

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>  
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2022, Том 9, № 4 / 2022, Vol 9, No 4 <https://resources.today/issue-4-2022.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/33ECOR422.pdf>

DOI: 10.15862/33ECOR422 (<https://doi.org/10.15862/33ECOR422>)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Белякова, О. И. Оценка загрязнения окружающей среды свинцом и его воздействие на детский организм (на примере региона Кальяо в Перу) / О. И. Белякова, С. В. Грачёв, Н. О. Мозгов // Отходы и ресурсы. — 2022. — Т. 9. — № 4. — URL: <https://resources.today/PDF/33ECOR422.pdf> DOI: 10.15862/33ECOR422

**For citation:**

Belyakova O.I., Grachev S.V., Mozgov N.O. Assessment of environmental pollution by lead and its impact on the child's body (using the example of the Callao region in Peru). *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2022; 9(4): 33ECOR422. Available at: <https://resources.today/PDF/33ECOR422.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.15862/33ECOR422

**Белякова Ольга Ивановна**

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Россия  
Доцент кафедры «Охраны труда и окружающей среды»  
Кандидат биологических наук  
E-mail: [belyakova-olga1210@yandex.ru](mailto:belyakova-olga1210@yandex.ru)

**Грачёв Сергей Владимирович**

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Россия  
Магистрант  
E-mail: [Sergei.Grachev10@yandex.ru](mailto:Sergei.Grachev10@yandex.ru)

**Мозгов Никита Олегович**

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Россия  
Магистрант  
E-mail: [mozgovn@mail.ru](mailto:mozgovn@mail.ru)

## Оценка загрязнения окружающей среды свинцом и его воздействие на детский организм (на примере региона Кальяо в Перу)

**Аннотация.** В представленной работе по существующей информации в реферативных источниках, а также, находящимся в свободном доступе статистическом материале, собранном Управлением экологии, охраны окружающей среды и гигиены труда по мониторингу региона Кальяо в Перу изложена актуальная проблема загрязнения свинцом в мировом масштабе, и показаны пути её решения на примере Перу — страны, являющейся одним из лидеров добычи этого металла. Проведен анализ степени загрязнения и воздействия свинца на окружающую среду, оценка уровней свинца в крови детей, проживающих в округе Кальяо и, связанного с ним, негативного воздействия свинцового загрязнения на детский организм.

В статье показано, что у детей самые ранние проявления воздействия свинца возникают даже при уровне в крови всего 10,0 мкг/дл, при этом в Кальяо уровни свинца в организме детей выше этого значения. Здесь зафиксированы уровни от 50 до 60 мг/дл свинца, в то время как максимальное значение у детей в возрасте до 12 лет по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) не должно превышать 10 мг/дл.

Показано, что высокая доля детей с повышенным уровнем свинца в крови связана с наличием промышленных центров, специализирующихся на плавке металлов и утилизации свинца. Направление ветров, преимущественно с юга на север и с юго-запада на северо-восток, могло бы объяснить более высокую долю детей с повышенным уровнем свинца среди жителей районов, расположенных на севере и северо-востоке.

В результате анализа данных выявлено, что контрольное значение меньше 10 мкг/дл, используемое в качестве порогового, оказывается недостаточным для сохранения здоровья населения.

Кроме того, в статье рассмотрены возможные способы сокращения загрязнения: посредством выполнения программ мониторинга и оценке экологического качества окружающей среды компаниями, занимающиеся добычей свинцовых минералов.

Указано необходимо соблюдать национальные стандарты качества окружающей среды по содержанию свинца.

Предложены руководящие принципы для различных видов экономической деятельности, ведущие к снижению загрязнения окружающей среды.

**Ключевые слова:** экологические проблемы; мониторинг; свинец; выбросы; загрязнение атмосферы; охрана окружающей среды; воздействие свинцового загрязнения на организм; регион Кальяо; Перу

## Введение

Свинец в его различных неорганических формах является одним из самых опасных загрязнителей окружающей среды [1]. Он отнесен к классу высокоопасных веществ (ГОСТ 17.4.1.02-83), наряду с мышьяком, ртутью, селеном, кадмием, цинком, фтором и бенз(а)пиреном [2; 3].

Значительная токсичность и способность накапливаться в организме определяет опасность свинца для человека [4; 5].

Свинец негативно воздействует на нервные клетки, в том числе, растворяя миелиновую оболочку [6–8]. У человека, в результате отравления этим тяжелым металлом, изменяется психология, уменьшается IQ, повышается агрессия. Кроме того, из-за свинца ежегодно погибает от изменений сердечно-сосудистой системы около 900 тысяч человек. А в целом считается, что в мире от отравления этим металлом погибло почти 100 миллионов человек [9; 10].

