

**Гореликова Е. И., Гаврилова М. В., Степанова И. П.**  
ОЦЕНКА ИНГАЛЯЦИОННОГО КАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ  
Г. КОМСОМОЛЬСКА-НА-АМУРЕ ОТ СВИНЦОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

**Гореликова Е. И., Гаврилова М. В., Степанова И. П.**  
**E. I. Gorelikova, M. V. Gavrilova, I. P. Stepanova**

**ОЦЕНКА ИНГАЛЯЦИОННОГО КАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ  
НАСЕЛЕНИЯ Г. КОМСОМОЛЬСКА-НА-АМУРЕ ОТ СВИНЦОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

**ESTIMATION OF THE RISKS INHALATION OF CARCINOGENIC LEAD POLLU-  
TIONS POSES TO THE HEALTH OF KOMSOMOLSK-ON-AMUR'S POPULATION**

**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 of Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: gorelikova\_ei@mail.ru.

**Гаврилова Мария Васильевна** – студентка Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: grains\_of\_wisdom@mail.ru.

**Ms. Maria V. Gavrilova** – student of Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: grains\_of\_wisdom@mail.ru.

**Степанова Ирина Павловна** – доктор технических наук, профессор Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: prof.stepanova@mail.ru.

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

**Аннотация.** Данная статья посвящена определению значений возможного индивидуального ингаляционного канцерогенного риска от свинца для взрослых и детей, которые оказались в пределах санитарно-защитной зоны Комсомольского-на-Амуре аккумуляторного завода. Сценарий включает в себя детей, которые посещали ближайший к территории завода детский сад и жили в границах санитарно-защитной зоны, и взрослых, которые работали на заводе и жили в границах санитарно-защитной зоны предприятия. Оценка дается на основании ретроспективных данных за весь период существования завода (63 года). Рассмотрены интенсивность работы предприятия в различные периоды времени, изменение концентрации в зависимости от увеличения расстояния от предприятия, розы ветров.

**Summary.** This article is devoted to determination of ranges possible individual inhalation carcinogenic risks from lead for adults and children, who appeared in the within the boundaries kindergarten of sanitary-protective zone of Komsomolsk-on-Amur Battery Plant. The script includes children, who visited closest to the plant nursery and lived in the boundaries of sanitary-protective zone, and adults, who worked in the plant and lived in the boundaries of sanitary-protective zone of enterprise. The estimation is given on the basis of retrospective data for the entire period of the plant (63 year). Considered the intensity of the enterprise in different time periods, concentration change increasing distance from the enterprise, wind rose.

**Ключевые слова:** доза, канцерогенный риск, свинец, санитарно-защитная зона, роза ветров, концентрация, рабочая зона, жилая зона.

**Key words:** dose, carcinogenic risk, lead, sanitary-protective zone, prevailing winds, concentration, work zone, residential zone.

УДК 614

В целой серии работ [1-7] были опубликованы данные по оценке загрязнения территории г. Комсомольска-на-Амуре выбросами свинца электротехнического завода (ООО «КнААЗ») за его полный жизненный цикл: с момента открытия в 1942 г. до момента консервации в 2005 г. (63 года). Для каждого года этого периода были построены параметрические модели предприятия, которые позволили с помощью математической модели проф. Берлян-



гда (методика ОНД-86 и программа «Эколог») получить распределение полей максимальных концентраций свинца на территории города в пределах зоны его влияния.

В настоящем исследовании на основании полученных расчетных данных проведена оценка канцерогенного риска здоровью населения [8] от свинцового загрязнения воздушной среды. *Индивидуальный канцерогенный риск* определяется по формуле

$$CR = LADD \cdot SF, \quad (1)$$

где LADD – среднесуточная доза в течение жизни, мг/кг·день; SF – фактор канцерогенного потенциала, (мг/кг·день)<sup>-1</sup>. Он характеризует степень нарастания канцерогенного риска с увеличением воздействующей дозы на одну единицу. Этот показатель отражает верхнюю, консервативную оценку канцерогенного риска за ожидаемую продолжительность жизни человека (70 лет). Значения SF устанавливаются отдельно для ингаляционного SF<sub>i</sub> и перорального SF<sub>o</sub> поступления химических канцерогенов. Ингаляционный фактор наклона для свинца SF<sub>i</sub> = 0,042 (мг/кг·день)<sup>-1</sup> [8].

*Среднесуточная доза* рассчитывается по формуле

$$LADD = \frac{C \cdot CR \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365}, \quad (2)$$

где LADD – средняя суточная доза, мг/кг·день; C – среднесуточная концентрация вещества в загрязненной среде; CR – скорость поступления воздуха, м<sup>3</sup>/день; EF – частота воздействия, дней/год; ED – продолжительность воздействия, лет; BW – масса тела человека, кг; AT – период усреднения экспозиции (для канцерогенов AT = 70 лет); 365 – число дней в году.

Таким образом, для оценки канцерогенного ингаляционного риска имеется математическая модель, позволяющая рассчитывать и исследовать риск от таких параметров, как величина среднесуточной концентрации в загрязненной зоне, продолжительность проживания в этой зоне, возраст населения (взрослые, дети). В свою очередь, среднесуточная концентрация является функцией координат расчетной площадки: она убывает по мере удаления от предприятия, а на одном и том же расстоянии от промышленной площадки – меняется по азимуту в соответствии с розой ветров.

