скорости ветра, большей 2,0 м/с, на исследуемой территории формируется напряженная ситуация. В случае конвективной диффузии зависимость критерия качества атмосферы от скорости ветра представлена на рисунке 1 и описывается уравнением вида

$$K_{\text{атм}} = 2,94 / v_b^{0,97}. \quad (4)$$

То есть с увеличением скорости ветра от 1,0 до 10,0 м/с критерий качества атмосферы снижается от 3,3 до 0,35. Далее графическим методом определим критическую скорость ветра, она составляет 2,2 м/с. То есть процесс, происходящий по механизму конвективной диф-

фузии, при скорости ветра меньше 2,2 м/с недостаточен для рассеивания примеси в атмосфере территории, прилегающей к площадному источнику выбросов, а при скорости ветра, большей 2,2 м/с, наоборот, рассеивание примеси превалирует на всей урбанизированной территории.

Второй важной ситуацией является температурная стратификация воздушных потоков, вероятность которой составляет 9,3%. Рассчитаем критерии качества атмосферы для исследуемой территории Промышленного района при рассеивании примеси в условиях штиля. Оценки проведены исходя из следующих граничных условий:

1. Вещество равномерно распределяется в приземном слое воздуха. Высота этого слоя зависит от степени вертикальной устойчивости атмосферы и при неблагоприятных метеоусловиях (НМУ) равна 100 м.

2. Объем воздушной среды, а значит, и территория загрязнения определяются механизмами рассеивания примеси в атмосфере:

– в условиях температурной стратификации воздушных потоков скорость рассеивания примеси может изменяться в пределах 0–1,0 м/с, время протекания процесса принимаем равным от 3 до 6 часов.

Для температурной стратификации (молекулярная диффузия) категория опасности территории рассчитывается по формуле

$$\begin{aligned}
 \text{КОТ} &= \sum_{i=1}^n q_i^\alpha = \sum_{i=1}^n \left(\frac{V_c}{t} \right)^\alpha = \\
 &= \sum_{i=1}^n \left(\frac{\pi(R_\Gamma + v_d t)^2 \cdot h_b}{t} \right)^\alpha, \quad (5)
 \end{aligned}$$

где v_d – скорость диффузии, м/с.

В данном случае категория опасности территории зависит от скорости термодиффузии, а в атмосфере формируется факел сферической формы. Все значения КОТ для темпе-

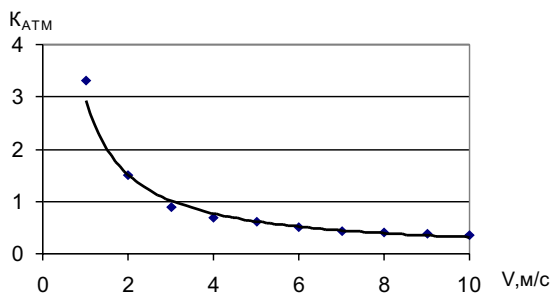


Рисунок 1. Зависимость критерия качества атмосферы от скорости ветра при рассеивании примеси по механизму конвективной диффузии

ратурной стратификации воздуха рассчитаны по формуле 5 и представлены в таблице 5. Нулевую точку определяли для случая инверсионного движения воздушных слоев продолжительностью 1 ч.

При увеличении скорости расширения среды от 0 до 1,0 м/с емкость среды по примеси возрастает с $5,2 \cdot 10^5$ до $3,3 \cdot 10^6$ м³/с по экспоненциальному закону, и при увеличении скорости движения воздушных потоков в 2,0 раза категория опасности территории возрастает почти в 6,4 раза. Полученная зависимость описывается уравнением вида

