

НАУКИ О ЗЕМЛЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
EARTH SCIENCES AND LIFE SAFETY

Степанова И. П., Гореликова Е. И., Степанов А. Н., Лещев Ю. Г.
I. P. Stepanova, E. I. Gorelikova, A. N. Stepanov, Yu. G. Leshchev

**АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ
ЗА «ЦИКЛ ЖИЗНИ» И ПОСЛЕ ЗАКРЫТИЯ**

**AN ALGORITHM FOR ESTINATION OF THE RISK OF EMISSIONS PRODUCED
BY AN ENTERPRISE DURINT ITS LIFE CYCLE AND AFTER CLOSURE**

Степанова Ирина Павловна – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27; 8-914-179-29-10. E-mail: Prof.Stepanova@mail.ru.

Ms. Irina P. Stepanova – Doctor of Engineering, Professor, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 8-914-179-29-10. E-mail: prof.stepanova@mail.ru

Степанов Анатолий Николаевич – кандидат технических наук, доцент, декан электротехнического факультета Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

E-mail: Prof.Stepanova@mail.ru.

Mr. Anatoly N. Stepanov - PhD in Engineering, Associate Professor, Dean of the Electric Engineering Faculty, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: Prof.Stepanova@mail.ru

Гореликова Евгения Игоревна – старший преподаватель Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: gorelikova_ei@mail.ru.

Ms. Evgeniya I. Gorelikova – Senior Lecturer, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: gorelikova_ei@mail.ru

Лещев Юрий Геральдович – старший преподаватель Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27. E-mail: luckkom@gmail.com.

Mr. Yuri G. Leshchev – Senior Lecturer, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: luckkom@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрен алгоритм оценки последствий выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями за «цикл жизни» и после их закрытия на примере выбросов свинца предприятием по производству свинцовых аккумуляторных батарей ОАО «КнААЗ».

Summary. This paper considers an algorithm for estimating the effects of emissions of industrial enterprises during their lifecycle and after their closure, exemplified by a company producing lead-acid batteries – "KnAAZ."

Ключевые слова: опасные зоны, концентрация, канцерогенный риск, неканцерогенный риск, плотность потока вещества, повышенная нагрузка на подстилающую поверхность, опасность, длительность влияния.

Key words: dangerous areas, concentration, carcinogenic risk, non-carcinogenic risk, the flux density of matter, increased load on the underlying surface, risk, duration of effect

УДК 331.45

Введение. Современные оценки риска здоровью населения от некачественной окружающей среды основаны на определении дозы, сформированной с учетом прошлых, настоящих и будущих воздействий концентраций загрязняющих веществ [1].

В связи с этим возникает необходимость в учете влияния предприятия на окружающую среду за весь «цикл жизни» и оценке последствий его деятельности после закрытия. «Цикл жизни» – период времени от начала деятельности предприятия до его закрытия.

Особенно актуально решение подобной задачи для условий России, где предприятия и в советский, и в современный период вели свою деятельность, не слишком обременяя себя необходимостью соблюдения экологических требований, поэтому нет твердых гарантий, что воздействие предприятий не выходило за пределы границ санитарно-защитной зоны (СЗЗ).

Алгоритм оценки опасности. На рис. 1 показан алгоритм оценки опасности выбросов предприятия за «цикл жизни» и после его закрытия.