Кроме того, весь цикл жизни предприятия характеризуется пятью временными периодами с существенно разными мощностями выбросов площадки; разными радиусами зон влияния, разными скоростями затухания концентрации по мере удаления от источника.

Расчет индивидуального канцерогенного риска возможен для любого жителя нашего города, однако нужно задать сценарий событий (кто, где и сколько проживал и в каких условиях). Более того, по плотности проживания населения может быть определен и популяционный риск.

В настоящем исследовании мы задались целью определить индивидуальный канцерогенный риск для групп населения, оказавшихся в наиболее тяжелых условиях по сравнению со всеми другими.

ОАО «КнААЗ» был основан в 1942 г., когда страна находилась в состоянии войны, и построен на окраине молодого города. Шло время, строился город, и постепенно завод оказался расположенным в его центральной части. Буквально в пятидесяти метрах от границы территории предприятия расположился один из городских стадионов, а также дом культуры. Практически здесь же начинается жилой сектор центральной части города, в которой проживает около 200 тыс. чел.

В качестве группы максимального риска мы выбрали население, оказавшееся внутри СЗЗ предприятия: это область пространства в 50 м от территории предприятия (ближайшие точки жилой зоны) и до 100 м от территории предприятия (граница СЗЗ по старым документам. По современным требованиям минимальный размер СЗЗ – 300 м).

В этой области (от 50 до 100 м) концентрация падает по мере удаления от предприятия. В качестве расчетной величины нами была принята средняя для рассматриваемого диа-

пазона изменения радиусов концентрация, которая определялась на расстоянии 75 м от территории предприятия: это максимальная концентрация свинца, полученная расчетным методом в точке № 1 ( $x = 5310$  м,  $y = 4499$  м,  $h = 2$  м) ( $R = \text{const}$ ).

На рис. 1 показано, как изменялась концентрация в точке № 1 в период с 1942 по 2005 гг. Концентрация представлена в долях ПДК<sub>м.р.</sub> = 0,001 мг/м<sup>3</sup>.

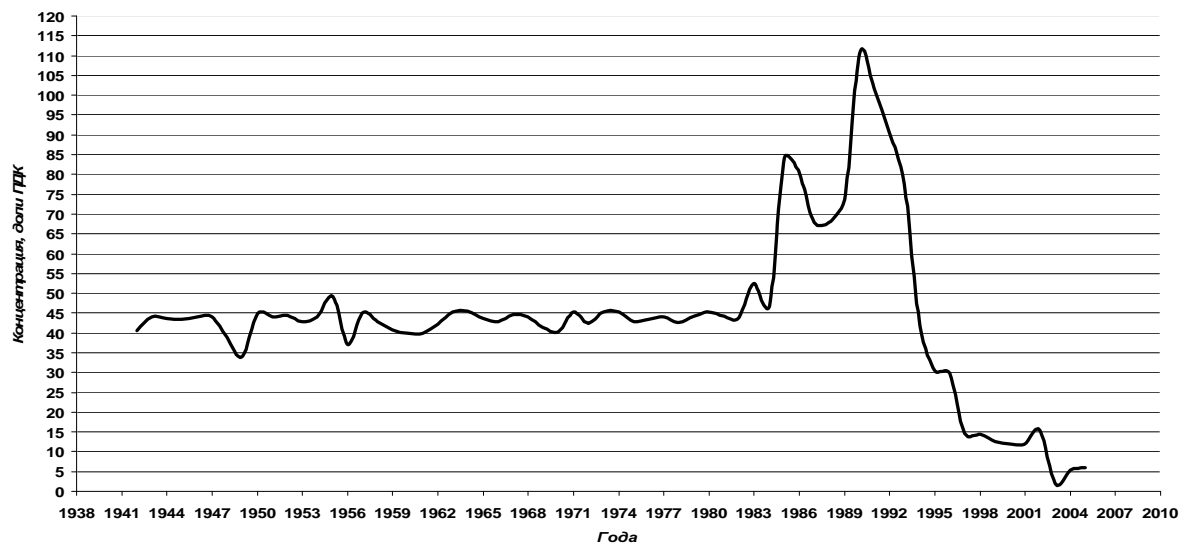


Рис. 1. Максимальные расчетные концентрации свинца в точке № 1 в период с 1942 по 2005 гг. (ПДК<sub>м.р.</sub> = 0,001 мг/м<sup>3</sup>)

Представленные на рис. 1 данные показывают, что можно выделить пять временных периодов по величине максимальной концентрации (см. рис. 2):

- 42 года (1942-1984) со средней за период максимальной концентрацией 44 ПДК<sub>м.р.</sub>;
- 9 лет (1984-1993) со средней за период максимальной концентрацией 89 ПДК<sub>м.р.</sub>;
- 3 года (1993-1996) со средней за период максимальной концентрацией 60 ПДК<sub>м.р.</sub>;
- 6 лет (1996- 2002) со средней за период максимальной концентрацией 18 ПДК<sub>м.р.</sub>;
- 3 года (2002-2005) со средней за период максимальной концентрацией 9 ПДК<sub>м.р.</sub>.

Среднемноголетний уровень максимальной концентрации свинца в рассматриваемой точке за 63-летний период составил 45 ПДК<sub>м.р.</sub>.

