

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФОРМИРОВАНИЯ РИСКА ЗДОРОВЬЮ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МЕТАЛЛОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

**Выявлена структура основных антропогенных факторов, формирующих риск здоровью. Установлен уровень риска по критическим органам и системам. Показаны территориальные особенности воздействия металлов и их соединений.**

Оценка факторов окружающей среды и их вклада в формирование риска здоровью является актуальной эколого-гигиенической проблемой. Установление приоритетных факторов позволит принять рациональные управленческие решения по минимизации неблагоприятных эффектов и улучшению состояния популяционного здоровья.

Антропогенная нагрузка в условиях урбанизированных и сельских территорий характеризуется многосредовым воздействием и большой вариабельностью уровней основных факторов окружающей среды. Представилось важным провести гигиеническую оценку уровней воздействия на человека одной из приоритетных групп поллютантов – металлов и формируемого ими риска здоровью.

Для решения поставленной задачи был использован комплекс современных гигиенических, эпидемиологических, картографических и статистических методов исследования. В атмосферном воздухе изучено содержание 8 металлов, в питьевой воде – 9, в пищевых продуктах – 6 металлов. Была проведена оценка динамических изменений за последние 5-10 лет и пространственного распределения загрязнений по территории, в т. ч. с использованием данных по загрязнению аккумулярующих сред (почвы и снегового покрова). Всего в данной работе проанализированы результаты 4290 исследований по 12 металлам (алюминий, железо, кадмий, никель, марганец, медь, молибден, ртуть, свинец, стронций, хром, цинк). Оценка риска проводилась по неканцерогенным эффектам с учетом Руководства Р 2.1.10.1920-04 (Москва, 2004).

В формировании риска здоровью участвуют металлы и их соединения, присутствующие в атмосферном воздухе, пищевых продуктах и питьевой воде. Несмотря на то, что в структуре атмосферных выбросов преобладают газообразные вещества (94,6% по массе), на твердые вещества, в т. ч. на пыль и металлы, выбрасываемые в атмосферу, приходится 5,4%, при этом металлы имеют определяющее значение в формировании токсических эффектов и риска здоровью. Сравнительным

анализом средних концентраций определяемых веществ за летний и зимний периоды установлен приоритет летнего периода по хромовому ангидриду, меди, цинку, марганцу; в зимние месяцы отмечалось более высокое содержание никеля. По результатам исследований воздуха различных зон наблюдения был установлен приоритет придорожных зон, второе ранговое место занимает территории жилой застройки, прилегающие к санитарно-защитным зонам промышленных предприятий.

Различные природные и антропогенные факторы приводят к изменению качества воды в водоемах, что требует коррекции процессов водоподготовки на действующих водозаборах. Анализ уровней различных параметров качества воды рек Урал и Сакмара показал значительные колебания в содержании поллютантов за 10-12 лет, при этом колебания в содержании ряда веществ однотипны для обеих рек, что указывает на наличие единых источников загрязнения. Явной тенденции в содержании металлов в воде водоемов не установлено. При исследовании воды питьевой зарегистрировано незначительное количество проб с превышением ПДК железа и марганца, по другим металлам превышение нормативов не установлено. Важную роль в формировании суммарной дозы поллютантов играет горячая вода, доля потребления которой в городах области достигает 60–70%. Сравнительный анализ качества горячей и холодной питьевой воды показал незначительные отличия в показателях в 0,8–1,2 р. большинства загрязняющих веществ. При этом в горячей воде содержание цинка было выше в 1,6 р., меди – в 4,1 р., что было учтено при расчете суммарных доз данных химических веществ.