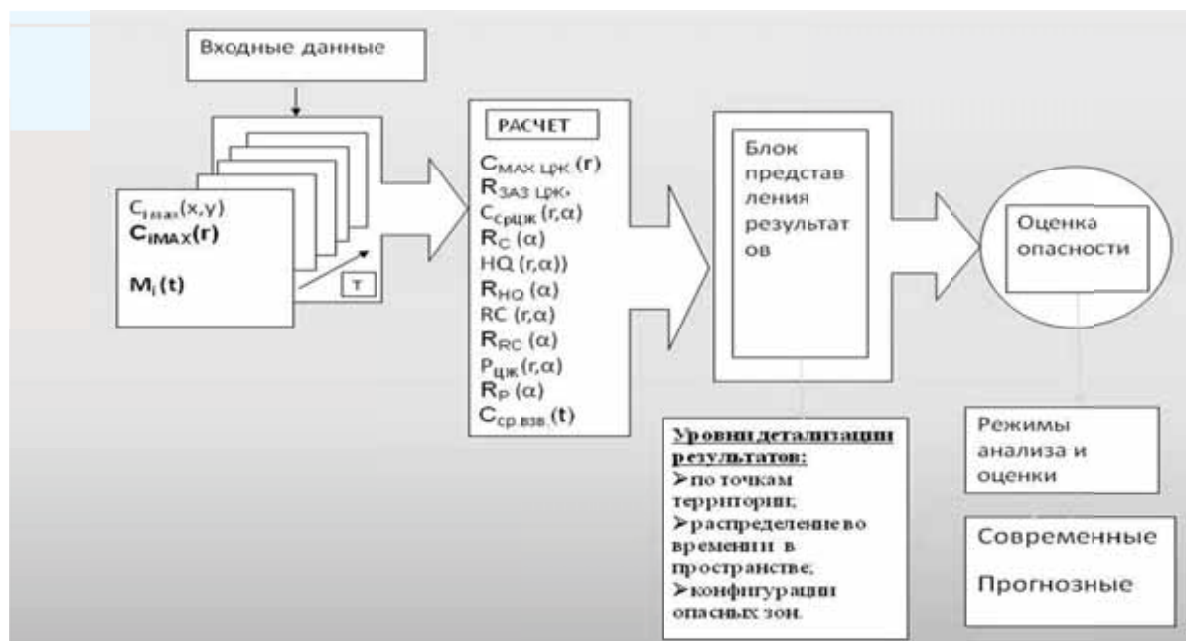


Рис. 1. Алгоритм оценки опасности выбросов загрязняющих веществ промышленным предприятием за «цикл жизни» и после его закрытия

Входными данными являются (см. рис. 1):

- совокупность поверхностей $C_{i\text{MAX}}(x, y)$ распределения максимальных концентраций за каждый i -й год работы предприятий всего «цикла жизни» продолжительностью T лет (они могут быть получены, например, по данным проектов предельно допустимых выбросов (ПДВ));
- построенные на их основе кривые $C_{i\text{MAX}}(r)$ с установлением начала координат в центре площадки предприятия;
- динамика валовых выбросов $M_i(t)$.

Параметры, подлежащие расчету (см. рис. 1).

1) *Среднемноголетний уровень максимальных концентраций за «цикл жизни»*

$$C_{\text{MAX ЦЖ}}(r) = (\sum C_{i\text{MAX}}(r)) / T,$$

где $C_{\text{MAX ЦЖ}}(r)$ – кривая затухания среднемноголетних максимальных концентраций по мере удаления от центра площадки предприятия, принятого за точку отсчета, доли предельно-допустимой концентрации максимальной разовой (ПДК_{МР}); $C_{i\text{MAX}}(r)$ – кривая затухания максимальных концентраций за каждый i -й год работы предприятия, доли ПДК_{МР} (ПДК_{МР} = 0,001 мг/м³); T – длительность цикла жизни предприятия, лет.

2) *Радиус зоны активного загрязнения по среднемноголетним данным* $R_{\text{ЗАЗ ЦЖ}}$, км. Под зоной активного загрязнения (ЗАЗ) будем понимать территорию, ограниченную изолинией 1 ПДК_{МР}. $R_{\text{ЗАЗ ЦЖ}}$ является корнем уравнения $C_{\text{MAX ЦЖ}}(r) - 1 = 0$.

3) *Средняя концентрация с учетом розы ветров, доли предельно-допустимой концентрации среднесуточной (ПДК_{СС})* (ПДК_{СС} = 0,0003 мг/м³)



$$C_{\text{ср.ЦЖ}}(r, \alpha) = k_{\alpha} C_{\text{МАХ ЦЖ}}(r) \times \text{ПДК}_{\text{МР}}/\text{ПДК}_{\text{СС}},$$

где $k_{\alpha}(\alpha)$ – азимутальный коэффициент, соответствующий розе ветров данной территории и показывающий долю времени в течение года ветров в указанном азимутальном направлении, о. е.; $\text{ПДК}_{\text{МР}} = 0,001 \text{ мг/м}^3$.

Для условий г. Комсомольска-на-Амуре роза ветров имеет вид, представленный в табл. 1.

Таблица 1

Роза ветров для г. Комсомольска-на-Амуре

Азимут	Ю	С	СВ	ЮВ	СЗ	В	ЮЗ	З
k_{α}	0,41	0,31	0,1	0,07	0,04	0,03	0,03	0,01

4) *Размеры опасных зон*, сформированных пересечением поверхности $C_{\text{ср.ЦЖ}}(r, \alpha)$ и плоскости $C = \text{ПДК}_{\text{СС}}$, $R_C(\alpha)$, км. В этой зоне нарушены критерии качества воздушной среды для населения, проживавшего в исследуемый период T на загрязненной территории. $R_C(\alpha)$ являются корнями уравнений $C_{\text{ср.ЦЖ}}(r, \alpha) - 1 = 0$.

5) *Коэффициент опасности* ингаляционных неканцерогенных эффектов, доли RfC [1]:

$$HQ(r, \alpha) = C_{\text{ср.ЦЖ}}(r, \alpha) \times \text{ПДК}_{\text{СС}} / RfC,$$

где $HQ(r, \alpha)$ – коэффициент опасности, о. е.; $C_{\text{ср.ЦЖ}}(r, \alpha)$ – средняя концентрация за «цикл жизни» предприятия, доли $\text{ПДК}_{\text{СС}}$; RfC – референтная концентрация, мг/м^3 , $RfC = 0,0005 \text{ мг/м}^3$.