Для расчета среднесуточной дозы необходимо определить среднесуточную концентрацию свинца. Среднесуточная концентрация определялась как средневзвешенная по периодам года максимальная концентрация, исходя из допущения, что при направлении ветра на расчетную точку  $C = C_{\text{max}}$ , а при других направлениях ветра  $C = C_{\text{з.в.}} = 0,05$  ПДК<sub>м.р.</sub>:

$$C_{\text{с.с.}} = C_{\text{max}} \cdot K + C_{\text{з.в.}} \cdot (1 - K), \quad (3)$$

где  $C_{\text{с.с.}}$  – среднесуточная концентрация, мг/м<sup>3</sup>;  $C_{\text{max}}$  – максимальная концентрация, мг/м<sup>3</sup>;  $K$  – доля дней в году с заданным направлением ветров;  $C_{\text{з.в.}}$  – максимальная концентрация в зоне влияния, мг/м<sup>3</sup>,  $C_{\text{з.в.}} = 0,05$  ПДК<sub>м.р.</sub>.

Как следует из формулы (3), среднесуточная концентрация  $C_{\text{с.с.}}$  является функцией азимута. В табл. 1 показана роза ветров для г. Комсомольска-на-Амуре. Величина максимальной концентрации зависит от сценария и может быть равной или среднемноголетней, или максимальной за выбранный временной период.

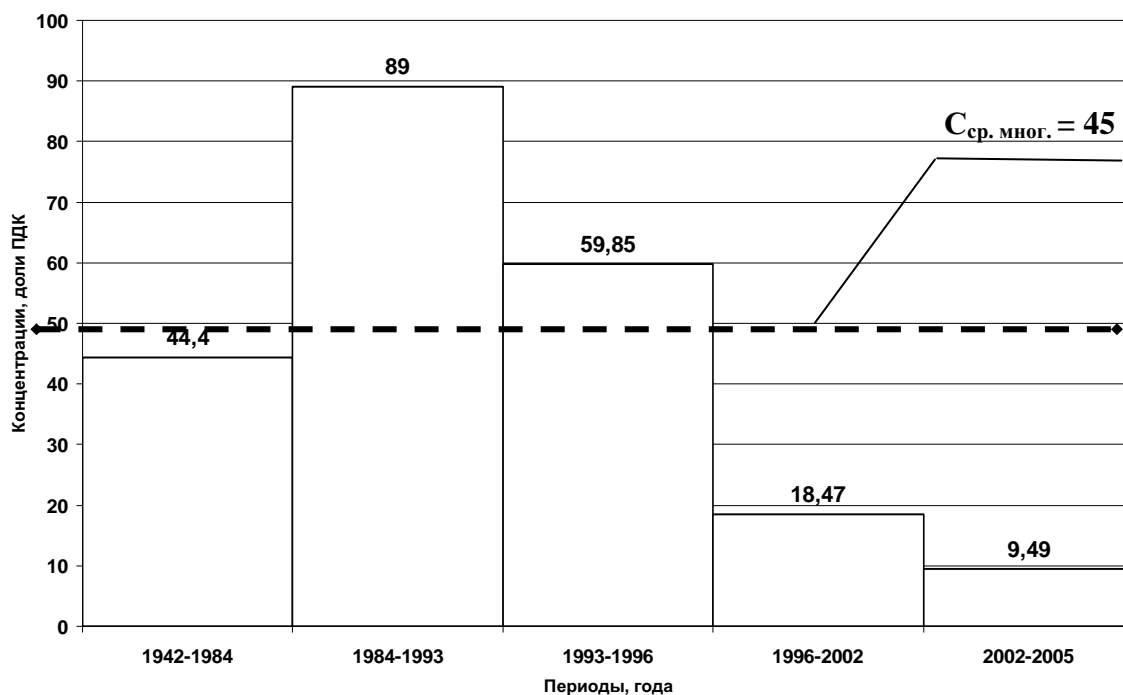


Рис. 2. Периоды с примерно равными уровнями максимальной концентрации свинца в точке № 1 по ул. Кирова 70/2, д/с – ясли № 110

Для оценки канцерогенного индивидуального риска для детей нас будет интересовать направление на северо-запад (СЗ), т.к. в этом направлении на выбранном радиусе  $R = \text{const}$  расположен д/с – ясли № 110 по ул. Кирова 70/2. Величина среднегодовой розы ветров в этом направлении – 4 % (0,04 о.е. или 15 дней в году) (см. табл. 1).

Таблица 1

Среднегодовая роза ветров для г. Комсомольска-на-Амуре, %

| Направление ветра | Процент дней в течение года с заданным направлением ветров: $100 \cdot K$ |
|-------------------|---|
| С                 | 31  |
| СВ                | 10  |
| В                 | 3   |
| ЮВ                | 7   |
| Ю                 | 41  |
| ЮЗ                | 3   |
| З                 | 1   |
| СЗ                | 4   |

Например, для временного периода 1942 – 1984 гг.  $C_{\text{max}} = 44,4 \text{ ПДК} = 0,0444 \text{ мг/м}^3$ .

$$C_{\text{с.с.}} = C_{\text{max}} \cdot 0,04 + C_{\text{з.в.}} \cdot 0,96 = 0,0444 \cdot 0,04 + 0,050 \cdot 0,001 \cdot 0,96 = 0,001824 \text{ мг/м}^3.$$

На рис. 3 показано изменение концентрации в исследуемой точке (СЗ) в течение года. Расчеты по следующим временным периодам для группы детей, посещавших д/с – ясли № 110, аналогичны и представлены в табл. 2 в  $\text{мг/м}^3$  и в долях  $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$ .