$$\text{КОТ} = 5,3 \cdot 10^5 \cdot e^{2,0 \cdot V_b}. \quad (6)$$

Определив категорию опасности исследуемой территории при температурных стратификациях воздушных потоков, рассчитаем критерий качества атмосферы и представим в таблице 5. Получаем, что на исследуемой территории Промышленного района при скорости движения воздушных потоков от 0 до 0,3 м/с формируется ситуация с экологическим бедствием, при скорости движения воздушных потоков от 0,3 до 0,8 м/с на исследуемой территории образуется чрезвычайная экологическая ситуация. А при скорости движения воздуха от 0,8 до 1,0 м/с качество атмосферы улучшается до критически нагруженной. В условиях температурных стратификаций зависимость критерия качества атмосферы от скорости движения воздушных потоков представлена на рисунке 2 и описывается уравнением вида

$$K_{\text{атм}} = 20,9 / e^{2,0 \cdot v_b}. \quad (7)$$

То есть с увеличением скорости движения воздушных потоков от 0 до 1,0 м/с критерий качества атмосферы снижается с 21,2 до 3,3. При этом для процесса рассеивания примесей существует критическая скорость движения воздушных потоков, она составляет 0,45 м/с. При скорости движения воздушных потоков, меньшей 0,45 м/с, в атмосфере преобладает накопление

Таблица 5. Значения категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемой территории Промышленного района города Оренбурга. Погодная ситуация – температурная стратификация воздушных потоков

Скорость, м/сек.	КОТ, м ³ /с	Критерий качества атмосферы	Расстояние, км	Характеристика территории
0	$5,2 \cdot 10^5$	21,2	0,5	Зона ЗЭБ
0,3	$9,4 \cdot 10^5$	11,7	3,8	
0,5	$1,4 \cdot 10^6$	7,9	6,0	
0,7	$2,5 \cdot 10^6$	4,6	8,2	Зона ЧЭС
0,8	$2,8 \cdot 10^6$	4,0	9,3	
1,0	$3,3 \cdot 10^6$	3,3	16,0	Критическая зона

примеси, а при скорости движения воздушных потоков от 0,45 до 1,0 м/с, наоборот, превалирует рассеивание примеси.

Для наиболее неблагоприятных погодных условий, характеризующихся застоем в атмосфере города (повторяемость 1,0%), категория опасности территории определяется продолжительностью инверсионного движения воздушных потоков, а в атмосфере формируется факел сфероидной формы. В данном случае оценки проведены исходя из следующих граничных условий:

1. Вещество равномерно распределяется в приземном слое воздуха. Высота этого слоя зависит от степени вертикальной устойчивости атмосферы и при неблагоприятных метеоусловиях (НМУ) равна 100 м.

2. Объем воздушной среды, а значит, и территория загрязнения определяется механизмами рассеивания примеси в атмосфере:

– при инверсионном движении воздушных потоков скорость рассеивания примеси минимальна и равна 0,01 м/с $v_{\text{диф}} (\approx 0,01 \text{ м/с})$, продолжительность инверсионного движения воздушных потоков колеблется от 0,5 до 6 часов.

Значения категории опасности территории при различных продолжительностях инверсий рассчитаны по формуле 5 и представлены в таблице 6. Нулевая точка соответствует значению критерия качества атмосферы при рассеивании примеси по механизму конвективной диффузии для скорости ветра, равной 1,0 м/с.

То есть в условиях инверсионного движения воздушных потоков продолжительностью от 0,5 до 6 часов категория опасности территории способна снижаться до 6,0 раз, что приводит к увеличению величины критерия качества атмосферы от 11,9 до 68,8.

Полученная зависимость описывается уравнением вида

$$\text{КОТ} = 5,4 \cdot 10^5 / t^{0,8} \quad (8)$$

При инверсиях в воздухе продолжительностью от 0 до 6,0 часов качество атмосферы ур-

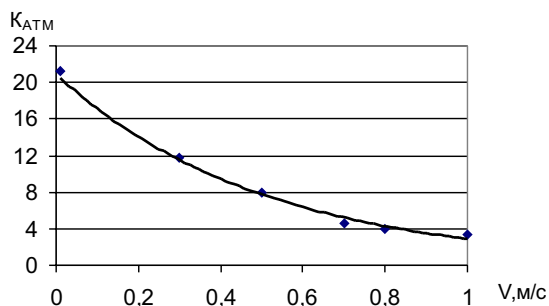


Рисунок 2. Зависимость критерия качества атмосферы от скорости движения воздушных потоков в условиях температурных стратификаций воздушных потоков