Коэффициент опасности (HQ) – отношение воздействующей дозы (концентрации) химического вещества к его безопасному (референтному) уровню воздействия.

6) *Размеры опасных зон*, сформированные пересечением поверхности $HQ(r, \alpha)$ и плоскости $HQ = 1$, $R_{HQ}(\alpha)$, км. В этой зоне коэффициент опасности ингаляционных неканцерогенных эффектов превышает безопасные уровни. У населения, проживавшего в исследуемый период T на загрязненной территории, существует вероятность увеличения частоты заболеваний, обусловленных действием исследуемого вещества. $R_{HQ}(\alpha)$ являются корнями уравнений $HQ(r, \alpha) - 1 = 0$.

7) *Ингаляционный индивидуальный канцерогенный риск* [1]

$$RC(r, \alpha) = SF_i \times LADD(r, \alpha),$$

где $RC(r, \alpha)$ – ингаляционный индивидуальный канцерогенный риск; SF_i – фактор канцерогенного потенциала при ингаляционном действии, $(\text{мг/кг} \cdot \text{день})^{-1}$; $LADD(r, \alpha)$ – среднесуточная доза в течение жизни, $\text{мг/кг} \cdot \text{день}$.

«Индивидуальный риск – оценка вероятности развития неблагоприятного эффекта у экспонируемого индивидуума, например, риска развития рака у одного индивидуума из 1000 лиц, подвергавшихся воздействию. При оценке риска, как правило, оценивается число дополнительных по отношению к фону случаев нарушений состояния здоровья, т.к. большинство заболеваний, связанных с воздействием среды обитания, встречаются в популяции и при отсутствии анализируемого воздействия. Канцерогенный риск – вероятность развития злокачественных новообразований на протяжении всей жизни человека, обусловленная воздействием потенциального канцерогена. Канцерогенный риск представляет собой верхнюю доверительную границу дополнительного пожизненного риска»[1]. Ингаляционный риск означает, что рассматривается только один путь поступления вещества в организм человека (ингаляционный) и одна воздействующая среда (воздух).

$$LADD(r, \alpha) = C_{\text{ср.ЦЖ}}(r, \alpha) \times \text{ПДК}_{\text{СС}} \times CR \times EF \times ED / (BW \times AT \times 365),$$

где $C_{\text{ср.ЦЖ}}(r, \alpha) \times \text{ПДК}_{\text{СС}}$ – среднесуточная концентрация вещества в загрязненной среде, мг/м^3 ; CR – скорость поступления воздуха, $\text{м}^3/\text{день}$; EF – частота воздействия, день/год;

ED – продолжительность воздействия, лет; BW – масса тела человека, кг; AT – период усреднения экспозиции; 365 – число дней в году.

8) *Размеры опасных зон*, сформированные пересечением поверхности $RC(r, \alpha)$ и плоскости $RC = 10^{-6}$, $R_{RC}(\alpha)$, км. В этой зоне ингаляционный канцерогенный риск выше пренебрежимо мало. У населения, проживавшего в исследуемый период T на загрязненной территории, существует вероятность увеличения частоты онкозаболеваний, обусловленных действием исследуемого вещества. $R_{RC}(\alpha)$ определяются как корни уравнений $RC(r, \alpha) - 1 = 0$.

9) *Плотность потока вещества* $P_{ЦЖ}$ на подстилающую поверхность по среднесуточным данным из-за ограниченности объема статьи будет рассмотрена в следующей публикации.

10) *Средневзвешенная концентрация для прогнозирования рисков* после закрытия завода

$$C_{\text{ср.взв.}} = \frac{C_{\text{ЗАЗ}} \cdot k \cdot \Delta + C_{\text{о.с.}} \cdot b}{k \cdot \Delta + b},$$

где $C_{\text{ср.взв.}}(t)$ – средневзвешенная концентрация свинца за исследуемый период, мг/м^3 ; $C_{\text{ЗАЗ}}$ – среднесуточная концентрация свинца в ЗАЗ, мг/м^3 ; k – номер точки, $k = 0, 1, 2, \dots, 6$ на оси времен; Δ – шаг по оси времен, лет; $C_{\text{о.с.}}$ – концентрация свинца после закрытия завода, мг/м^3 ; b – период с момента закрытия завода до настоящего времени, лет.

Результаты исследования (на примере выбросов свинца заводом по производству свинцовых аккумуляторных батарей ОАО «КнААЗ» в г. Комсомольске-на-Амуре).

«Цикл жизни» ОАО «КнААЗ» – с 1942 по 2005 гг. ($T = 64$). Входные данные представлены Е. И. Гореликовой [2; 3]. В [6] показан переход от динамики концентрации в каждой точке исследуемой территории к средней за «цикл жизни» завода. В расчете учтена 8-румбовая ($k = 8$) роза ветров для г. Комсомольска-на-Амуре (см. табл. 1). В качестве карты-основы использовалась электронная карта г. Комсомольска-на-Амуре масштаба 1:10 000, разработанная ФГУ «ДВ АТП» в 2008 г. Привязка к местности проведена в программе «Экограф» на стадии формирования входных данных. Результаты расчета нанесены на карту с помощью программы «Corel draw». Обоснование возможности работы в такой программе, как одной из возможных версий ГИС-технологий, приведено в работах Ю. Г. Лещева [4; 5].