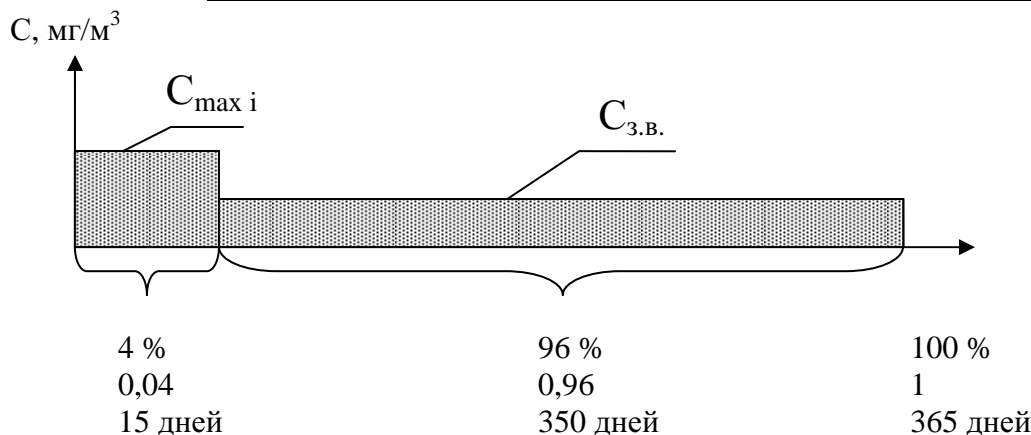


Рис. 3. Распределение концентраций свинца с учетом розы ветров

Примечание:  $C_{\max i}$  – максимальная концентрация за  $i$  временной период;  $C_{з.в.}$  – концентрация в зоне влияния,  $C_{з.в.} = 0,05 \text{ ПДК}_{м.р.} = 0,00005 \text{ мг/м}^3$ .

Таблица 2

Среднегодовые концентрации за временные периоды ( $\text{ПДК}_{с.с.} = 0,0003 \text{ мг/м}^3$ )

| Временной период, года           | Среднесуточная концентрация, $\text{мг/м}^3$ | Среднесуточная концентрация, доли $\text{ПДК}_{с.с.}$ |
|----------------------------------|--|---|
| 1942-1984                        | 0,001824                                     | 6,1   |
| 1984-1993                        | 0,003608                                     | 12  |
| 1993-1996                        | 0,002442                                     | 8,14  |
| 1996-2002                        | 0,0007868                                    | 2,6   |
| 2002-2005                        | 0,0004276                                    | 1,4   |
| Средняя многолетняя концентрация | 0,0018352                                    | 6,1   |

На рис. 4 показаны уровни среднесуточных концентраций в долях  $\text{ПДК}_{с.с.}$  в точке № 1 по ул. Кирова 70/2, д/с – ясли № 110 в выделенные нами временные периоды.

Было принято, что дети проживали в районе д/с круглогодично и находились в д/с с 1,5 до 6 лет (4,5 года) по 10 ч в день в течение 250 дней в году.

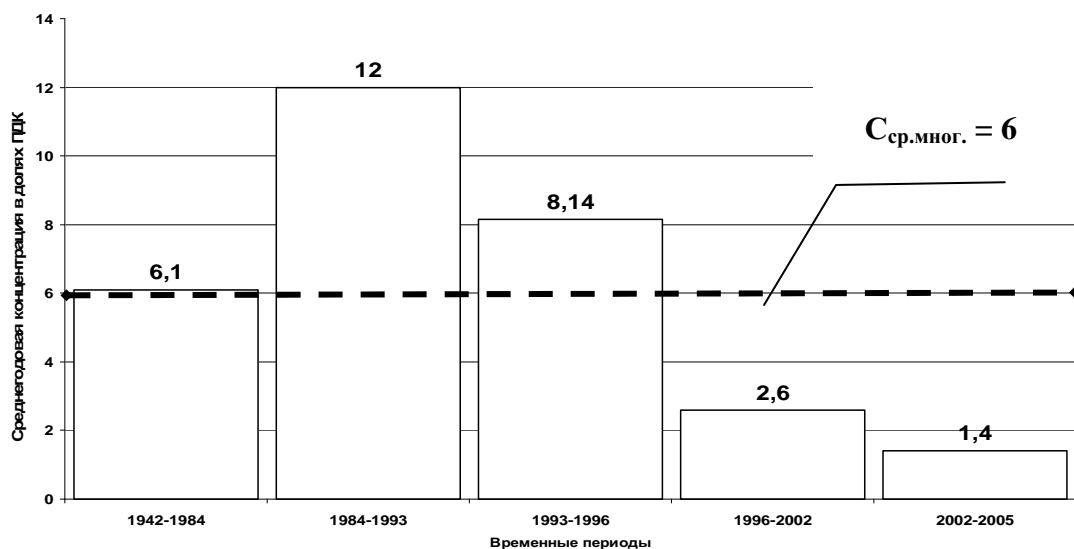


Рис. 4. Среднегодовые концентрации свинца в точке № 1 по ул. Кирова 70/2, д/с – ясли № 110, выделенные по временным периодам с примерно равной концентрацией



Как видно из представленных данных, уровни среднесуточных концентраций  $C_{с.с}$  в долях ПДК $_{с.с}$  оказались равны: среднемноголетний уровень соответствует 6;

с 1942 по 1984 гг. (42 года) – 6,1;

с 1984 по 1993 гг. (9 лет) – 12,0;

с 1993 по 1996 гг. (3 года) – 8,1;

с 1996 по 2002 гг. (6 лет) – 2,6;

с 2002 по 2005 гг. (3 года) – 1,4.