банизированной территории ухудшается от напряженного до экологического бедствия, а зависимость критерия качества атмосферы от продолжительности ситуации описывается уравнением

$$K_{\text{атм}} = 17,97 \cdot t^{0,9} \quad (9)$$

Для оценки реального состояния атмосферы исследуемой территории Промышленного района города Оренбурга средние значения критерия качества атмосферы требуется поправить на различные метеорологические ситуации в ней [4]. Поэтому критерий качества атмосферного воздуха для разных ситуаций определяется по формуле:

$$K_{\text{атм}} = V_{\text{в}} \cdot K_{\text{в}} + V_{\text{ш}} \cdot K_{\text{ш}} + V_{\text{ос}} \cdot K_{\text{ос}} \quad (10)$$

Вероятности установления в атмосфере ветра, инверсий, температурных стратификаций и осадков ($V_{\text{в}}$, $V_{\text{инв}}$, $V_{\text{т.ст.}}$ и $V_{\text{ос}}$) приняты согласно таблице 2, а критерии качества атмосферы, рассчитанные для соответствующих погодных условий ($K_{\text{в}}$, $K_{\text{инв}}$, $K_{\text{т.ст.}}$ и $K_{\text{ос}}$), приведены в таблицах 4-6. В данном случае в усредненных метеоусловиях исследуемая территория Промышленного района относится к чрезвычайной экологической ситуации ($K_{\text{атм}} = 4,0$), то есть не может считаться приемлемой для населенного пункта [3].

Далее проведем оценки воздействия воздушной среды заданного качества на население, проживающее на исследуемой территории Промышленного района. Причем оценки разделим на две составляющие: первая оценка будет касаться определения численности населения, проживающего на селитебной территории с той или иной экологической ситуацией, а вторая – определения последствий для здоровья населения [5].

Наиболее жесткое воздействие на население будет оказывать техногенная среда при инверсионном движении воздушных потоков (рисунок 4), когда качество среды будет снижаться до уровня экологического бедствия, но с вероятностью не более 1,0%. При рассеивании примеси в условиях инверсионного движения воздушных потоков расстояние, на которое рас-

Таблица 6. Значения категории опасности территории и критерия качества атмосферы для исследуемой территории Промышленного района города Оренбурга. Погодное условие – инверсии воздушных потоков

Продолжительность инверсий, час.	КОТ, м ³ /с	Критерий качества атмосферы	Расстояние, км	Характеристика территории
0	$3,3 \cdot 10^5$	3,3	0,5	Напряженная
0,5	$9,2 \cdot 10^5$	11,9	0,52	
1	$5,2 \cdot 10^5$	21,2	0,54	Зона экологического бедствия
3	$1,9 \cdot 10^5$	55,1	0,61	
6	$1,6 \cdot 10^5$	68,8	0,72	

пространяются примеси от исследуемого источника выбросов, рассчитывается по формуле

$$R_1 = R_0 + v_{\text{диф}} \cdot t. \quad (11)$$

Радиус облака загрязняющих веществ, создаваемый исследуемым площадным источником выбросов при инверсионном движении воздушных потоков, рассчитан по формуле 11 и представлен в таблице 6. На исследуемой территории Промышленного района получаем следующую картину распределения зон экологического неблагополучия: ситуация с экологическим бедствием в данном случае в течении 6,0 часов распространится от источника загрязнения на расстояние до 0,72 км, а облако с загрязняющими веществами будет иметь форму полусферы с кругом в основании, площадь которого для случая с инверсионным движением воздушных потоков составит

$$S_{\text{м.д.}} = \pi(R_0 + v_{\text{диф}} \cdot t)^2 \\ = 3,14 \cdot (500 + 0,01 \cdot 2,16 \cdot 10^4)^2 = 1,6 \text{ км}^2$$

Общая площадь города равна 334 км². Следовательно, территория с экологическим бедствием занимает 0,5% от общей площади города Оренбурга (таблица 7), а численность населения, проживающего на ней, не превышает

$$N = S_{\text{м.д.}} \cdot p = 1,6 \cdot 4,4 = 7,04 \text{ тыс. чел.}$$

где $p = 4,4$ тыс.чел./км² – плотность населения, проживающего в Промышленном районе.

