

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СВИНЦОМ ОБЪЕКТОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ И ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ КАК БАЗИС ВЫБОРА ЦЕЛЕВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ БИОМОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF LEAD CONTAMINATION OF ENVIRONMENTAL OBJECTS AND FOOD PRODUCTS AS A BASIS OF CHOICE OF TARGET TERRITORIES FOR BIOMONITORING RESEARCH

Е. С. Юркевич, И. И. Ильюкова, С. Н. Камлюк, В. И. Иода
E. Yurkevich, I. Iliyko, S. Kamliuk, V. Ioda

*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены»,
г. Минск, Республика Беларусь
ecoltox@rspch.by*

*Republican unitary enterprise «Scientific practical centre of hygiene,
Minsk, Republic of Belarus*

По результатам проведенного ретроспективного анализа загрязнения свинцом объектов среды обитания (вода, почва, атмосферный воздух) и пищевых продуктов за 2018–2022 гг. определены основные источники и пути экспозиции, приоритетные сценарии контаминации населения свинцом. Установлено, что при выборе территорий, находящихся в зоне повышенного воздействия свинца, основным критерием выбора является ретроспективный анализ выбросов свинца из промышленных источников. Обоснован выбор трех целевых территорий для проведения исследований по определению фоновых значений свинца в биологических системах организма человека для населения в целом и для уязвимых групп (дети, беременные): урбанизированная территория – г. Минск, район влияния выбросов свинца от стационарных точечных источников – г. Белозерск (Брестская область) и сельская местность – Гродненская область.

Based on the results of a retrospective analysis of lead contamination of habitats (water, soil, atmospheric air) and food products for 2018–2022, the main sources and routes of exposure, priority scenarios for lead contamination of the population have been identified. It has been established that when selecting territories located in a zone of increased exposure to lead, the main selection criterion is a retrospective analysis of lead emissions from industrial sources. The choice of three target areas for conducting research to determine the background values of lead in the biological systems of the human body for the population as a whole and for vulnerable groups (children, pregnant women) is justified: urbanized area - Minsk, area influenced by lead emissions from stationary point sources – Beloozersk (Brest region) and rural areas – Grodno region.

Ключевые слова: объекты среды обитания, пищевые продукты, ретроспективный анализ, загрязнение свинцом, целевые территории, биомониторинговые исследования, фоновые значения.

Keywords: habitat objects, food products, retrospective analysis, lead contamination, target areas, biomonitoring studies, background values.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-1-222-226>

Международная программа по химической безопасности (МПХБ) Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) относит свинец к 10 опасным химическим веществам, требующих действий со стороны общественного здравоохранения и государства по защите здоровья трудящихся, детей и женщин детородного возраста.

Источники экологического загрязнения свинцом – добыча, выплавка, промышленное производство и переработка вторсырья, использование свинецсодержащих красок и этилированного бензина; около 85 % глобального потребления свинца приходится на производство свинцово-кислотных аккумуляторов (Международная ассоциация производителей свинца) [1].

В Республике Беларусь основными источниками поступления свинца в объекты среды обитания (воздух, почву, воду) являются производство и переработка свинцово-кислотных аккумуляторных батарей, производство содержащей свинец лакокрасочной продукции, стекла, хрусталя, керамики, цемента, сжигание отходов, сжигание угля, производство и использование минеральных удобрений и агрохимикатов.

При попадании в организм свинец аккумулируется в мозге, почках, печени и костях, проникает через гематоэнцефалический барьер. Наибольшему риску подвергаются дети в самом раннем возрасте (включая плод в период развития), которые абсорбируют на 1 кг массы тела в 4–5 раз больше попадающего в организм свинца, чем взрослые.

Высокие уровни воздействия свинца приводят к нарушению функционирования мозга и центральной нервной системы, вызывают кому, судороги и даже смерть. Дети, выжившие после тяжелого отравления свинцом, страдают от задержки психического развития и поведенческих расстройств. Более низкие уровни экспозиции свинцом, не вызывающие явных симптомов интоксикации и ранее считавшиеся безопасными, влияют на развитие мозга, приводят к снижению коэффициента умственного развития (IQ), к поведенческим изменениям (снижение продолжительности и концентрации внимания, усиление антиобщественного поведения, ухудшению усвоения знаний), вызывают анемию, гипертензию, почечную недостаточность, иммунный токсикоз и репродуктивную токсичность. Неврологические и поведенческие последствия воздействия свинца считаются необратимыми. Безопасная концентрация свинца в крови не установлена, но доказана прямая зависимость увеличения спектра и тяжести симптомов отравления от полученной дозы.