Исходную кривую $C_{\text{МАХ ЦЖ}}(r)$ можно интерполировать или аппроксимировать. Для практического использования более удобна аппроксимирующая функция. Аппроксимирующая исходную кривую $C_{\text{МАХ ЦЖ}}(r)/C_{\text{МАХ ЦЖ}}(R_1)$, представленную в относительных единицах, функция представляет собой кубический полином:

$$F(r) = a_1 \times r^{-1} + a_2 \times r^{-2} + a_3 \times r^{-3},$$

где $a_1 = 217,781$; $a_2 = 2,249 \cdot 10^4$; $a_3 = -2,49 \cdot 10^6$.

На рис. 2 построены исходная кривая $C_{\text{МАХ ЦЖ}}(r)$ в относительных единицах (кривая 1) и аппроксимирующей ее полином (кривая 2). За единицу принято наибольшее значение функции в первой расчетной точке $C_{\text{МАХ ЦЖ}}(R_1)$. Все рассматриваемые в настоящей работе параметры, характеризующие опасность предприятия за «цикл жизни», имеют такой же характер затухания.

Границы опасных областей для всех параметров по румбам ветров могут быть найдены как корни уравнения:

$$F_{aj}(r) - Kr_j = 0,$$

где j – вид параметра (C, HQ, CR, P); Kr_j – принятый для параметра j критерий безопасности.

На рис. 3 показан характер затухания средних концентраций свинца в долях ПДК_{СС} по мере удаления от предприятия по основным азимутальным направлениям. Нумерация кривых 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 соответствует азимутальным направлениям С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ.

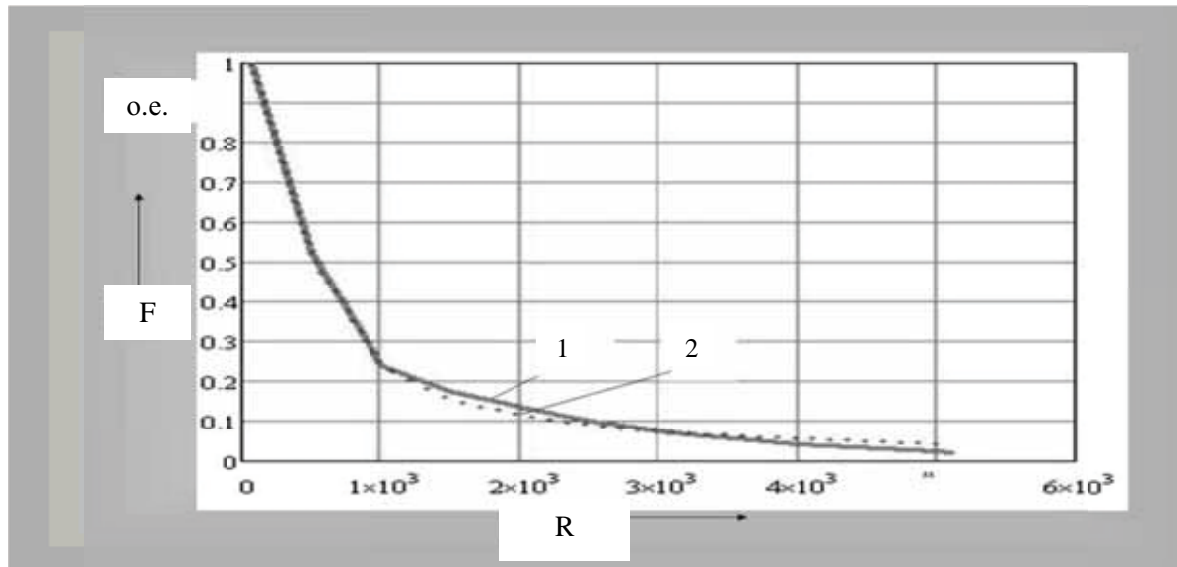


Рис. 2. Исходная кривая в относительных единицах (кривая 1) и аппроксимирующий ее кубический полином (кривая 2)

Сводные данные по границам опасных зон, сформированных выбросами свинца ОАО «КнААЗ» за 64 года представлены в табл. 2. На рис. 4 показано изменение размеров границ опасных зон в зависимости от азимута для средних концентраций свинца, сформированных за «цикл жизни» ОАО «КнААЗ». На рис. 5 проведено картографирование опасных зон.