Общая численность населения, проживающего в г. Оренбурге, равна 573 тысячам человек. Следовательно, численность населения, проживающего на этой территории, составляет 1,2% от общей численности населения города Оренбурга (таблица 8). То есть она больше, чем в среднем по урбанизированной территории. Однако вероятность инверсий в атмосфере г. Оренбурга не превышает 1,0%, то есть в соответствии с требованиями «Критериев...» эта территория не может быть отнесена к зоне экологического бедствия [3]. Но на этой территории, безусловно, должны отмечаться более жесткие условия для жизни горожан: частые случаи заболеваний верхних дыхательных путей, а также высокая смертность.

Теперь рассчитаем радиус распространения примесей от исследуемого источника выбросов при температурных стратификациях воздушных потоков, вероятность которых составляет 9,3% (формула 11, таблица 5). В данном случае ситуация с экологическим бедствием на исследуемой территории Промышленного района распространится от площадного источника загрязнения во все стороны на расстояние до 3,8 км, а чрезвычайная экологическая ситу-

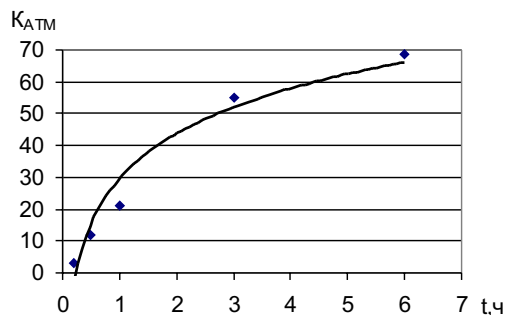


Рисунок 3. Зависимость критерия качества атмосферы от продолжительности инверсий воздушных потоков

ация – на расстояние до 9,3 км. То есть при штиле рассматриваемый площадный источник создает неблагоприятный фон для большей части г. Оренбурга (рисунок 5).

В условиях температурных стратификаций облако с загрязняющими веществами будет также иметь форму сферы, а площадь территории, над которой оно расположится, составит 45,3 км². Количество населения, проживающего на этой территории, увеличивается до 108,7 тыс. человек. То есть для случая температурных стратификаций в атмосфере города территория с экологическим бедствием составит 13,6% от общей площади г. Оренбурга (рисунок 5), а численность населения, проживающего на ней, – 19,0% от количества населения, проживающего на территории г. Оренбурга (таблица 8).

На территории с чрезвычайной экологической ситуацией площадью 170 км² (50,9% от общей площади города) проживает уже 408,0 тыс. человек (71,2% от населения г. Оренбурга, таблицы 7-8). Однако вероятность таких погодных ситуаций в г. Оренбурге не превышает 9,3%, то есть в соответствии с требованиями «Критериев...» эта территория не может быть отнесена к зоне экологического неблагополучия, поэтому для нее должны быть предусмотрены лишь предупредительные меры (рисунок 5).

