

Важнейшее значение для региона имеют лесные геосистемы, исследование которых показало, что естественные насаждения нарушены в основном рубками и пожарами: (пожары 2008 года – Зыряновский участок, 2011 года – Риддерский сосновый бор). Так, рубки и пожары в Семипалатинском ленточном бору способствуют его остепнению и формированию, так называемых, парковых насаждений. Воздействие человека привело здесь к нарушению природного равновесия, изменилась направленность и скорость ряда природных процессов. Эти лесные комплексы, большей частью отнесены к категории сильно и средне-нарушенным.

На процессы трансформации геосистем оказывают влияние и такие процессы активной антропогенной деятельности как интенсификация освоения долин многих малых рек, пойменных лугов под дачные участки и огороды, систематический перевыпас скота, как на горных склонах, так и в долинах, а также сенокосение, неконтролируемые рекреационные нагрузки – все это привело к существенному оскудению растительного покрова.

Итак, геосистемы Рудного Алтая, подверженные воздействию горнорудного производства и другой антропогенной деятельности постепенно подвергаются трансформации и требуют проведения тщательных научных исследований по оптимизации и нормированию на них техногенных нагрузок.

### Технические науки

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ С УЧЕТОМ ВЫСОТЫ УСТЬЯ ИСТОЧНИКОВ И ВЛИЯНИЯ ЗАСТРОЙКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Айдосов А.А., Айдосов Г.А., Данаев Н.Т.,  
Ажиева Г.И., Нарбаева С.М.

*НИИ математики и механики Республиканского  
государственного предприятия на праве  
хозяйственного ведения «Казахский национальный  
университет им. аль-Фараби» Министерства  
образования и науки Республики Казахстан,  
Алматы, e-mail: allayarbek@mail.ru*

Введем обозначения, используемые при построении математической модели  $C$ ,  $C_x$ ,  $C_y$  – концентрация вредных веществ в наружном воздухе, мг/м<sup>3</sup>;  $M$  – количество вредных веществ, выбрасываемых источником в атмосферу, мг/с;  $k$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние возвышения устья источника на уровень загрязнения;  $v$  – расчетная скорость ветра, принимаемая по рекомендации Главного санитарно-эпидемиологического управления равной 1 м/с;  $H_{зд}$  – высота здания от поверхности земли до его крыши при плоской кровле, до конька крыши при двускатной кровле, до верха карниза фонаря при продольных фонарях, расположенных ближе 3 м от наветренной стены здания, м;  $l$  – длина здания (размер, перпендикулярный направлению ветра), м;  $b$  – ширина здания (размер вдоль направления ветра), м;  $x$  – расстояние от заветренной стены здания до точки, в которой определяется концентрация, м;  $S$ ,  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$  – вспомогательная безразмерная величина, позволяющая определять концентрации вредных веществ на расстоянии  $y$ , м, по перпендикуляру от оси факела выброса из точечных источников;  $b_1$  – расстояние в пределах крыши широкого здания от его наветренной стороны до точки, в которой определяется концентрация, м;  $b_2$  – расстояние в пределах крыши широкого здания от источника до точки, в которой определяется концентрация, м;  $L$  – количество газоздуш-

ной смеси, выбрасываемой из источника м<sup>3</sup>/с;  $m$  – безразмерный коэффициент, показывающий какое количество выделяемых источником примесей участвует в загрязнении циркуляционных зон;  $b_3$  – расстояние в пределах крыши широкого здания от источника до заветренной стены здания, м;  $H$  – относительная высота здания, равная  $(H-1,8H_{зд})/(H_{гр}-1,8H_{зд})$  при расположении устья источника вне единой или межкорпусной зоны узкого здания и над наветренной зоной широкого здания и равная  $(H-H_{зд})/(H_{гр}-H_{зд})$  при расположении устья источника вне заветренной, над заветренной или над межкорпусной зоной широкого здания;  $H_{гр}$  – предельная высота низких источников, м;  $x_1$  – расстояние между зданиями;

Источники вредных веществ, загрязняющие циркуляционные зоны зданий, следует относить к низким.

Граничное положение устья источника, до которого он действует как низкий, находят по формулам:

для узкого отдельно стоящего здания

$$H_{гр} = 0,36b_3 + 2,5H_{зд} \quad (1)$$

для широкого отдельно стоящего здания

$$H_{гр} = 0,36b_3 + 1,7H_{зд} \quad (2)$$

для группы зданий

$$H_{гр} = 0,36(b_3 + x_1) + H_{зд} \quad (3)$$

где  $b_3$  – расстояние от источника, расположенного в пределах крыши, до заветренной стены здания.

Источники, выбрасывающие вредные вещества на высоте, превышающей  $H_{гр}$  и не загрязняющие циркуляционные зоны над и за зданием, следует относить к высоким.