Параметры экспозиции, необходимые для расчета индивидуального канцерогенного риска, представлены в табл. 3.

Таблица 3

### Параметры экспозиции

| Вариант группы  | Скорость поступления воздуха CR, м <sup>3</sup> /день | Частота воздействия EF, дней/год | Продолжительность воздействия ED, лет | Масса тела BW, кг | Период усреднения экспозиции AT, лет |
|---|---|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| Дети, проживавшие в районе д/с круглогодично и находящиеся в д/с по 10 ч в день в течение 250 дней  | 4   | 365                              | 4,5                                   | 15                | 70                                   |
| Взрослые в рабочей зоне   | 20  | 83 <sup>1</sup>                  | 27 <sup>2</sup>                       | 70                | 70                                   |
| Взрослые в жилой зоне   | 20  | 243 <sup>3</sup>                 | 27                                    | 70                | 70                                   |
| 1 Работающие по $250 \text{ дн} \cdot \frac{8 \text{ ч}}{24 \text{ ч}}$ .<br>2 Стаж работы при досрочном выходе на пенсию в 45 лет из-за вредности труда.<br>3 Находящиеся в жилой зоне по $365 \text{ дн} \cdot \frac{16 \text{ ч}}{24 \text{ ч}}$ |   |                                  |                                       |                   |                                      |

Результаты расчетов среднесуточной дозы LADD и индивидуального канцерогенного риска CR для детей сведены в табл. 4 и показаны на рис. 5

Таблица 4

### Результаты расчетов среднесуточной дозы и индивидуального канцерогенного риска для детей

| Вариант группы                         | Временной период, года | Концентрация C, мг/м <sup>3</sup> | Среднесуточная доза LADD, мг/кг·день | Индивидуальный канцерогенный риск, CR |
|--|------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Проживавшие в районе д/с круглогодично | 1942-1984              | 0,001824                          | $3,13 \cdot 10^{-5}$                 | $1,31 \cdot 10^{-6}$                  |
|  | 1984-1993              | 0,003608                          | $6,18 \cdot 10^{-5}$                 | $2,6 \cdot 10^{-6}$                   |
|  | 1993-1996              | 0,002442                          | $4,19 \cdot 10^{-5}$                 | $1,76 \cdot 10^{-6}$                  |
|  | 1996-2002              | 0,0007868                         | $1,35 \cdot 10^{-5}$                 | $0,57 \cdot 10^{-6}$                  |
|  | 2002-2005              | 0,0004276                         | $0,73 \cdot 10^{-5}$                 | $0,31 \cdot 10^{-6}$                  |