При рассеивании примеси в ветреную погоду расстояние, на которое распространяются примеси от исследуемого источника выбросов, рассчитывается по формуле (таблица 4)

$$L_{\text{к.д.}} = v_{\text{в}} \cdot t. \quad (12)$$

На исследуемой территории Промышленного района получаем следующую картину распределения зон экологического неблагополучия: условно чистая атмосфера в данном случае вообще не будет формироваться, зона экологического бедствия и чрезвычайной экологической ситуации также отсутствуют. Зона критических нагрузок распространится на рассто-

Таблица 7. Размеры зон экологического неблагополучия, образуемых исследуемым источником загрязнения

Характеристика территории	Площадь территории, км ²										Всего	
	штиль		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	км ²	% от площади города
	инверсии	темпер. стратиф.										
ЗЭБ (инверсии)	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	0,5
ЗЭБ (тем.страт.)	-	45,3	-	-	-	-	-	-	-	-	45,3	13,6
ЧЭС (тем.страт.)	-	170,0	-	-	-	-	-	-	-	-	170,0	50,9
Критическая зона (конвективная диффузия)	-	-	27,4	25,5	24,5	24,5	24,5	24,5	37,2	24,5	212,6	63,5

Таблица 8. Влияние выбросов исследуемого площадного источника на население Промышленного района города Оренбурга

Характеристика территории	Численность населения, проживающего в зоне экологического неблагополучия, тыс. чел.										Всего	
	штиль		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	тыс.чел.	% от населения города
	инверсии	темпер. стратиф.										
ЗЭБ (инверсии)	7,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,04	1,2
ЗЭБ (тем.страт.)	-	108,7	-	-	-	-	-	-	-	-	108,7	19,0
ЧЭС (тем.страт.)	-	408,0	-	-	-	-	-	-	-	-	408,0	71,2
Критическая зона (конвективная диффузия)	-	-	57,7	49,9	79,1	49,2	49,2	49,2	94,7	49,2	478,2	83,3

