

## ОЦЕНКА РИСКОВ ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ Г. НОВОКУЗНЕЦКА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Марченко В.А.\*, ст. преп. каф. экологии и техносферной безопасности;  
Суржиков В.Д.\*, профессор каф. медицины и экологии;  
Суржиков Д.В.\*, профессор каф. экологии и техносферной безопасности;  
Мукашева М.А.\*\*, профессор каф. физиологии

\*Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета<sup>1</sup>,  
г. Новокузнецк, Российская Федерация;

\*\*Карагандинский государственный университет им. академика Е.А. Букетова  
г. Караганда, Республика Казахстан

В статье проводится оценка экологического состояния атмосферы г. Новокузнецка на основе расчета рисков здоровью населения от химических загрязнителей, содержащихся в воздухе. На основании проведенных расчетов делаются выводы о величине рисков здоровью населения и необходимости разработке мероприятий по их снижению.

*Ключевые слова:* риск здоровью населения, загрязнение атмосферного воздуха, выбросы.

Город Новокузнецк является крупным промышленным центром России и сосредотачивает на сравнительно малой территории большое количество промышленных предприятий. Совокупность экономических и климатических показателей города делают актуальной проблему загрязнения атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий.

Мониторинг состояния атмосферного воздуха в г. Новокузнецке организован на базе Новокузнецкой гидрометеорологической обсерватории. Наблюдения проводятся на восьми стационарных постах во всех районах города по основным загрязняющим веществам: окислам азота, диоксиду серы, оксиду углерода, взвешенным веществам, бенз(а)пирену, саже, а также специфическим примесям: фтористому водороду, аммиаку, формальдегиду, фенолу, сероводороду, цианистому водороду, металлам [1]. Список постов приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень постов наблюдения за состоянием атмосферного воздуха

Номер поста	Адрес поста
2	ул. Тольятти, 29 (Центральный район)
9	ул. Тореза, 61 (Заводской район)
10	ул. Обнорского, 36 (Кузнецкий район)
16	ул. Кутузова, 43 (Центральный район)
18	ул. Кирова, 7 (Центральный район)
19	ул. К. Маркса (Куйбышевский район)
22	ул. Новоселов, 15 (Новоильинский район)
23	ул. Шахтеров, 20 (Орджоникидзевский район)

Существующие отчеты о состоянии окружающей среды г. Новокузнецка содержат информацию о среднегодовых концентрациях загрязняющих веществ на постах измерений и максимальных концентрациях. Существующая система нормирования качества атмосферного воздуха не позволяет детально оценить вред для здоровья человека. В последнее время большинство гигиенистов, экологов сходятся во мнении, что значения ПДК химических веществ можно использовать в практической деятельности лишь в качестве предварительных, ориентировочных показателей. Они пригодны и необходимы в странах с низкой экологической культурой, а также на первых этапах обследований в новых регионах [2]. Минусом системы ПДК является также трудность учета комбинированного действия химических веществ [3].

Более современным подходом по предоставлению и интерпретации информации о загрязнении окружающей среды является оценка рисков здоровью населения.

В настоящей работе представлены результаты оценки рисков для здоровья населения загрязняющих веществ, содержащихся в воздухе г. Новокузнецка по данным Новокузнецкой гидрометеорологической обсерватории за 2013 год.

Оценка риска неспецифических хронических эффектов при загрязнении атмосферного воздуха проводилась по формуле

$$Risk = 1 - \exp[\ln(0,84) \cdot \left(\frac{C}{ПДК_{с.с.}}\right)^b / K_3] \quad (1)$$

где  $Risk$  – риск возникновения неблагоприятного эффекта;

$C$  – среднее значение концентрации вредного вещества в атмосферном воздухе, мг/м<sup>3</sup>;

$ПДК_{с.с.}$  – среднесуточная ПДК, мг/м<sup>3</sup>;

$b$  – коэффициент, позволяющий оценивать изозффективные эффекты примесей различных классов опасности;

$K_3$  – коэффициент запаса.

Определение суммарного риска появления неблагоприятных для здоровья эффектов осуществлялась по формуле

$$Risk_{сум} = 1 - (1 - Risk_1) \cdot (1 - Risk_2) \cdot (1 - Risk_3) \cdot \dots \cdot (1 - Risk_n), \quad (2)$$

где  $Risk_{сум}$  – суммарный риск действия примесей;

$Risk_1..Risk_n$  – риск действия каждой отдельной примеси [4].