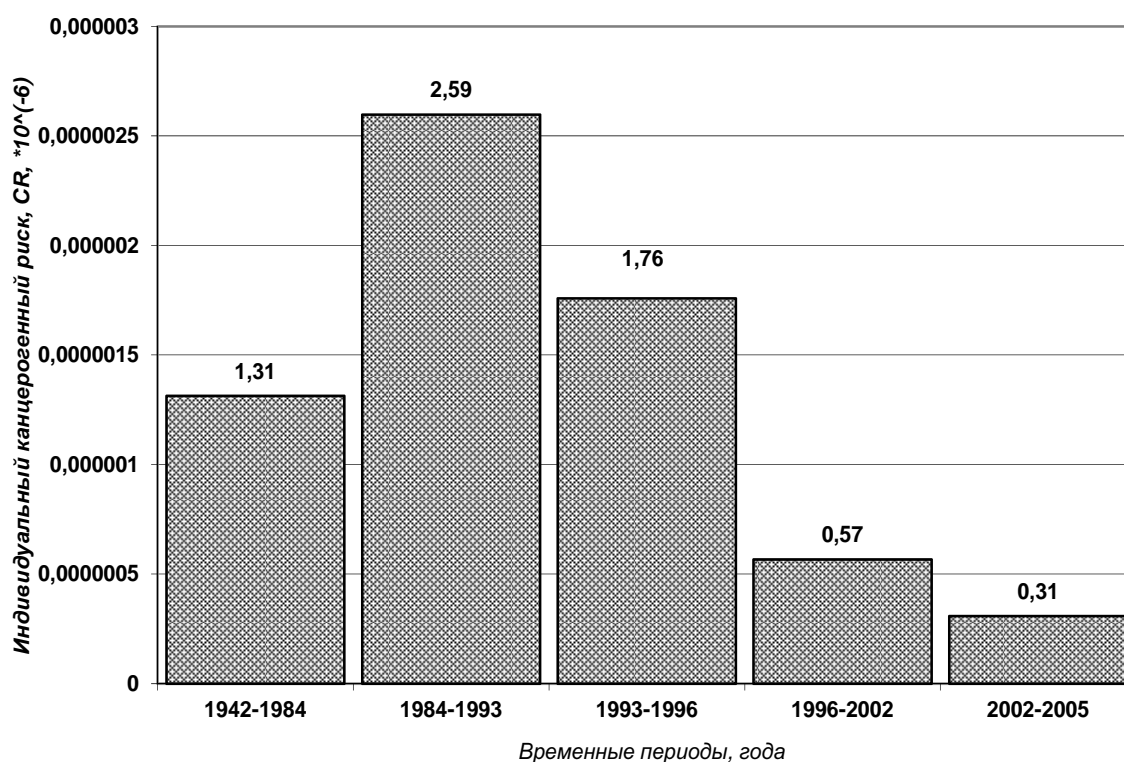


Рис. 5. Распределение индивидуального канцерогенного риска по временным периодам для группы детей, посещавших д/с по ул. Кирова 70/2 с 1,5 до 6 лет и проживавших в районе д/с

По результатам исследования самый худший сценарий развития для группы детей, посещавших д/с по ул. Кирова 70/2 с 1,5 до 6 лет и проживавших в районе д/с, имеет место в периоды с 1984 по 1993 гг. и с 1993 по 1996 гг. Канцерогенный риск для этих периодов наибольший и составляет:

- с 1984 по 1993 гг. –  $2,6 \cdot 10^{-6}$ ;
- с 1993 по 1996 гг. –  $1,8 \cdot 10^{-6}$ .

В случае проживания в районе, расположенном в южном направлении от территории предприятия, индивидуальный канцерогенный риск превысит указанные величины в 10 раз и составит:

- с 1984 по 1993 гг. –  $2,6 \cdot 10^{-5}$ ;
- с 1993 по 1996 гг. –  $1,8 \cdot 10^{-5}$ .

Существует следующая система критериев приемлемости риска по величине: индивидуальный риск в течение всей жизни

- равный или менее  $1 \cdot 10^{-6}$  соответствует одному дополнительному случаю серьезного заболевания или смерти на 1 млн экспонированных лиц и считается пренебрежимо малым. Подобные риски не требуют никаких дополнительных мероприятий по их снижению и их уровни подлежат только периодическому контролю;

- более  $1 \cdot 10^{-6}$ , но менее  $1 \cdot 10^{-4}$  соответствует предельно допустимому риску, т.е. верхней границе приемлемого риска. Именно на этом уровне установлено большинство зарубежных и рекомендуемых международными организациями гигиенических нормативов для населения в целом. Данные уровни подлежат постоянному контролю. В некоторых случаях при таких уровнях риска могут проводиться дополнительные мероприятия по их снижению;

- более  $1 \cdot 10^{-4}$ , но менее  $1 \cdot 10^{-3}$  приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом. Появление такого риска требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий;



- равный или более  $1 \cdot 10^{-3}$  неприемлем ни для населения, ни для профессиональных групп. Данный диапазон обозначается как *De manifestis Risk* и при его достижении необходимо давать рекомендации для лиц, принимающих решения о проведении экстренных оздоровительных мероприятий по снижению риска.

При планировании долгосрочных программ, установлении региональных гигиенических нормативов целесообразно ориентироваться на величину целевого риска – такого уровня риска, который должен быть достигнут в результате проведения мероприятий по управлению риском. В большинстве стран величина целевого риска принимается равной  $10^{-6}$ . Величина целевого риска для населенных мест России составляет  $10^{-5} - 10^{-6}$ .

Уровни риска для исследованных групп детей попадают во второй диапазон от  $1 \cdot 10^{-6}$  до  $1 \cdot 10^{-4}$ , соответствующий предельно допустимому риску. Данные уровни подлежат постоянному контролю. В некоторых случаях при таких уровнях риска могут проводиться дополнительные мероприятия по их снижению.

*Расчет риска для взрослых, работавших на КнААЗ и проживавших в районе, прилегающем к заводу.* В этом случае канцерогенный риск  $CR_{\Sigma}$  будет равен сумме рисков для производственной среды (рабочей зоны)  $CR_{\text{раб.з.}}$  и среды проживания (окружающей среды)  $CR_{\text{ос.}}$ .

Определим канцерогенный риск для производственной среды. При расчете среднесуточной дозы для рабочей зоны воспользуемся данными замеров среднесменных концентраций свинца за 10-летний период (с 1995 по 2004 гг.) по всем отделениям основного и вспомогательного производства (см. табл. 5). Примем допущение, что во все остальные периоды они были такими же.

Таблица 5

Средние концентрации свинца за 10-летний период (с 1995 по 2004 гг.) по всем отделениям основного производства ООО «КнААЗ» ( $\text{ПДК}_{\text{р.з.}} = 0,01 \text{ мг/м}^3$ )

| Отделение                    | Среднесменная концентрация свинца |                                 |
|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
|                              | $\text{мг/м}^3$                   | доли $\text{ПДК}_{\text{р.з.}}$ |
| Мельничное                   | 0,137                             | 13,7                            |
| Переплавочное                | 0,526                             | 52,6                            |
| Литейное                     | 0,20                              | 20                              |
| Намазочное                   | 0,76                              | 76                              |
| Сборочное                    | 0,20                              | 20                              |
| Слесарное                    | 0,192                             | 19,2                            |
| Формировочное                | 0,20                              | 20                              |
| Разрубочное                  | 0,58                              | 58                              |
| Вспомогательное производство | 0,01                              | 1                               |

Рассчитаем среднесуточную дозу и канцерогенный риск для производств с максимальной (намазочное отделение:  $C = 0,76 \text{ мг/м}^3$ ) и минимальной (вспомогательное производство:  $C = 0,01 \text{ мг/м}^3$ ) концентрациями по формулам (1) – (2). Результаты расчетов представлены в табл. 6.