Анализ содержания кислоторастворимых соединений металлов в разных по использованию участках селитебной территории показал приоритет придорожных зон по меди, цинку, кадмию и свинцу. Наибольшее содержание никеля установлено в жилой зоне, марганца – в санитарно-защитных зонах промышленных предприятий. При ранжировании городских территорий по содержанию

подвижных форм металлов первые ранговые места по меди занимают придорожная территория и СЗЗ предприятий, почти в 2 раза меньше содержание меди в почвах территорий водозаборов. Жилая территория по уровню загрязнения приближается к фоновым значениям. Первое и второе ранговое место по содержанию цинка, также как и по меди, занимают придорожные и промышленные территории. Содержание цинка в жилой зоне почти в 4 раза меньше, чем в почве придорожных территорий. Содержание никеля незначительно отличается в различных точках наблюдения. Первые ранги по уровню загрязнения присвоены территориям производственного использования. Загрязнение почв сельскохозяйственного применения и жилых территорий находится примерно на одном уровне.

Относительно почвы, содержащей в себе изначально определенное количество химических веществ, снег обладает достаточной чистотой и служит планшетом, собирающим на себе загрязняющие вещества атмосферного воздуха при образовании осадков и после их выпадения. Установлено поступательное увеличение концентраций таких металлов как марганец и цинк, что указывает на увеличивающееся количество выбросов по данным поллютантам. Содержание меди и никеля сохранялось примерно на одном уровне, что указывает на относительную стабильность загрязнения. Содержание свинца и кадмия в пробах снега не регистрировалось. Сравнительный анализ содержания поллютантов в снеговом покрове разных городских территорий выявил существенные различия, подтверждающие разнообразие источников атмосферных выбросов на территории города. Результаты проведенных исследований снегового покрова показали значительную неравномерность распределения загрязнений по исследуемой территории при сохранении общих тенденций, выявленных при гигиенической оценке атмосферного воздуха.

Существенным если не первостепенным фактором риска для здоровья является контаминация продовольственного сырья и пищевых продуктов различными химическими веществами потенциально опасными для здоровья. Металлы в повышенных концентрациях наиболее часто обнаруживаются в дикорастущих растениях, птицеводческой продукции и жировых растительных продуктах, ртуть – в рыбе (в 0,21% исследованных проб), свинец – в детском питании (0,62%), кадмий – в дикорастущих пищевых продуктах (1,36%). В целом по Оренбургской области удельный вес проб с превышением допустимого уровня по содержа-

нию металлов составил в среднем 0,25%. Приоритетными по формированию дозы кадмия признаны хлебные и молочные продукты. Первые ранговые места по содержанию ртути с учетом потребления занимают рыба и нерыбные продукты промысла, а также хлебные продукты. Суммарная доза свинца формируется в основном за счет молочных, хлебных и мясных продуктов, суммарная доза меди – за счет хлебных продуктов и овощей. Динамические наблюдения за содержанием металлов в основных продуктах питания, проводимые с 1998 г. по 2004 г., выявили тенденцию к увеличению концентраций меди, цинка, свинца, кадмия в хлебных, мясных, молочных и рыбных продуктах. Исключение составил свинец в рыбных продуктах, где отмечено снижение концентраций. Содержание металлов в среднем по всем пробам не превышало установленные допустимые уровни (ДУ) и составило в среднем по кадмию 0,04 ДУ, по ртути – 0,31 ДУ, по свинцу – 0,24 ДУ, по цинку – 0,3 ДУ, по меди – 0,15 ДУ. Для расчета поглощенных доз химических веществ с продуктами питания были использованы средние концентрации по результатам многолетних наблюдений.

Методология оценки риска базируется на сравнительной оценке воздействующих доз изучаемых факторов и референтных доз (RfD) и концентраций (RfC). При отсутствии RfC могут быть использованы утвержденные ПДК данного вещества. Сравнительный анализ RfC и ПДК ряда химических веществ – загрязнителей воздушной среды показал, что по свинцу уровень ПДК меньше, чем RfC в 1,7 р.. По марганцу, меди, никелю, хрому, оксиду и сульфату цинка уровень RfC меньше, чем значение ПДК данных веществ, причем отличие достигает 20 – 100 раз. Данные различия являются предметом дальнейших исследований с целью установления и официального утверждения референтных концентраций для дальнейшего использования в практике оценки риска здоровью.