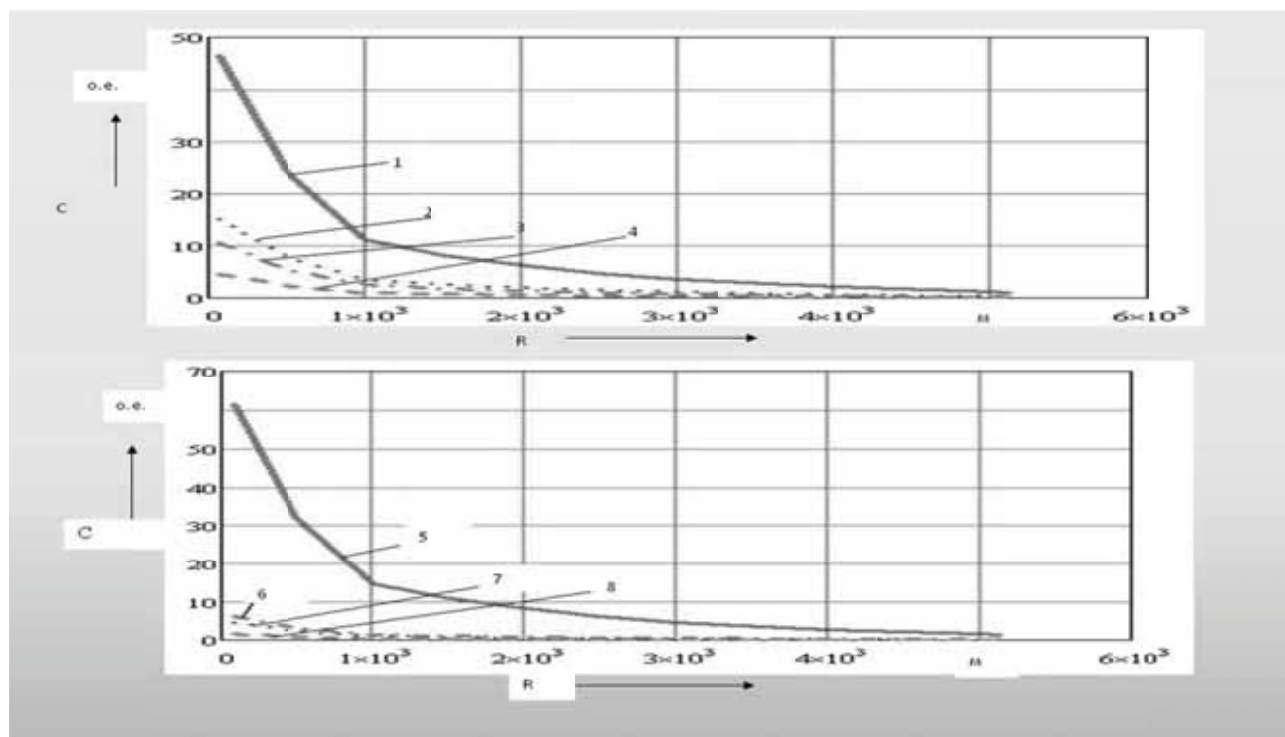


Рис. 3. Затухание средних концентраций свинца в долях ПДК_{сс}, сформированных за «цикл жизни» ОАО «КнААЗ», по основным азимутальным направлениям

Сводные данные по границам опасных областей $R_{Гр}$

Показатель опасности	Границы опасных областей по основным азимутальным направлениям							
	Ю	С	СВ	ЮВ	СЗ	В	ЮЗ	З
$RC \times 10^{-6} \geq 1$	8,5	7,9	5,0	4,1	3,1	2,7	2,7	0,9
$HQ \geq 1$	5,0	4,25	2,20	1,75	0,8	0,7	0,7	0,1
$C_{Ср. многол} / ПДК_{СС} \geq 1$	6,0	5,125	3,25	2,5	1,5	1,0	1,0	0,3
$C_{Ср. многол} / ПДК_{МР} \geq 1$	$R_{МАХ} = 5,125 \text{ м}$							

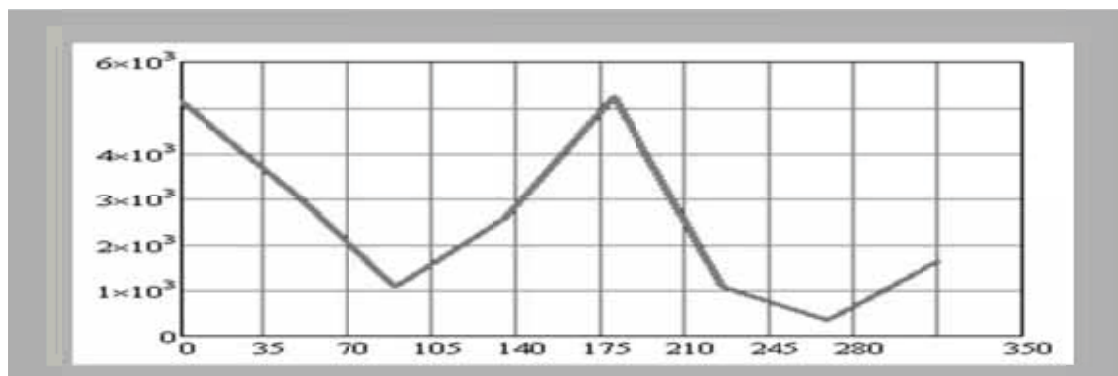


Рис. 4. Изменение размеров границ опасных зон в зависимости от азимута α , град, для средних концентраций свинца, сформированных за «цикл жизни» ОАО «КнААЗ», $R_C(\alpha)$, км ($\alpha = 0$ соответствует направлению на север, перебор азимутальных направлений по часовой стрелке)