Построим график зависимости индивидуального канцерогенного риска  $CR$  от свинца, поступающего из воздуха рабочей зоны в зависимости от среднесменной концентрации для рабочей зоны (см. рис. 6). По этой кривой может быть определен канцерогенный риск для работающих в различных отделениях предприятия, в том числе во вспомогательном производстве. К группе максимального риска относится персонал намазочного цеха ООО «КнААЗ».

Полученное значение индивидуального канцерогенного риска для рабочей зоны  $CR_{\text{раб.з.}} = 8 \cdot 10^{-4}$  для группы максимального риска входит в диапазон от  $1 \cdot 10^{-4}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$ , приемлемый для профессиональных групп. Такое значение риска требует проведения плановых оздоровительных мероприятий. Планирование мероприятий по снижению рисков должно



Гореликова Е. И., Гаврилова М. В., Степанова И. П.

ОЦЕНКА ИНГАЛЯЦИОННОГО КАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

Г. КОМСОМОЛЬСКА-НА-АМУРЕ ОТ СВИНЦОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

основываться на результатах более углубленной оценки различных аспектов существующих проблем и установлении степени их приоритетности по отношению к другим гигиеническим, экологическим, социальным и экономическим проблемам на данной территории [8].

Таблица 6

Результаты расчета среднесуточной дозы и канцерогенного риска для взрослых в производственной среде

| Подразделение/Концентрация рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup> | Среднесуточная доза LADD, мг/кг·день | Индивидуальный канцерогенный риск CR |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Намазочное / 0,76  | 0,019                                | $8 \cdot 10^{-4}$                    |
| Вспомогательное производство/ 0,01                         | 0,00025                              | $0,1 \cdot 10^{-4}$                  |

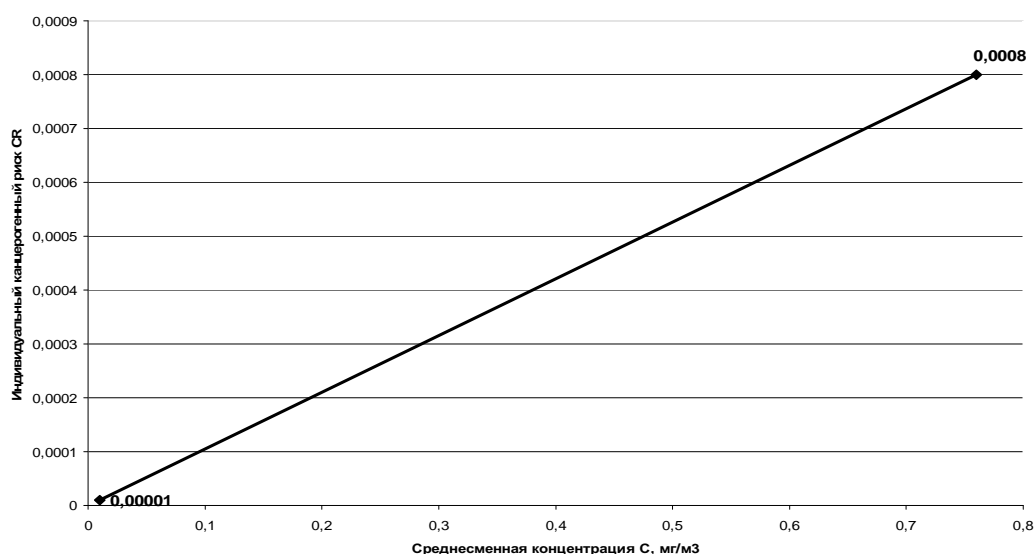


Рис. 6. График зависимости индивидуального канцерогенного риска  $CR_{\text{раб.з.}}$  от среднесуточной концентрации свинца в рабочей зоне

При расчете индивидуального канцерогенного риска для взрослых в жилой зоне  $CR_{\text{ОС}}$  были рассмотрены все возможные варианты сценариев с точки зрения возможной величины максимальной концентрации за цикл жизни завода и длительности проживания в такой среде, а также изменение концентраций по азимуту. Расчеты показали, что максимальный уровень риска для взрослых в жилой зоне  $CR_{\text{ОС}} = 1,43 \cdot 10^{-4}$  соответствует сценарию: проживание в непосредственной близости от КнААЗ в течение 63 лет (1942-2005 гг.) при расположении по азимуту на юг от предприятия (см. табл. 7).