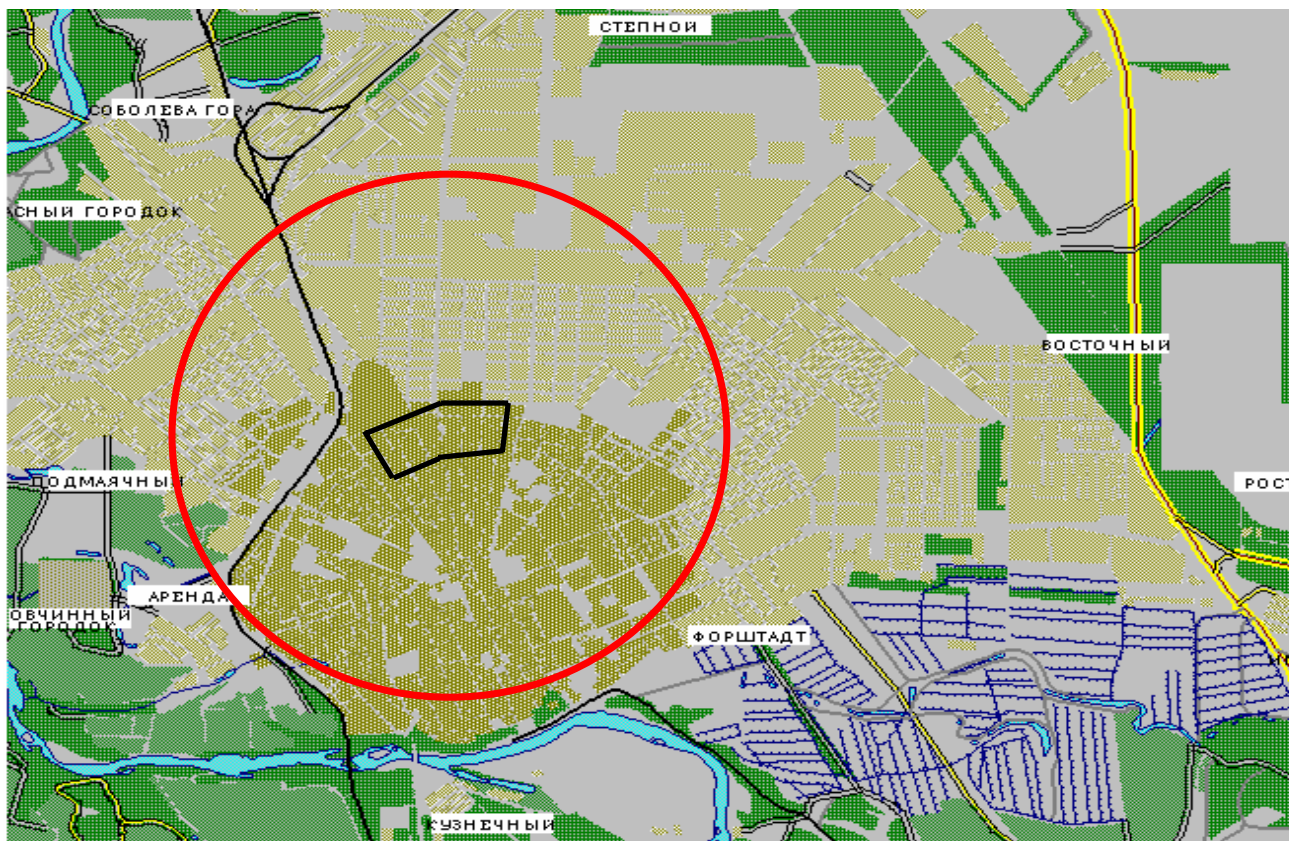


Рисунок 4. Зона экологического бедствия, создаваемая исследуемым площадным источником на территории г. Оренбурга, в условиях инверсий

яние до 22,0 км от площадного источника загрязнения (рисунок 6).

При наличии направленного воздушного потока форма облака с загрязняющими веществами будет иметь сложный вид, а площадь территории, над которой оно расположится, рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{тер}} = \frac{1}{2}S_0 + S_k + S_{\text{трап}} = 0,5\pi R_0^2 + R_0 \cdot 2 \cdot L + L \cdot v_{\text{диф}} \cdot t, \quad (13)$$

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

S_k – площадь S усеченного конуса, т. е. такую форму будет иметь шлейф перемещающейся примеси;

$S_{\text{трап}}$ – площадь трапеции.

Такую форму приобретает облако при длительном перемещении.

В данном случае в зоне критических нагрузок площадью 24,5 км² проживает 107,8 тыс. человек (таблицы 7-8). В условиях конвективной диффузии, с учетом розы ветров, наиболее мощное воздействие исследуемого площадного источника загрязнения будет осуществляться при восточном, юго-западном и южном направлениях ветра, вероятность которых составляет 46%. При восточном направлении ветра в зоне критических нагрузок площадью 37,2 км² (19,0%) проживает 94,7 тыс. человек, а при южном направлении ветра в этой же зоне площадью 27,4 км² (14,0%) – 57,7 тыс. человек. При юго-западном направлении ветра в зоне критических нагрузок площадью 25,5 км²