Референтные значения свинца в крови в Европейском союзе (БМЧ-I (контрольные значения) и БМЧ-II (пороговые значения)), ранее установленные Немецкой комиссией по БМЧ по результатам биологического мониторинга человека, отменены в 2011 г. на основании новых сведений о токсичном воздействии свинца [2].

Согласно Пармской декларации (5-ая министерская конференция по окружающей среде и охране здоровья, 2010 г.) одной из приоритетных задач определено содействие разработке стандартного и рационального подхода к использованию методов биомониторинга человека (БМЧ), чтобы способствовать реализации научно обоснованных мер охраны здоровья населения и окружающей среды и мер по повышению осведомленности людей [3].

Цель исследования заключалась в проведении ретроспективного анализа за 2018–2022 гг. загрязнения свинцом объектов среды обитания (вода, почва, атмосферный воздух) по данным Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС) Республики Беларусь и пищевых продуктов по данным государственного санитарного надзора (г. Минск, Брестская и Гродненская области) для обоснования выбора целевых территорий при проведении биомониторинговых исследований населения – урбанизированная территория, район влияния выбросов свинца от стационарных производственных предприятий и сельская (предположительно «чистая») местность.

На основании проведенного ретроспективного анализа установлено, что суммарная величина годовых выбросов свинца из всех обнаруженных источников, в среднем по стране за отчетный период, составила 8,037 т, при этом, примерно 95 % от суммарной величины выбросов свинца приходится на выбросы от крупных точечных промышленных источников, а среднегодовое значение измеренных концентраций выбросов свинца в 2022 г. составило 2,29 нг/м³ [4].

Наблюдения за химическим загрязнением земель в населенных пунктах страны осуществляются на территории 34 городов – областных центров, городов с населением 50 тыс. человек и более, а также с населением менее 50 тыс. человек, в которых сосредоточены крупные промышленные предприятия. Уровни свинца в фоновых почвах Беларуси находятся в пределах 5,4–7,0 нг/м³. По результатам мониторинга свинца в почве, проводимого на 33 станциях в 19 городах Беларуси отмечено, что среднегодовые концентрации свинца в почвах за пятилетний период находятся в пределах от 5,3 до 98,9 нг/м³. Анализ загрязнения городских почв тяжелыми металлами (общее содержание) показал, что наибольшее количество проб с превышением предельно допустимой концентрации (далее – ПДК) характерно для цинка, мышьяка, свинца и никеля.

По результатам оценки состояния городских почв в 2019 году установлено, что одним из наиболее распространенных тяжелых металлов является свинец, а наиболее высокие средние концентрации свинца 0,5–0,7 ПДК выявлены в Кричеве, Слониме, Бобруйске, Слуцке, максимальные – достигают 3,3 ПДК (Бобруйск) и 4,9 ПДК (Кричев). В остальных обследованных населенных пунктах среднее содержание элемента составляет 0,2–0,4 ПДК. Четко выраженной тенденции в изменении содержания свинца в почвах городов за период исследований не установлено.

В 2020 г. случаи превышения ПДК по свинцу установлены в трех из пяти обследованных городов (кроме Гомеля и Новополоцка) и составили от 4,2 % проанализированных проб в Молодечно до 10,0 % – 12,0 % в Могилеве и Бресте, при максимальном содержании 3,5 ПДК и 2,5 ПДК в пробах из Могилева и Бреста, соответственно. Сравнение данных, собранных в предыдущие годы наблюдений, показало превышение значений ПДК по сравнению с максимальными значениями концентраций свинца в почвах всех выбранных для исследований городов. В отдельных пробах наблюдалось превышение значений свинца в почвах в разные годы от 1,7 до 7 ПДК. Стабильно неблагоприятная ситуация по данным показателям наблюдается в Могилеве, Лиде, Борисове, Пинске, Белоозерске и Бресте [4].

Анализ загрязнения городских почв тяжелыми металлами (суммарное содержание) в 2021 г. показал, что наибольшее количество проб с превышением ПДК (ОДК – ориентировочно допустимая концентрация) характерно для цинка и свинца. Случаи превышения ПДК по свинцу в 2021 г. установлены в четырех из семи обследованных городов (Березовка, Белоозерск, Минск и Кричев) в 3,4–20 % проанализированных проб при максимальном содержании 2,1 ПДК. Среднее содержание свинца в почвах населенных пунктов находится на уровне 0,2–0,7 ПДК. Сравнение данных предыдущих лет наблюдений показало превышение значений ПДК для максимальных значений концентраций свинца в почвах четырех городов из семи. В отдельных пробах наблюдалось превышение значений свинца в почвах в разные годы от 1,2 до 4,9 ПДК. В 2022 г. стабильно неблагоприятная ситуация по данному показателю наблюдалась в Лиде, Светлогорске, Бресте, Минске, Борисове, Калинковичах, Пинске, Березе, поселке городского типа Березовка [4].