Формулы для расчета концентраций вредных веществ в наружном воздухе при загрязнении его выбросами из низких источников выбирают в зависимости от вида здания, вида источника, места расположения устья источника и места определения концентраций.

Узкое отдельно стоящее  
В единой циркуляционной зоне или над ней  
В единой циркуляционной зоне при  $0 \leq x \leq 6H_{зд}$

$$C_y = C_x S_1;$$

$$C_x = \frac{1,3Mk}{v} \left[ \frac{0,6}{H_{зд} l} + \frac{42}{(1,4l + b + x)^2} \right],$$

$$C_y = \frac{1,3Mk}{v} \left[ \frac{0,6}{H_{зд} l} + \frac{42}{(1,4l + b + x)^2} S_1 \right],$$

$$C = \frac{2Mk}{v l H_{зд}}, \quad (4)$$

Вне циркуляционной зоны за зданием при  $x > 6H_{зд}$

$$C_x = \frac{55Mk}{v(1,4l + b + x)^2}; \quad C = \frac{7,2Mk}{v l (b + x)}, \quad (5)$$

Широкое отдельно стоящее  
В наветренной циркуляционной зоне  
На крыше в наветренной циркуляционной зоне при  $b_1 \leq 2,5H_{зд}$

$$C_x = \frac{1,3Mk}{v} \left[ \frac{1}{H_{зд} l} + \frac{42}{(1,4l + b_1)^2} \right];$$

$$C_y = \frac{1,3Mk}{v} \left[ \frac{1}{H_{зд} l} + \frac{42}{(1,4l + b_1)^2} S \right];$$

$$C = \frac{3,9Mk}{v l H_{зд}}. \quad (6)$$

На крыше вне наветренной циркуляционной зоны при  $b_1 \geq 2,5H_{зд}$

$$C_x = \frac{55Mk}{v(1,4l + b_1)^2};$$

$$C_y = C_x S;$$

$$C = \frac{6,2Mk}{v l b_1}. \quad (7)$$

В заветренной циркуляционной зоне при  $0 < x \leq 4H_{зд}$

$$C_x = \frac{5,6Mmk}{v l H_{зд}};$$

$$C_y = C_x S_1;$$

$$C = \frac{2,8Mmk}{v l H_{зд}}. \quad (8)$$

Вне заветренной циркуляционной зоны за зданием при  $x > 4H_{зд}$

$$C_x = \frac{15Mk}{v l (b + x)};$$

$$C_y = C_x S_1;$$

$$C = \frac{7,2Mk}{v l (b + x)}. \quad (9)$$

Вне наветренной циркуляционной зоны над крышей при  $H < 0,3$ .

На крыше вне наветренной циркуляционной зоны при  $b_1 \geq 2,5H_{зд}$

$$C_x = \frac{55Mk}{v b_1^2 + 55L};$$

$$C_y = C_x S_2;$$

$$C = \frac{7,2Mk}{v l b_2 + 7,2L}, \quad (10)$$

В заветренной циркуляционной зоне при  $0 < x \leq 4H_{зд}$

$$C_x = \frac{1,3Mmk}{v} \left[ \frac{0,8}{H_{зд} l} + \frac{42}{(1,4l + x)^2} \right];$$

$$C_y = \frac{1,3Mmk}{v} \left[ \frac{0,8}{H_{зд} l} + \frac{42}{(1,4l + x)^2} S_3 \right];$$

$$C = \frac{2,8Mmk}{v l H_{зд}}, \quad (11)$$

Вне заветренной циркуляционной зоны за зданием при  $x > 4H_{зд}$

$$C_x = \frac{55Mmk}{v(1,4l + x)^2 + 55L};$$

$$C_y = C_x S_3;$$

$$C = \frac{7,2Mmk}{v l (b_3 + x) + 7,2L}. \quad (12)$$

Вне наветренной циркуляционной зоны над крышей при  $H > 0,3$

На крыше вне наветренной циркуляционной зоны при  $b_1 \geq 2,8(H - H_{зд})$  и  $y < (H - H_{зд})$

$$C_{x,y} = \frac{26Mk}{v b_2^2 + 26L} S_4;$$

$$C = \frac{3,6Mk}{v l b_2 + 3,6L}. \quad (13)$$

В заветренной циркуляционной зоне при  $0 < x \leq 4H_{зд}$

$$C_x = \frac{1,3Mmk}{v} \left[ \frac{0,8}{H_{зд} l} + \frac{20}{(1,4l + x)^2} \right];$$