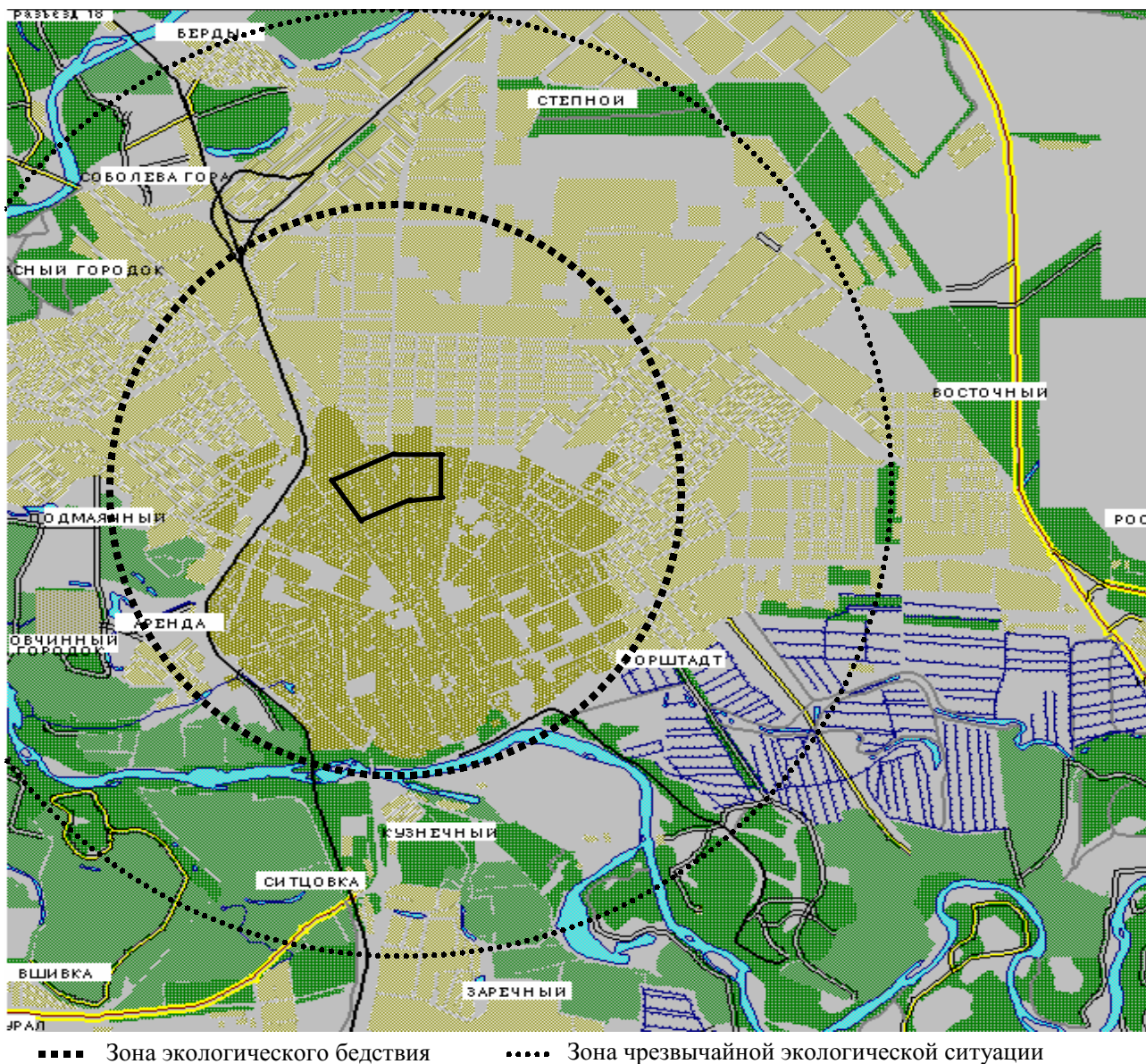


Рисунок 5. Зоны экологического неблагополучия, создаваемые исследуемым площадным источником на территории г. Оренбурга, в условиях температурных стратификаций воздушных потоков