является миграция свинца в пищевые продукты из тары и упаковки. В частности, в консервной продукции свинец может попадать из припоя, используемого для герметизации банок. На основании проведенного мониторинга установлено, что естественное содержание свинца в большинстве растительных и животных продуктов, произведенных в республике, колеблется в пределах 0,5–1,0 мг/кг. Однако исследования показали, что в некоторых продуктах концентрация свинца может значительно превышать эти значения. Примерно 20 % свинца в ежедневном рационе взрослых (за исключением детей до года) поступает из консервированной продукции. Из них 13–14 % приходится на свинец из припоя, а остальные 6–7 % – на свинец, содержащийся в самом продукте.

Свинец чаще всего обнаруживается в хищных рыбах, таких как тунец, и продуктах из них (до 2,0 мг/кг). Высокие концентрации свинца также встречаются в моллюсках и ракообразных (до 10 мг/кг).

Наличие свинца в молоке, представленном на рынке Беларуси в 2019–2020 гг., варьировалось от 0,08 до 0,17 мг/кг. В большинстве проб присутствие свинца не превышало допустимого уровня (далее – ДУ) в 0,1 мг/кг, однако в одной пробе наблюдалось превышение в 1,7 раза.

Содержание свинца в печени составляло от 0,07 до 0,19 мг/кг, что не превышало ДУ. Диапазон значений уровня свинца в соках из фруктов составлял от 0,09 до 0,19 мг/кг. Эти значения не превысили порога допустимого содержания (0,4 мг/кг). Количество свинца в овощных пюре варьировалось от 0,08 до 0,18 мг/кг, что ниже ДУ в 0,5 мг/кг. Исследования на загрязненность зерна тяжелыми металлами не выявили превышений ДУ свинца. Факт наличия свинца в йогуртах вызывает обеспокоенность. В 2019 году в 2,5 % образцов йогуртов было обнаружено превышение ДУ в 1,2 раза.

В колбасных изделиях, протестированных в 2019–2020 гг., превышений содержания свинца не было обнаружено. Исследования образцов мяса, поступающих на рынок Беларуси, также не обнаружили превышений ДУ свинца.

Таким образом, анализ загрязнения пищевой продукции показал, что загрязнение тяжелыми металлами встречается редко (1,6–2,5 случая) и превышает допустимые уровни в 1,2–1,7 раза только в молочных продуктах (молоко, йогурт). В целом загрязнение тяжелыми металлами пищевой продукции, представленной на рынке Республики Беларусь, не превышает допустимых уровней, установленных нормативными документами.

На этапе выбора целевых территорий обязательно определяются возможные источники поступления химических контаминантов в окружающую среду и пищевые продукты. В качестве примера в таблице 1 приведены наиболее вероятные источники поступления в окружающую среду свинца, загрязняемые среды и возможные негативные последствия для здоровья.

Таблица 1

Основные источники информации для выбора целевых территорий при проведении биомониторинговых исследований

Химический фактор	Загрязняемая среда обитания	Основные источники загрязнения	Негативные последствия для здоровья населения
Свинец	Воздух, почва, вода, продукты питания	– образование вредных выбросов от промышленной деятельности и транспорта; – переработка свинцово-кислотных батарей для моторного транспорта; – сжигание отходов, сжигание угля; – производство стекла, хрусталя, керамики; – электрометаллургия; – производство цемента; – производство и использование минеральных удобрений и агрохимикатов	Нейротоксикант, вызывающий ослабление мозговой деятельности, снижение способности концентрировать внимание, повышенная возбудимость

Адекватный выбор целевых территорий для проведения биомониторинговых исследований является важным фактором для эффективного решения задач по профилактике экологически обусловленных заболеваний. Требуется обязательное наличие установленных причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания человека. При выборе целевых территорий для проведения пилотных биомониторинговых исследований устанавливаются все основные источники загрязнения объектов окружающей среды, включая прилегающие территории, потенциально способные воздействовать на исследуемое население в связи с возможностью пространственного распространения загрязнения.

При оценке риска конкретного объекта, например, промышленного предприятия, наиболее важным источником информации являются сведения о качественном и количественном составе выбросов или сбросов от данного объекта, их пространственных и временных характеристиках.