Таблица 7

Канцерогенный риск для взрослых в жилой зоне в зависимости от азимута

| Вариант сценария   | T, лет | Азимут    | $C_{\text{ОС}}, \text{ПДК}_{\text{с.с}}$ | $CR_{\text{ОС}}$      |
|--|--------|-----------|--|-----------------------|
| Проживание в непосредственной близости от КнААЗ в течение 63 лет (1942-2005 гг.) | 63     | Ю – 41    | 61,6                                     | $1,43 \cdot 10^{-4}$  |
|  |        | С – 31    | 46,5                                     | $1,08 \cdot 10^{-4}$  |
|  |        | СВ – 10   | 15                                       | $0,35 \cdot 10^{-4}$  |
|  |        | ЮВ – 7    | 10,5                                     | $0,24 \cdot 10^{-4}$  |
|  |        | СЗ – 4    | 6  | $0,14 \cdot 10^{-4}$  |
|  |        | В, ЮЗ – 3 | 4,5                                      | $0,105 \cdot 10^{-4}$ |
|  |        | З – 1     | 1,5                                      | $0,035 \cdot 10^{-4}$ |

Полученное значение индивидуального канцерогенного риска для жилой зоны при проживании от предприятия по направлению на юг ( $CR_{OC} = 1,43 \cdot 10^{-4}$ ) и на север ( $CR_{OC} = 1,08 \cdot 10^{-4}$ ) неприемлемо для населения в целом. Появление такого риска требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий. По остальным азимутам риск не выходит за диапазон от  $1 \cdot 10^{-6}$  до  $1 \cdot 10^{-4}$ , соответствующий предельно допустимому риску.

Суммарный канцерогенный риск для группы взрослых, работавших на КНААЗ и проживавших на расстоянии от территории завода от 50 до 100 м, составляет по азимутам:

$$\text{Ю: } CR_{\Sigma} = CR_{\text{раб.з.}} + CR_{OC} = 8 \cdot 10^{-4} + 1,43 \cdot 10^{-4} = 9,43 \cdot 10^{-4};$$

$$\text{СЗ: } CR_{\Sigma} = CR_{\text{раб.з.}} + CR_{OC} = 8 \cdot 10^{-4} + 0,14 \cdot 10^{-4} = 8,14 \cdot 10^{-4}.$$

Он входит в диапазон более  $1 \cdot 10^{-4}$ , но менее  $1 \cdot 10^{-3}$  и считается приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом. Появление такого риска требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий.

**Заключение.** В работе определены диапазоны возможных индивидуальных ингаляционных канцерогенных рисков от свинца для взрослых и детей, оказавшихся в пределах границ санитарно-защитной зоны электротехнического завода в г. Комсомольске-на-Амуре. В сценарий включены дети, посещавшие ближайший к заводу д/с и проживавшие в границах СЗЗ, и взрослые, отработавшие на заводе и проживающие в границах СЗЗ предприятия.

Оценка дана на основе ретроспективных данных за весь период существования завода (63 года). Учтены интенсивность работы предприятия в разные временные периоды, изменение концентрации по мере удаления от предприятия, изменение концентрации по азимуту.

Уровни риска выше целевого риска для зарубежных стран  $10^{-6}$  и населенных мест России ( $10^{-5} - 10^{-6}$ ) и соответствуют предельно допустимому риску, т.е. верхней границе приемлемого риска. Суммарный канцерогенный риск для группы взрослых, работавших на КНААЗ и проживавших на расстоянии от территории завода от 50 до 100 м, считается приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом. Появление такого риска требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Антонова, Т. П. Исследование свинцовой интоксикации как фактора риска персонала предприятия ОАО «КНААЗ» / Т. П. Антонова, И. П. Степанова // Материалы 5-й междунар. науч.-практ. конф. в области экологии и безопасности жизнедеятельности «ДВ весна – 2006». – Комсомольск-на-Амуре, 2006.
2. Горбачев, И. В. К вопросу автоматизированного районирования территорий в зоне выбросов предприятий нефтегазового комплекса / И. В. Горбачев, Е. И. Гореликова // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2009. – № 7. – С. 24-31.
3. Гореликова, Е. И. Необходимость расширения критериев при оценке опасности свинцового загрязнения / Е. И. Гореликова, И. П. Степанова // Материалы 2-й междунар. науч.-практ. конф. в области экологии и безопасности «ДВ весна – 2002». – Комсомольск-на-Амуре, 2002. – С. 12-17.
4. Гореликова, Е. И. Методы зонирования территорий города по степени экологической опасности / Е. И. Гореликова, И. П. Степанова // Нелинейная динамика и прикладная синергетика: сб. докладов междунар. науч. конф. (23-27 сент. 2002 г.). – Комсомольск-на-Амуре: КНАГТУ, 2002. – Ч. 4. – С. 32-36.
5. Гореликова, Е. И. Свинцовое загрязнение в г. Комсомольске-на-Амуре / Е. И. Гореликова // Пятый краевой конкурс-конф. молодых ученых и аспирантов под патронажем губернатора Хабаровского края ДВО РАН (20 января 2003 г.). – Хабаровск: Ин-т водных и экологических проблем ДВО РАН, 2003.
6. Гореликова, Е. И. Методика районирования по степени опасности с учетом ретроспективы / Е. И. Гореликова // Вестник Томского ун-та, 2008. – С. 78-81.
7. Гореликова, Е. И. Методы районирования территорий, находящихся в зоне влияния выбросов предприятий по степени экологической опасности / Е. И. Гореликова // Вестник Иркутского ун-та, 2008. – С. 35-40.
8. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р2.1.10.1920-04. – 161 с.