Концентрации свинца. Среднегодулетний радиус зоны активного загрязнения $R_{ЗАЗ ЦЖ}$, ограниченной изолинией $C_{max} = ПДК_{МР}$ за 64 года менялся от 12 км (1990 г.) до 1 км (2002 г.) [2; 3] и по среднегодулетним данным составил 5,125 км. Он далеко выходит за минимальные размеры санитарно-защитной зоны в 0,5 км, рекомендованной СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» для предприятий подобного типа. ЗАЗ описывает область вероятностей всех возможных ситуаций при изменении объемов производств, направлений и сил ветров в течение «цикла жизни» предприятия.

Наибольшие концентрации в ближайших точках жилья по среднегодулетним данным составили:

- с северной стороны – на расстоянии 300 м ($0,0102 \text{ мг/м}^3$ или 33 ПДК_{СС});
- с южной стороны – на расстоянии 500 м ($0,009635 \text{ мг/м}^3$ или 32 ПДК_{СС});
- с восточной стороны – на расстоянии 100 м ($0,00449 \text{ мг/м}^3$ или 15 ПДК_{СС});
- с северо-западной стороны – на расстоянии 75 м ($0,0018 \text{ мг/м}^3$ или 6 ПДК_{СС});
- с западной стороны – на расстоянии 50 м ($0,00045 \text{ мг/м}^3$ или 1,5 ПДК_{СС}).

Размеры территории с нарушенными критериями качества воздушной среды для населения, ограниченные изолинией $C_{Ср. ЦЖ} = ПДК_{СС}$, по среднегодулетним данным равны (см. табл. 2): в направлении на юг – 6 км; в направлении на север – 5,1 км; в направлении на запад – 1,5 км; в направлении на восток – 1 км.

Риски для здоровья. В [1] указано «наличие эпидемиологических критериев риска» от действия повышенных концентраций свинца, «т.е. зависимостей концентрация-ответ, полученных в эпидемиологических исследованиях». В зоне, представленной на рис. 5, а, у проживавших там групп населения может быть повышен риск появления таких *неканцерогенных эффектов*, как повышенная «концентрация свинца в крови плода, детей, мужчин,

женщин; снижение интеллекта у детей; неонатальная смертность; гипертензии; заболевания коронарных сосудов сердца; инсульт; преждевременная смерть вследствие гипертензии» [1].