При оценке риска необходимым звеном является определение приемлемости риска в тех или иных условиях, что также необходимо при выработке управленческих решений и определении приоритетности тех или иных мероприятий. По результатам расчета уровней суммарного риска и по критическим органам и системам, а также с учетом факта использования коэффициента запаса при установлении ПДК (ПДУ) для целого ряда факторов, большой вариабельности уровней воздействия и ряда других неопределенных явлений при установлении приемлемости риска необходимо введение шкалы риска, в которой могут быть установлены

не только уровни допустимого риска здоровью, но и периоды его минимизации (табл. 1).

Система оценки риска здоровью позволяет на основе имеющихся данных мониторинга факторов среды и состояния здоровья населения получить не только качественную, но и количественную характеристику влияния среды обитания на популяционное здоровье до проявления последствий этого влияния, что отличает оценку риска от эпидемиологических методов анализа и дает возможность прогнозировать результат и выработать на основе этого управленческие решения по минимизации неблагоприятных эффектов.

Риск здоровью населения формируется неблагоприятными факторами внешней и внутренней среды. В структуре всех антропогенных факторов урбанизированной среды, формирующих риск здоровью, первое место занимает воздушная среда, второе – пищевые продукты.

Наибольший уровень риска по критическим органам и системам установлен по органам дыхания, иммунной, сердечно-сосудистой и нервной системам. Посредственный анализ риска и сравнительный анализ уровней риска по критическим органам выявил значительные различия и различные ранговые построения по городам Оренбургской области.

Первые ранговые места по суммарному риску, а также по уровню риска, формируемого воздушными поллютантами, занимают города: Оренбург, Новотроицк, Новоорск, Орск, Бузулук. По уровню риска, формируемого веществами, загрязняющими питьевую воду – Бузулук и села: Беляевка, Шарлык, Светлый, Пономаревка. По загрязнителям пищевых продуктов – Орск, Бузулук, Новоорск, села – Ясный, Первомайский.

Наибольший риск формирования патологии критических органов и систем зарегистрирован: по органам дыхания – в Оренбурге, Новотроицке, Новоорске, Бузулуке, Орске; по болезням крови и кроветворных органов – Новоорск, Оренбург, Орск, Бугуруслан; патологии иммунной системы – Новоорск, Орск, Оренбург, Бузулук, Новотроицк; по нарушениям развития – Оренбург, Новотроицк, Орск, Бугуруслан; риск повышенной смертности

– Бузулук, Новотроицк, Бугуруслан; по патологии ССС – Орск, Бузулук, Новотроицк, Бугуруслан, Оренбург; нервная система – Новоорск, Оренбург, Орск, Бузулук, Новотроицк; органы репродукции – Бузулук, Оренбург, Новоорск; патология почек – Бузулук, Орск, Оренбург; патология печени – Оренбург, Новотроицк, Орск, Бузулук; желудочно-кишечный тракт – Орск, Бузулук, Оренбург; болезни кожи – Орск, Бузулук; костная система – Бузулук; гормональная система – Бузулук, Орск.

Значительный вклад в формирование риска здоровью населения области вносят кадмий, свинец и ртуть. Учитывая, что в абсолютном большинстве проб пищевых продуктов при проведении мониторинговых исследований не установлено превышение нормативов, первостепенное значение имеет не только соблюдение санитарно-эпидемиологических правил и нормативов, но и выбор поставщиков и мест производства пищевых продуктов с меньшими содержаниями перечисленных выше приоритетных загрязнителей.

Коэффициент опасности за счет поллютантов питьевой воды превышает «1,0» только в 3-х районах (Бузулук, Беляевка, Шарлык). В структуре металлов питьевой воды, формирующих риск здоровью в целом по Оренбургской области приоритетными признаны медь, хром, ртуть.

Проведенный анализ показал, что в целом по Оренбургской области первые места в ранговом ряду занимают воздушные поллютанты: медь, никель. Значение меди существенно возрастает в Оренбурге (72,7% – доля в структуре), следующие места в ранговом ряду по г. Оренбургу соответственно занимают никель, марганец, хром. В Орске первостепенное значение в формировании риска имеет медь. В структуре риска за счет воздушной среды в Новотроицке на первом месте находится медь, несколько меньше значение марганца.