Риск неспецифических хронических эффектов рассчитан для 8 постов мониторинга загрязнения атмосферного воздуха. В расчете участвовало 11 веществ. Так как перечень измеряемых веществ на разных постах не совпадает, то были рассчитаны риски хронического воздействия каждого из загрязнителей атмосферы отдельно по каждому посту. Суммарные риски отражают опасность для здоровья человека только тех веществ, которые были учтены на каждом конкретном посту наблюдений.

Результаты расчета рисков хронической интоксикации по данным на постах наблюдений представлены в таблице 2 [5].

Таблица 2 – Результаты расчета величины рисков хронической интоксикации в г. Новокузнецке

Загрязняющее вещество	Посты							
	2	9	10	16	18	19	22	23
Взвешенные вещества	0,043	0,033	0,059	0,053	0,052	0,043	0,037	0,050
Диоксид серы	0,006	-	0,007	-	0,002	0,002	-	-
Оксид углерода	0,015	0,015	0,016	0,016	0,015	0,015	0,015	0,015
Диоксид азота	0,050	0,031	0,051	0,064	0,037	0,034	0,052	0,069
Оксид азота	-	-	-	0,017	0,020	0,024	-	0,018
Сероводород	-	-	-	-	-	0,014	-	0,019
Фенол	0,009	-	0,014	0,008	-	0,014	0,013	0,017
Сажа	0,011	0,011	0,008	0,008	-	0,016	0,005	-
Фторид водорода	0,024	0,025	0,028	0,028	0,028	-	0,023	0,022
Формальдегид	-	-	0,090	0,047	0,136	0,114	0,112	0,110
Бенз(а)пирен	0,136	-	0,214	-	0,151	-	-	-
Общее	0,264	0,111	0,407	0,218	0,373	0,249	0,234	0,281

Наибольшие значения риска неспецифических хронических эффектов отмечены у следующих веществ:

– бенз(а)пирен; у 214 человек из 1000 могут проявиться симптомы хронической интоксикации (пост № 10);

– формальдегид; у 136 человек из 1000 могут проявиться симптомы хронической интоксикации (пост № 18);

– взвешенные вещества; у 53 человек из 1000 могут проявиться симптомы хронической интоксикации (пост № 18).

Перечень постов наблюдения, ранжированных по величине риска хронической интоксикации приведен в таблице 3.

Максимальные значения суммарного риска появления неблагоприятных для здоровья эффектов отмечаются в на посту № 10 (407 человек из 1000), расположенном в Кузнецком районе г. Новокузнецка.

Сравнительно малое значение величины рисков хронической интоксикации в Заводском районе (пост № 9) можно объяснить неполным перечнем загрязняющих веществ по которым отбираются пробы.

Таблица 3 – Общая величина риска хронической интоксикации

№ наблюдений	Величина риска хронической интоксикации	Район города
10	0,407	Кузнецкий
18	0,373	Центральный
23	0,281	Орджоникидзевский
2	0,264	Центральный
19	0,249	Куйбышевский
22	0,234	Новоильинский
16	0,218	Центральный
9	0,111	Заводской

Для более объективной картины состояния атмосферного воздуха кроме хронического воздействия загрязняющих веществ необходимо учитывать острые воздействия, проявляющиеся при больших значениях разовых концентраций, и специфическое канцерогенное воздействие некоторых поллютантов.

Для оценки риска острого воздействия используется модель индивидуальных порогов, основанная на нормально-вероятностной шкале распределения. В этом случае для оценки величины риска здоровью населения сначала рассчитывается пробит, а затем каждому значению пробита по специальной таблице сопоставляется значение риска. При расчете величины пробитов, в зависимости от класса опасности вредного вещества, используются следующие формулы [6]

$$1 \text{ класс опасности } Prob = -9,15 + 11,66 \cdot \lg(C / ПДК_{м.р}), \quad (3)$$

$$2 \text{ класс опасности } Prob = -5,51 + 7,49 \cdot \lg(C / ПДК_{м.р}), \quad (4)$$

$$3 \text{ класс опасности } Prob = -2,35 + 3,73 \cdot \lg(C / ПДК_{м.р}), \quad (5)$$

$$4 \text{ класс опасности } Prob = -1,41 + 2,33 \cdot \lg(C / ПДК_{м.р}), \quad (6)$$

где  $Prob$  – вероятность неблагоприятного эффекта (риска) в «пробитах», т.е. в виде нормально вероятностной шкалы;

$C$  – концентрация поллютанта в атмосферном воздухе;

$ПДК_{м.р}$  – максимально разовая предельно допустимая концентрация.