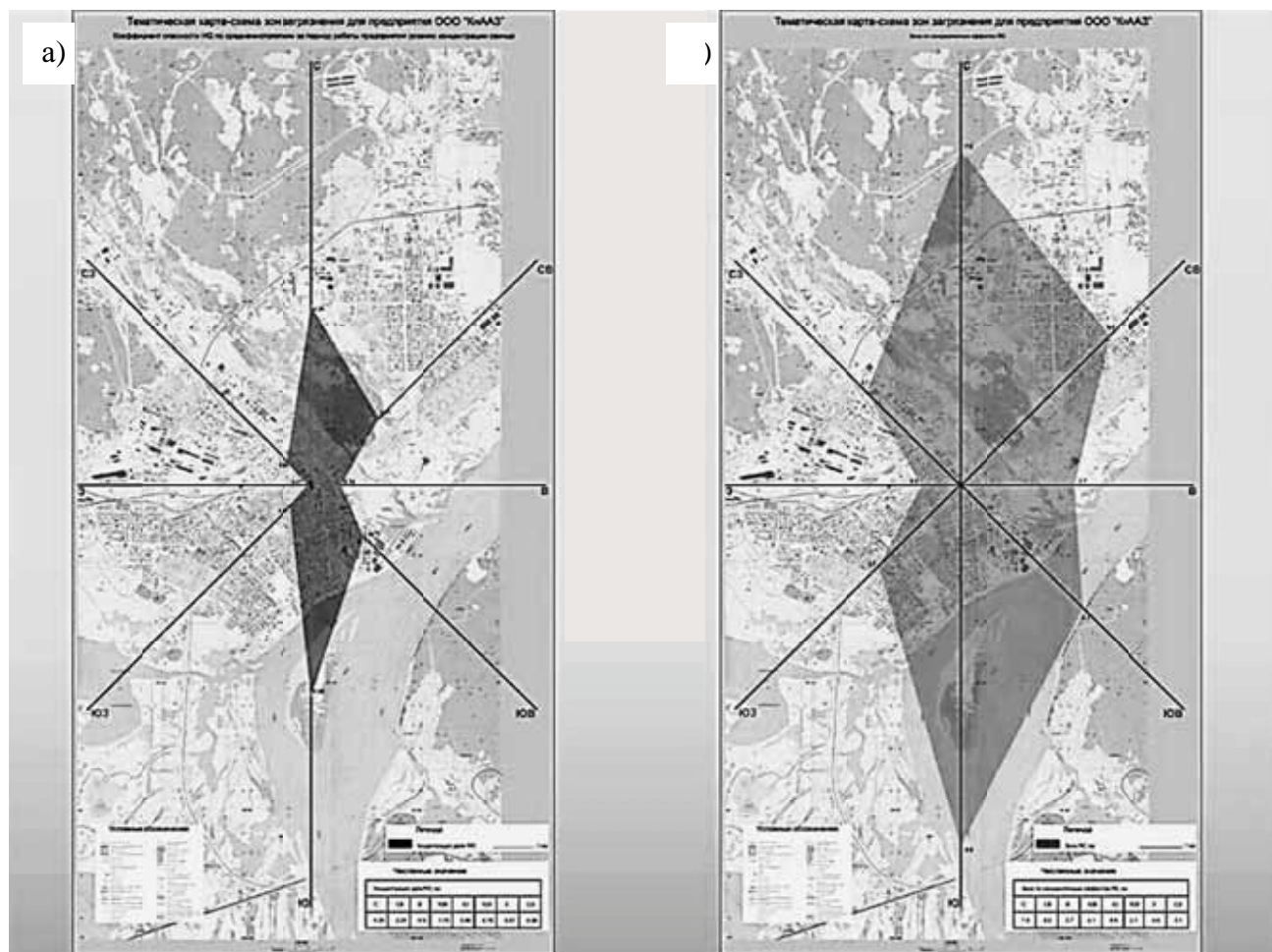


Рис. 5. Зона возможных неканцерогенных эффектов по свинцу по среднегодовым данным с $HQ > 1$ ($RfC = 0,0005 \text{ мг/м}^3$)(а), зона возможных канцерогенных эффектов по свинцу с $RC \times 10^{-6} > 1$ (б)

Неканцерогенный ингаляционный риск у населения, проживающего вблизи предприятия, в 4,8 раза выше, чем у населения, проживающего на границе опасной зоны.

Канцерогенные риски рассчитаны по стандартным факторам экспозиции при условии постоянного проживания населения в зоне загрязнения в течение 70 лет. Канцерогенный риск для взрослых, работавших на ОАО «КнААЗ» и проживавших вблизи предприятия, рассмотрен нами в [6] и поэтому здесь не рассматривается.

В зоне, представленной на рис. 5, б, у проживавших там групп населения риск канцерогенных эффектов выше пренебрежимо малых (10^{-6}), но ниже порога допустимых рисков для населения (10^{-4}). Исключение составляют группы населения, проживавшие на расстоянии 150 м и ближе в направлении на север от предприятия и проживавшие в направлении на юг на расстоянии 400 м и ближе от предприятия. Здесь риск выше 10^{-4} .

Канцерогенный ингаляционный риск у населения, проживавшего вблизи предприятия, в 2,7 раза выше, чем у населения, проживавшего на границе опасной зоны.

Затухание влияния свинцовой интоксикации после закрытия завода в функции от года рождения населения (для группы населения, проживающей на юге от ОАО «КнААЗ» с 1978 по 2005 гг.) по канцерогенным и неканцерогенным эффектам показано в табл. 3.

Таблица 3

Затухание влияния свинцовой интоксикации после закрытия завода по производству аккумуляторных батарей в г. Комсомольске-на-Амуре в функции от года рождения (возраста) населения

Неканцерогены			Канцерогены		
Год рождения	Возраст на 2011 г.	<i>HQ</i>	Год рождения	Возраст на 2011 г.	$RC \times 10^{-6}$
1978	37	29	1978	37	68
1985	26	28	1987	24	63
1990	21	26	1996	15	51
1995	16	23	2005	6	2
2000	11	17			
2005	6	0,8			

Как следует из представленных данных, только для современной шестилетней популяции и моложе по неканцерогенным эффектам коэффициент опасности *HQ* будет ниже единицы. Для более старшего контингента населения риски будут заметными, а длительность существования опасной ситуации составит примерно 60 лет.

По канцерогенным эффектам риск пренебрежимо малый для современной шестилетней популяции и моложе. Для населения старше 6 лет риски будут выше пренебрежимо малых, но не превысят предельно допустимый уровень.

Обсуждение результатов.