$$C_y = C_x S_3;$$

$$C = \frac{1,4Mmk}{v l H_{зд}}. \quad (14)$$

Вне заветренной циркуляционной зоны за зданием при  $x > 4H_{зд}$

$$C_x = \frac{26Mmk}{v(1,4l+x)^2 + 26L};$$

$$C_y = C_x S_3;$$

$$C = \frac{3,6Mmk}{v(l(b_3+x) + 3,6L)}. \quad (15)$$

В заветренной циркуляционной зоне или над ней

В заветренной циркуляционной зоне при  $0 < x \leq 4H_{зд}$

$$C_x = \frac{1,3Mk}{v} \left[ \frac{0,8}{H_{зд}l} + \frac{42}{(1,4l+x)^2} \right];$$

$$C_y = \frac{1,3Mk}{v} \left[ \frac{0,8}{H_{зд}l} + \frac{42}{(1,4l+x)^2} S_3 \right];$$

$$C = \frac{2,8Mk}{vH_{зд}}. \quad (16)$$

Вне заветренной циркуляционной зоны за зданием при  $x > 4H_{зд}$

$$C_x = \frac{55Mk}{v(1,4l+x)^2};$$

$$C_y = C_x S_3;$$

$$C = \frac{7,2Mk}{vlx}. \quad (17)$$

Группа зданий

В наветренной циркуляционной зоне первого по потоку широкого здания

В межкорпусной циркуляционной зоне при  $H_{зд} < x_1 \leq 4H_{зд}$

$$C_x = \frac{14,4Mmk}{vlx_1};$$

$$C_y = C_x S_1;$$

$$C = \frac{7,2Mmk}{vlx_1}. \quad (18)$$

В межкорпусной циркуляционной зоне при  $4H_{зд} < x_1 \leq 8H_{зд}$

$$C_x = \frac{3,6Mmk}{vH_{зд}};$$

$$C_y = C_x S_1;$$

$$C = \frac{1,8Mmk}{vH_{зд}}. \quad (19)$$

Вне наветренной циркуляционной зоны первого по потоку широкого здания на крыше при  $H < 0,3$

В межкорпусной циркуляционной зоне при  $H_{зд} < x_1 \leq 4H_{зд}$

$$C_x = \frac{1,3Mmk}{v} \left[ \frac{2}{lx_1} + \frac{42}{(1,4l+x)^2} \right];$$

$$C_y = \frac{1,3Mmk}{v} \left[ \frac{2}{lx_1} + \frac{42}{(1,4l+x)^2} S_3 \right];$$

$$C = \frac{7,2Mmk}{vlx_1}. \quad (20)$$

В межкорпусной циркуляционной зоне при  $4H_{зд} < x_1 \leq 8H_{зд}$

$$C_x = \frac{1,3Mmk}{v} \left[ \frac{0,5}{H_{зд}l} + \frac{42}{(1,4l+x)^2} \right];$$

$$C_y = \frac{1,3Mmk}{v} \left[ \frac{0,5}{H_{зд}l} + \frac{42}{(1,4l+x)^2} S_3 \right];$$

$$C = \frac{1,8Mmk}{vH_{зд}}. \quad (21)$$

Вне наветренной циркуляционной зоны первого по потоку широкого здания на крыше при  $H > 0,3$ .

В межкорпусной циркуляционной зоне при  $H_{зд} < x_1 \leq 4H_{зд}$

$$C_{x,y} = \frac{1,3Mmk}{v} \left[ \frac{2}{lx_1} + \frac{20}{(1,4l+x)^2} S_3 \right];$$

$$C = \frac{3,6Mmk}{vlx_1}. \quad (22)$$

В межкорпусной циркуляционной зоне при  $4H_{зд} < x_1 \leq 8H_{зд}$

$$C_{xy} = \frac{1,3Mmk}{v} \left[ \frac{0,5}{H_{зд}l} + \frac{20}{(1,4l+x)^2} S_3 \right];$$

$$C = \frac{Mmk}{vH_{зд}}. \quad (23)$$

В межкорпусной циркуляционной зоне при первом по потоку широком здании и  $H < 0,3$

В межкорпусной циркуляционной зоне при  $H_{зд} < x_1 \leq 4H_{зд}$

$$C_x = \frac{1,3Mk}{v} \left[ \frac{2}{x_1l} + \frac{42}{(1,4l+x)^2} \right];$$

$$C_y = \frac{1,3Mk}{v} \left[ \frac{2}{x_1l} + \frac{42}{(1,4l+x)^2} S_3 \right];$$

$$C = \frac{7,2Mk}{vlx_1}. \quad (24)$$

В межкорпусной циркуляционной зоне при  $4H_{зд} < x_1 \leq 8H_{зд}$

$$C_x = \frac{1,3Mk}{v} \left[ \frac{0,5}{H_{зд}l} + \frac{42}{(1,4l+x)^2} \right];$$

$$C_y = \frac{1,3Mk}{v} \left[ \frac{0,5}{H_{зд}l} + \frac{42}{(1,4l+x)^2} S_3 \right];$$

$$C = \frac{1,8Mk}{vH_{зд}}. \quad (25)$$

Над межкорпусной циркуляционной зоной при первом по потоку широком здании и  $H > 0,3$