Величины пробитов, рассчитанные для веществ, концентрация которых измеряется на постах мониторинга в г. Новокузнецка, с учетом классов опасностей загрязнителей представлены в таблице 4. Результаты расчетов риска острого воздействия на здоровье человека от загрязнения атмосферы приведены в таблице 5.

Таблица 4 – Величины пробитов, рассчитанные для г. Новокузнецка

Веществ а	Величины пробитов на постах							
	2	9	10	16	18	19	22	23
Взвешенные вещества	-1,073	-1,227	-0,025	0,191	-1,073	-1,073	-1,073	-0,570
Серы диоксид	-4,909	-	-4,675	-	-5,680	-6,016	-	-
Углерод оксид	-1,410	-1,226	-1,410	-0,709	-1,410	-1,226	-1,410	-1,410
Азота диоксид	-0,321	-3,473	-0,866	1,606	-3,473	-1,693	-2,350	0,553
Азота оксид	-	-	-	-3,736	-2,566	-2,987	-	-2,662
Сероводород	-	-	-	-	-	-6,446	-	-5,127
Фенол	-3,590	-	-3,981	-4,917	-	-3,590	-3,590	-2,161
Сажа	-1,884	-	-1,227	-1,339	-	-0,400	-1,884	-
Гидрофторид	-1,083	-1,343	-2,219	-1,167	-1,254	-	-2,103	-2,595
Формальдегид	-	-	-4,285	-6,354	-1,845	-1,875	-5,076	-3,076

Таблица 5 – Риски острого воздействия, рассчитанные для г. Новокузнецка

№ поста наблюдений	Величина риска немедленного действия	Лимитирующее вещество	Район города
2	0,374	Азота диоксид	Центральный
9	0,110	Углерод оксид	Заводской
10	0,490	Взвешенные вещества	Кузнецкий
16	0,946	Азота диоксид	Центральный
18	0,142	Взвешенные вещества	Центральный
19	0,345	Сажа	Куйбышевский
22	0,142	Взвешенные вещества	Новоильинский
23	0,018	Фенол	Орджоникидзевский

Анализ результатов расчета рисков острого воздействия на здоровье человека при загрязнении атмосферного воздуха в г. Новокузнецке позволяет сделать выводы:

- загрязнителями, вносящими основной вклад в загрязнение атмосферы при остром воздействии являются диоксид азота, взвешенные вещества, оксид углерода (*CO*);
- в Куйбышевском районе лимитирующим загрязнителем является сажа;
- в Орджоникидзевском районе лимитирующим загрязнителем является фенол;
- максимальные значения рисков здоровью населения достигаются в районе поста № 16 от диоксида азота (0,946), в районе поста № 10 от взвешенных веществ (0,490), в районе поста № 19 от сажи (0,345).

Расчет индивидуального ингаляционного канцерогенного риска осуществляется по формуле [7]

$$CR = LADD \cdot SF, \quad (7)$$

где *CR* – индивидуальный канцерогенный риск;

*LADD* – среднесуточная доза в течение жизни, мг/(кг · день);

*SF* – фактор наклона, (мг/(кг · день))<sup>-1</sup>.

Расчет индивидуальных канцерогенных рисков проводился для таких веществ, как сажа, формальдегид и бенз(а)пирен. Результаты расчетов приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Индивидуальные канцерогенные риски, рассчитанные для г. Новокузнецка

Вещество	Величины индивидуальных канцерогенных рисков на постах							
	2	9	10	16	18	19	22	23
Бенз(а)пирен	1,3×10 <sup>-6</sup>	-	2,2×10 <sup>-6</sup>	-	1,5×10 <sup>-6</sup>	-	-	-
Сажа	0,000193	-	0,000193	0,000151	-	0,000289	9,6×10 <sup>-6</sup>	-
Формальдегид	-	-	0,000030	0,000015	0,000046	0,000038	0,000038	0,000037
Суммарный риск	0,000194	-	0,000225	0,000166	0,000048	0,000327	0,000048	0,000037

Анализ канцерогенных рисков для города Новокузнецка позволяет сделать следующие выводы:

- канцерогенный риск в г. Новокузнецке (Центральный и Куйбышевский районы) приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом;
- основной вклад в канцерогенный риск вносит сажа, что можно объяснить большой интенсивностью движения автотранспорта и концентрацией промышленных предприятий.

В результате оценки величин рисков химического воздействия на здоровье человека в следствие загрязнения атмосферы экологическую ситуацию на территории, г. Новокузнецка, можно охарактеризовать, как опасную. Риски химического воздействия являются неприемлемыми для населения.