В целом по суммарному риску чрезвычайно высоким необходимо признать риск здоровью населения Оренбурга (HQ=102,7), Новотроицка (64,1), Новоорска (38,7). С учетом предложений по приемлемости риска период реализации риска составляет менее 1 года, т. е. требуется применение срочных мер, в первую очередь по уменьше-

Таблица 1. Критерии оценки суммарного риска

Критерии оценки	HQ
Риск отсутствует	Менее 1,0
Приемлемый (допустимый риск с учетом вариабельности факторов в течение годового цикла)	1,0 – 1,5
Малый риск (допустимый риск при периоде минимизации факторов риска в 10 лет)	1,6 – 3,0
Средний риск (допустимый риск при периоде минимизации факторов риска в 5 лет)	3,1 – 6,0
Высокий риск (допустимый риск при периоде минимизации факторов риска в 1 год)	6,1 – 30,0
Чрезвычайно высокий риск (требует принятия неотложных мер)	Более 30

нию выбросов в атмосферу меди в Оренбурге и Новотроицке, составляющей максимум в структуре риска. Мероприятия по минимизации такого фактора в Оренбурге и Новоорске как никель необходимо провести в течение 1 года. Вместе с тем необходимо проведение дальнейших исследований по коррективке RfC меди и никеля.

Высокий риск здоровью установлен в Орске (31,2), Бузулуке (25,5), Бугуруслане (15,2), а также в селах: Абдулино (13,4), Грачевке (14,1), Гае (10,2), Ясном (10,1), Соль-Илецке и Сакмаре (по 8,9), Переволоцке (8,1), Медногорске (7,8), Первомайском (7,0), период минимизации риска составляет от 1 до 5 лет. Средний уровень риска (3,1 – 6,0) зарегистрирован в сельских населенных пунктах: Адамовке, Акбулаке, Беляевке, Кваркено, Кувандыке, Новосергеевке, Тоцке, Тюлгане, Шарлыке, период минимизации риска составляет 5 лет.

Проведенный анализ загрязнения окружающей среды химическими поллютантами, в т. ч. металлами, их вклад в формирование риска здоровью и корреляционный анализ связи изучаемых факторов с заболеваемостью населения позволил сделать следующие выводы:

1. В структуре факторов химической природы по применяемым оценочным критериям (удельный вес проб с превышением гигиенических нормативов, качественный и количественный состав поллютантов) первое ранговое место занимает воздушная среда (87,8%), удельный вес пищевых

продуктов в суммарной антропогенной нагрузке составляет 9,3%, питьевой воды – 3%.

2. Антропогенная химическая нагрузка имеет нарастающий характер за счет поллютантов воздушной среды и пищевых продуктов. Установлена тенденция к росту содержания металлов (меди, цинка, свинца, кадмия) в основных продуктах питания: в хлебных, мясных, молочных и рыбных продуктах. Приоритетными продуктами в структуре формирования суточной дозы кадмия и меди являются хлебопродукты; ртути – рыбные продукты; свинца, цинка – молочные продукты.

3. Суммарный неканцерогенный риск, формируемый химическими поллютантами на урбанизированных территориях составил  $HQ=37,8$ . Приоритетными факторами формирования риска являются в воздушной среде: медь (47,2%), никель (13,3%), марганец (2,7%); в пищевых продуктах: кадмий (9,3%), свинец (8,9%), ртуть (5,6%); в воде питьевой: ртуть (18,2%), хром (8,4%), свинец (5,5%), медь (5,0%).

4. В структуре формирования риска при воздействии химических веществ по урбанизированным территориям области вклад воздушных поллютантов составляет 90%; контаминантов пищевых продуктов – 7,9%; питьевой воды – 2,1%.

5. Корреляционным анализом связи показателей здоровья и уровней риска доказан факт реализации риска здоровью по отдельным нозологическим группам и факторам риска.