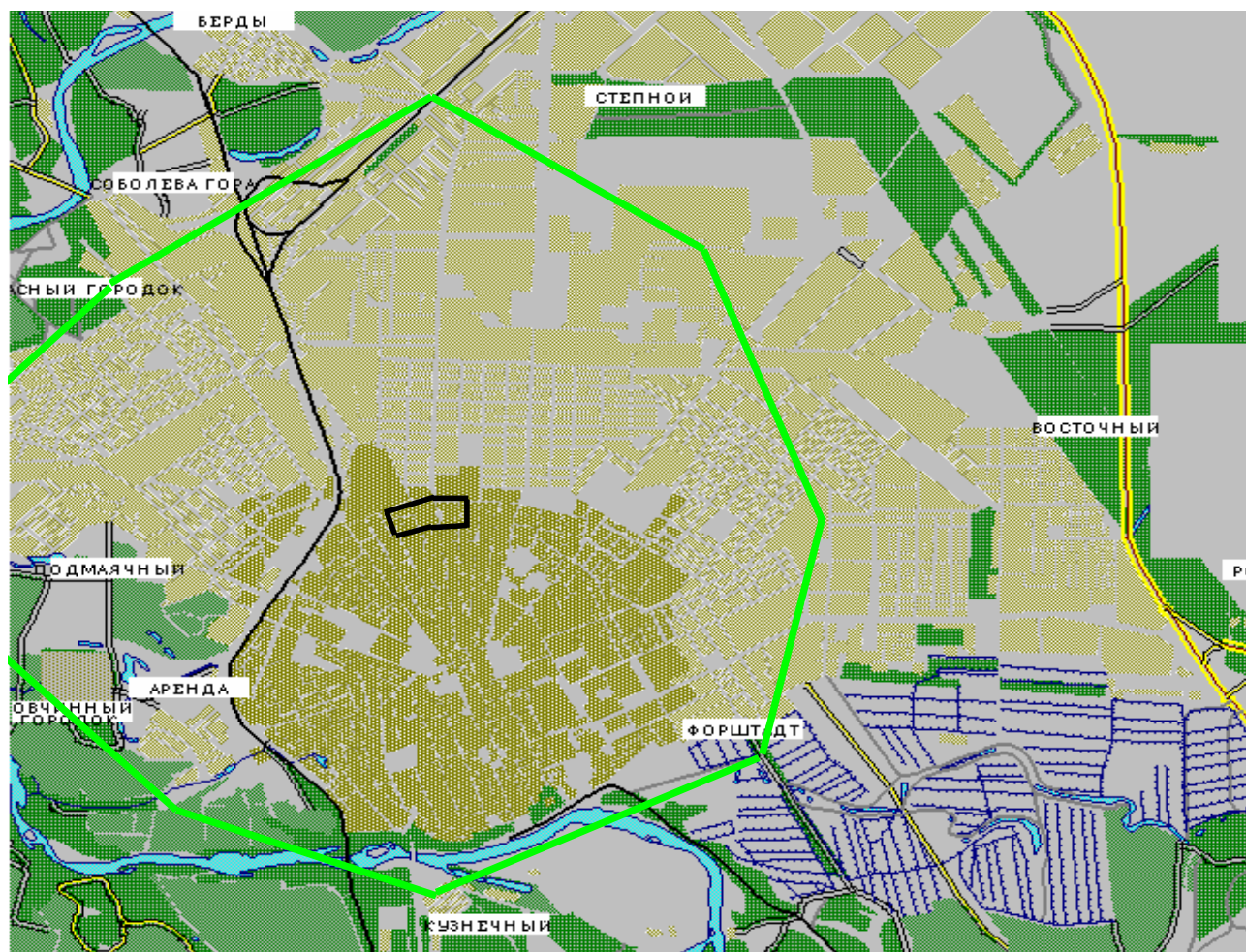


Рисунок 6. Зона критических нагрузок, создаваемая исследуемым площадным источником на территории г. Оренбурга, в ветреную погоду

(13,0%) проживает 49,9 тыс. человек. Общая площадь зоны критических нагрузок составит 212,6 км² (63,5% от общей площади города Оренбурга, рисунок 6) с количеством населения 478,2 тыс. человек, проживающего на ней (83,3% от количества населения города).

Следовательно, исследуемый площадный источник загрязнения атмосферы, расположенный на территории Промышленного района, может оказывать значительное влияние на здоровье 83% населения города Оренбурга.

Список использованной литературы:

1. Цыцра А.А., Боев В.М., Куксанов В.Ф., Старокожева Е.А. Комплексная оценка качества атмосферы промышленных городов Оренбургской области. – Оренбург: Изд-во ОГУ, 1999. – 168 с.
2. Цыцра 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.
3. Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России / Под ред. В.Ф. Протасова. – М: Финансы и статистика, 1995. - 528 с.
4. Борисова Л.Б. Исследование закономерностей формирования примесей в атмосфере промышленных городов и разработка решений по управлению ее качеством (на примере Оренбургской области). Дис. на соис. уч. ст. канд. техн. наук. – Оренбург, 2000. - 171 с.
5. Охрана окружающей среды Оренбургской области: Информационно-аналитический ежегодник, 2000. – Оренбург: ОГУ, 2000. - 240 с.