Несмотря на то, что наблюдается сокращение количества выбросов в атмосферу за последние пять лет [1, 8], необходимо планирование мероприятий по снижению рисков здоровью населения от аэропеллютантов.

## Литература:

1. Доклад о состоянии окружающей среды Кемеровской области в 2013 г. // Администрация г. Кемерово, 2014. – 279 с.
2. Алексеенко В.А., Алексеенко Л.П. Биосфера и жизнедеятельность [Текст] / В.А. Алексеенко, Л.П. Алексеенко – М.: Логос, 2002. – 128 с.
3. Петин В.Г., Сынзыныс В.И. Комбинированное воздействие факторов окружающей среды на биологические системы [Текст]: Учеб. пособие / В.Г. Петин, Б.И. Сынзыныс – Обнинск: ИАТЭ, 1998. – 71 с.
4. Щербо А.П., Киселев А.В. Оценка риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье [Текст]: Практикум / А.П. Щербо, А.В. Киселев – СПб: СПбМАПО, 2005. – 92 с.
5. Суржиков В.Д., Марченко В.А. Оценка рисков здоровью населения г. Новокузнецка от загрязнения атмосферного воздуха // Сб. трудов Пленума Научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды на тему: «Комплексное воздействие факторов окружающей среды и образа жизни на здоровье населения: диагностика, коррекция, профилактика» – М.: ФГБУ «НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды имени А.Н. Сысина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2014. – С. 35-38.
6. Сынзыныс, Б.И. Экологический риск. Учебное пособие [Текст] / Сынзыныс Б. И. – Москва : Логос, 2005. – 168 с.
7. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду [Текст]. – М.: Роспотребнадзор, 2004. – 132 с.
8. Доклад о состоянии окружающей среды Кемеровской области в 2012 г. // Администрация г. Кемерово, 2013. – 71 с.

## МЕХАНИЗМ РЕАКЦИЙ БЫСТРОГО ПРОТОННОГО ПЕРЕНОСА И ОБМЕНА В НЕВОДНЫХ СРЕДАХ

Масалимов А.С., д.х.н., профессор\*\*; Никольский С.Н., д.х.н., профессор\*\*;  
Тур А.А., магистр\*\*;

Прокофьев А.И., д.х.н., профессор \*

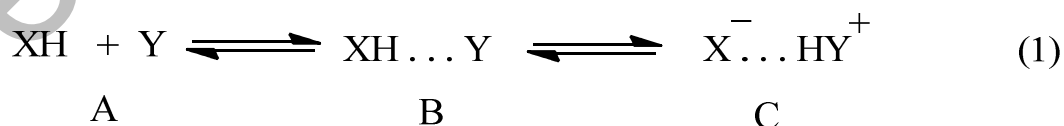
\*Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН  
г. Москва, Российская Федерация;

\*\*Карагандинский государственный университет им. академика Е.А. Букетова  
г. Караганда, Республика Казахстан  
masalimov-as@mail.ru

Неэмпирическим квантово-химическим методом с использованием орбитального базиса UHF 3-21G рассчитана поверхность потенциальной энергии модельной межмолекулярной реакции протонного обмена между оксиметильным радикалом и молекулой аммиака.

*Ключевые слова:* ЭПР-спектроскопия, квантовая химия, протонный перенос, протонный обмен, 3,6-ди-трет.бутил-2-оксифеноксил, оксиметильный радика

Ранее нами были проведены ЭПР-спектроскопические и квантово-химические исследования механизма быстрой реакции обратимого протонного переноса от стабильного семихинонного радикала 3,6-ди-трет.бутил-2-оксифеноксила (I) к гексаметиленфосфотриамиду (гексаметаполу) и триэтиламину, который можно отразить следующей простой схемой[1]:



Методами ab-initio в неограниченном Хартри-Фоковском приближении с использованием орбитального базиса 3-21G было показано, что профили поверхностей потенциальной энергии в системе I – гексаметапол не регистрируют протонирования фосфата и последний образует с замещенным оксифеноксидом только прочный комплекс за счет водородной связи (КВС) молекулярного типа В (см. схему (1)[2-4].

Молекула триэтиламина (ТЭА), в отличие от сильнейшего сольватирующего комплексообразователя гексаметаполу (ГМП) дает согласно реакционной схеме (1) уже ионный комплекс за счет водородной связи (С) или солевой продукт в виде контактной ионной пары анион-