Неопределенности, влияющие на достоверность итоговых оценок и результатов:

1) Достоверность входных данных. В приведенном примере расчета исходные поля концентраций получены по программе «Эколог» (модель проф. Берлянта) для каждого года работы предприятия (1942 – 2005 гг.). Мощности выбросов свинца определялись:

- за период с 1942 по 1984 гг. на основе схемы материально-сырьевого баланса;

- за период с 1985 по 2005 гг. на основе данных измерений концентрации свинца в исходящих газах с учетом перехода в 2000 г. с весового метода на фотометрический. Результаты, полученные по модели проф. Берлянта, нацелены на получение максимальных годовых оценок, однако модели проф. Берлянта не учитывают неблагоприятные метеоусловия, приближенно с помощью постоянных коэффициентов учитывают рельеф местности, скорость оседания в зависимости от дисперсности частиц и другое, что может занижать полученный результат.

Для г. Комсомольска-на-Амуре 20 – 25 % времени года существуют условия, неблагоприятные для рассеивания выбросов, поэтому не следует надеяться, что результат сильно завышен. Сопоставление данных моделирования на границе СЗЗ показало погрешность 7,0 – 17,4 % по сравнению с данными измерений (табл. 4).

Таблица 4

Среднегодовые концентрации свинца, выбрасываемого в атмосферу за период отсутствия выбросов от автотранспорта (2004 – 2005 гг.) СЗЗ ОАО «КНААЗ»

Метод	Среднегодовая концентрация, мг/м ³	
	2004 г.	2005 г.
Измерения центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ)	0,0002	0,0002
Моделирование	$0,214 \times 10^{-3}$	$0,2348 \times 10^{-3}$
Относительная погрешность	7,0 %	17,4 %

Снижение этого вида неопределенностей возможно путем применения других моделей для расчета рассеивания, определения мощностей выбросов с учетом изменения за квартал, месяц.



2) Неточность алгоритма расчета, которая может быть уменьшена за счет уменьшения шага по r и по α или построением алгоритма расчета на обработке исходных полей концентраций $C_{\text{МАХ}}(x, y)$, полученных на моделях, более точных по сравнению с моделью проф. Берлянта.

3) Неопределенности оценок риска, обусловленные неточностью определения концентраций и неточностью сценария.

Рассмотренный в работе *алгоритм*, несомненно, не может претендовать на высокий уровень точности при определении величин концентраций и связанных с ней других параметров. Он *предназначен для получения ранговых оценок существующих проблем и установления на этой основе приоритетов мероприятий* по регулированию уровня риска для здоровья населения от некачественной окружающей среды.

Интерпретация результатов. Полученные в работе результаты говорят о существовании потенциальной опасности для населения после закрытия завода в современной ситуации и в достаточно длительной перспективе. Опасности обусловлены накопленным действием в результате того, что пожизненная доза формировалась с учетом длительного проживания на загрязненной территории.

К группе максимального риска следует отнести персонал предприятия ОАО «КнААЗ» и население 1984 – 1996 гг. рождения, так как их период взросления пришелся на пик выбросов свинца в атмосферу города [6].

Уровень канцерогенной опасности от выбросов свинца ОАО «КнААЗ» следует признать низким. Однако при комплексных оценках риска с учетом других путей поступления следует учитывать полученный в настоящем исследовании результат.

Неканцерогенные эффекты будут заметными еще на протяжении десятков лет. Поэтому необходимы проведение дополнительных медицинских исследований по мониторингу здоровья населения и разработка комплекса мер защитных и реабилитационных мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Р 2.1.10.1920-04.** Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
2. **Гореликова, Е. И.** Разработка модели промышленного предприятия для ретроспективного анализа загрязнения окружающей среды на примере Комсомольского-на-Амуре аккумуляторного завода (ОАО КнААЗ) / Е. И. Гореликова // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре гос. техн. университета. Науки о природе и технике. – 2010. – № III-1(4). – С. 112-121.
3. **Гореликова, Е. И.** Свинцовое загрязнение в г. Комсомольске-на-Амуре / Е. И. Гореликова, И. П. Степанова // Пятый краевой конкурс-конф. молодых ученых и аспирантов под патронажем губернатора Хабаровского края ДВО РАН, Хабаровск, 20 янв. 2003 г. – Хабаровск: Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, 2003.
4. **Лещев, Ю. Г.** Применение графических методов для решения задач в экологических проектах / Ю. Г. Лещев // Сб. трудов 8-й Междунар. науч.-практ. конф. в области экологии и безопасности жизнедеятельности «Дальневосточная весна-2008». – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2008. – С. 426-428.
5. **Лещев, Ю. Г.** Совершенствование системы управления в области земельных отношений / Ю. Г. Лещев // Сб. трудов 9-й Междунар. науч.-практ. конф. в области экологии и безопасности жизнедеятельности «Дальневосточная весна-2009». – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2009. – С. 145-162.
6. **Гореликова, Е. И.** Оценка ингаляционного канцерогенного риска здоровью населения г. Комсомольска-на-Амуре от свинцового загрязнения / Е. И. Гореликова, М. В. Гаврилова, И. П. Степанова // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре гос. техн. университета. Науки о природе и технике. – 2011. – № I-1(5). – С. 93-102.