В межкорпусной циркуляционной зоне при  $H_{зд} < x_1 \leq 4H_{зд}$

$$C_{x,y} = \frac{1,3Mk}{v} \left[ \frac{2}{x_1l} + \frac{20}{(1,4l+x)^2} S_3 \right];$$

$$C = \frac{3,6Mk}{vix_1}. \quad (26)$$

В межкорпусной циркуляционной зоне при  $4H_{зд} < x_1 \leq 8H_{зд}$

$$C_{xy} = \frac{1,3Mk}{v} \left[ \frac{0,5}{H_{зд}l} + \frac{20}{(1,4l+x)^2} S_3 \right];$$

$$C = \frac{Mk}{vH_{зд}}. \quad (27)$$

В межкорпусной циркуляционной зоне или над ней при первом по потоку узком здании

В межкорпусной циркуляционной зоне при  $H_{зд} < x_1 \leq 6H_{зд}$

$$C_x = \frac{1,3Mk}{v} \left[ \frac{1,5}{x_1l} + \frac{42}{(1,4l+b+x)^2} \right];$$

$$C_y = \frac{1,3Mk}{v} \left[ \frac{1,5}{x_1l} + \frac{42}{(1,4l+b+x)^2} S_1 \right];$$

$$C = \frac{7,2Mk}{v l(x_1+b)}. \quad (28)$$

В межкорпусной циркуляционной зоне при  $6H_{зд} < x_1 \leq 10H_{зд}$

$$C_x = \frac{1,3Mk}{v} \left[ \frac{0,25}{H_{зд}l} + \frac{42}{(1,4l+b+x)^2} \right];$$

$$C_y = \frac{1,3Mk}{v} \left[ \frac{0,25}{H_{зд}l} + \frac{42}{(1,4l+b+x)^2} S_1 \right];$$

$$C = \frac{1,3Mk}{vH_{зд}}. \quad (29)$$

За расчетное принимают направление ветра, перпендикулярное продольной стороне здания. При продольном направлении ветра концентрации вредных веществ будут меньше.

Понижающие коэффициенты  $S, S_1, S_2, S_3$  и  $S_4$ , вводимые при выборе мест воздухозаборов и решении других задач, связанных с определением концентраций, подсчитывают по формулам, а при расчете концентрации вредных веществ за вторым и последующими зданиями по направлению ветра поступление вредных веществ определяют с учетом расстояния  $x$  по оси факела и расстояния  $y$ , перпендикулярного оси факела.

$$S = e^{\left[ \frac{-30y^2}{(1,4l+b)^2} \right]};$$

$$S_1 = e^{\left[ \frac{-30y^2}{(1,4l+b+x)^2} \right]};$$

$$S_2 = e^{\left[ \frac{-30y^2}{b_2^2} \right]};$$

$$S_3 = e^{\left[ \frac{-30y^2}{(1,4l+x)^2} \right]};$$

$$S_4 = e^{\left\{ \frac{30[(H-H_{зд})^2 + y^2]}{b_2^2} \right\}}. \quad (30)$$

### Список литературы

1. Айдосов А.А., Дюсенова Ж.А., Айдосов Г.А., Кожаметов С.Н. Исследование состояния воздушного бассейна с учетом взаимодействия природно-климатических условий и техногенных факторов // Труды 7-й Международной научно-практической конференции. – Алматы, том II. – 2005. С. 283-289.
2. Бакирбаев Б., Керимкул Ж. Численная модель турбулентной диффузии примесей в пограничном слое атмосферы // Природопользование и проблемы антропогенной деятельности. – Тараз, 2001. – № 4. – С. 123-130.
3. Палюх Б.В., Ветров А.Н. Использование методов математического моделирования в системе мониторинга безопасности городского хозяйства // Научная конференция, посвященная 70-летию со дня рождения академика В.А. Мельникова. – М.
4. Perminov V. Mathematical modeling of crown forest fire initiation // Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2667, 2003. – P. 549-557.
5. Берлянд М.Е. К теории турбулентной диффузии // Тр. ГГО, вып. 138, С. 31-37. 1963.
6. Банин А.П. Эффективность мероприятий по оценке природных ресурсов. – М.: Стройиздат, 1979. – 88 с.
7. Miyakoda K., Rosati A. One-way nested grid models: The interface condition and the numerical accuracy // Mon. Weather Review. – 1977. – Vol. 105. – P. 1092-1107.
8. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. – Новосибирск: Наука, 1992.