Использование подобных сведений позволяет наиболее точно определить целевые территории предполагаемых биомониторинговых исследований. При выборе территорий для целевых пилотных биомониторинговых исследований, направленных на установление национальных фоновых/референтных уровней, стандартными являются сценарии для условий урбанизированной территории, сельской местности и территории, связанной с крупным стационарным источником промышленных выбросов.

Таким образом, при планировании биомониторинговых исследований на население в целом и для уязвимых групп населения используется рандомизированный кластерный дизайн обследования, который позволяет оценить внутриутробное воздействие свинца среди населения в целом и в «горячих точках» воздействия, таких как районы, загрязненные промышленными выбросами.

Следовательно, при выборе территорий, находящихся в зоне повышенного воздействия загрязнителя (свинца) в качестве критерия выбора места можно использовать ретроспективный анализ выбросов свинца из промышленных источников.

При исследовании объектов с высоким уровнем воздействия, при определении границ промышленных горячих точек или загрязненных зон, необходимо учитывать несколько факторов. Во-первых, важно узнать размер, местоположение и другие характеристики активных источников загрязнения, которые вызывают беспокойство. Это поможет понять, какие именно источники являются основными поллютантами и какие меры необходимо принять. Во-вторых, следует обратить внимание на историческое загрязнение территории. Если ранее на этом месте осуществлялась деятельность, связанная с загрязнением свинцом, то это может оказать влияние на текущую ситуацию. Знание о прошлых загрязнителях помогает оценить масштаб проблемы и разработать соответствующие меры. Третий фактор, который необходимо учесть – это концентрации свинца в окружающей среде. Следует учитывать уровни свинца в воздухе, почве, поверхностных и грунтовых водах, а также в пищевых продуктах местного производства. Превышение рекомендованных значений свинца является опасным для здоровья людей. Случаи обнаружения высоких концентраций свинца сигнализируют о необходимости принятия мер по устранению источников загрязнения. Четвертый фактор – жалобы жителей на состояние здоровья. Каждая конкретная ситуация, связанная с подозрением на отравление свинцом и документально подтвержденная, вызывает повышенную обеспокоенность и свидетельствует о наличии проблемы в регионе. Пятый фактор – метеорологические и географические характеристики района. Направление ветра и топография могут существенно влиять на распространение загрязнений. Например, если ветер дует с одной стороны объекта, загрязняющего воздух, то сценарий воздействия будет отличаться от ситуации, когда ветер дует в другом направлении. Также важно учитывать направление течения воды, особенно если рассматривается загрязнение водных ресурсов. В случае отсутствия данных об окружающей среде, необходимо использовать проверенные модели рассеяния, которые учитывают географические и метеорологические условия, что позволит представить возможные сценарии воздействия загрязнений. Например, загрязнение воздуха будет наиболее значительным по направлению ветра от источника выбросов, и при этом опасные отходы могут распространяться вниз по течению реки. Получить полную картину загрязнения свинцом конкретного региона и разработать эффективные меры для устранения загрязнений и защиты окружающей среды и здоровья людей возможно при проведении полноценного мониторинга объектов среды обитания.

Таким образом, по результатам проведенного ретроспективного анализа и с учетом приведенных критериев был обоснован выбор трех целевых территорий для проведения биомониторинговых исследований для определения фоновых/референтных значений свинца в биологических системах организма человека для населения в целом и для уязвимых групп (дети, беременные и др.): урбанизированная территория – г. Минск, район влияния выбросов свинца от стационарных точечных источников – г. Белоозерск (Брестская область) и сельская местность – Гродненская область.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lead Conference. International. 20TH 2017. (Pb 2017). Held 28-30 April 2017, Berlin, Germany. – [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.proceedings.com/international-lead-association-ila/> – Дата доступа: 19.02.2024.
2. Reprint of «Update of the reference and HBM values derived by the German Human Biomonitoring Commission» / C. Schulz [et al.] // Int. J. Hyg. Environ. Health. – 2012. – Vol. 215, № 2. – P. 150–158.
3. Пятая министерская конференция по окружающей среде и охране здоровья «Защитим здоровье детей в изменяющейся среде», Парма, Италия, 10–12 марта 2010 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/104426/Parma_EH_Conf_rdoc01.pdf. – Дата доступа: 19.02.2024.
4. Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь: pravo.by: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=C22100037>. – Дата доступа: 19.02.2024.
5. Управление химическими веществами в Республике Беларусь: обзор ситуации : отчет / под ред.: С. Сычика, И. Ильюковой. – Минск, 2019. – 94 с.