Большая часть свинца (от 40 до 70 % в разных странах) поступает в организм человека с продуктами питания [11].

В России, по данным Росгидромета, среднегодовая концентрация свинца в атмосферном воздухе большинства городов значительно ниже ПДК (0,3 мкг/м<sup>3</sup>) и варьирует в пределах 0,01–0,05 мкг/м<sup>3</sup>.

Однако в ряде городов России (с крупными промышленными источниками эмиссии свинца), отмечены концентрации этого металла в атмосферном воздухе, превышающие ПДК в несколько раз. Это такие города, как Белово, Владикавказ, Верхняя Пышма, Гусь-Хрустальный, Екатеринбург, Карабаш, Кировград, Красноуральск, Курск, Новосибирск, Ревда, Усолье-Сибирское и др.

В различных странах мира содержание свинца в питьевой воде варьирует от 0,1 до 6 мкг/дл, а в европейских странах, в основном, не превышает 2 мкг/дл. Содержание свинца в питьевой воде российских городов не вызывает опасений, хотя данные крайне немногочисленны. Например, в питьевой воде Москвы его концентрация изменяется от 0,07 до 0,4 мкг/дл. Однако вероятно, что в местах складирования промышленных отходов с высоким содержанием свинца, или в районах расположения плавильных заводов, проблема загрязнения питьевых вод существует [12; 13].

Значительную проблему представляет собой загрязнение свинцом почв, поскольку в результате этого свинец поступает в продовольственное сырье, а затем в организм человека [14]. Особенно сильно загрязнена свинцом почва городов, имеющих предприятия, связанные с производством аккумуляторов, стекла или непосредственно выплавке свинца (Владикавказ, Дальнегорск, Саранск, Свирск и др.) [15; 16].

Из воздуха, почвы и воды по ходу пищевой цепи свинец может попадать в корма сельскохозяйственных животных, затем в продовольственное сырье и пищевые продукты [17; 18]. Нельзя исключать и вероятность прямого загрязнения, например при производстве готовых изделий.

Следует учитывать, что различные отрасли промышленности вносят весьма неравнозначный вклад в загрязнение атмосферного воздуха свинцом (по стационарным источникам), и основным загрязнителем здесь является цветная металлургия (86,7 %), на втором месте — машиностроение и металлообработка (8,8 %). Совокупный вклад других отраслей промышленности (черная металлургия, химическая и нефтехимическая, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная, транспортные предприятия, пищевая, производство строительных материалов, электроэнергетика и топливная и др.) невелик и оценивается 4,5 % (по данным Госкомстата России).

Приоритет разных стран в добыче свинца представляет следующую картину: на первом месте Китай (около половины мировой добычи), затем идут Австралия, США, Перу и Мексика (ни совместно обеспечивают менее трети производства свинца в концентрате). На долю мировой добычи свинца в России приходится не более 2–3 %.

Если посмотреть на проблему загрязнения свинцом в мировом масштабе, то в разных странах картина не одинакова. Эксплуатация горнодобывающих ресурсов стала актуальной проблемой как в экономической, социальной, экологической, так и в области здравоохранения, особенно тяжелых металлов. Его последствия могут быть настолько серьезными, что органы охраны окружающей среды и здравоохранения должны уделять должное внимание минимизации воздействия этих токсичных элементов на население, особенно на детей [19].

В Латинской Америке и Карибском бассейне процесс индустриализации во второй половине 20-го века привел к значительному увеличению воздействия свинца [20]. Загрязнение свинцом является приоритетной проблемой для 72 % этих стран, а в 50 % существует законодательство, направленное на регулирование содержания свинца в определенных продуктах. Поэтому мы решили исследовать проблему свинцового загрязнения и его воздействие на здоровье населения, и на детский организм, в частности, на территории региона Кальяо в Перу.

Перу является главным экспортером свинца в Латинской Америке и четвертым в мире. В последние годы добыча полезных ископаемых в Перу достигла высоких уровней производства, в результате чего часты интоксикации и чрезмерное воздействие свинца на рабочем месте, в основном в горнодобывающем секторе.

Перу также считается одной из стран, наиболее загрязненных этим минералом, который транспортируется из различных центров добычи страны (свинцовые рудники на юге, севере и центральной возвышенности страны) в порт Кальяо, для последующего экспорта. Таким образом, проблема загрязнения свинцом заключается не только в месторождениях и при транспортировке к судам, но и во всем транспортном маршруте между центрами добычи и месторождениями Кальяо, где минерал орошается.

Методологической основой исследования являются сбор существующей информации в реферативных источниках, анализ собранных данных, а также углубленное исследование, находящегося в свободном доступе статистического материала, собранного Управлением экологии, охраны окружающей среды и гигиены труда по мониторингу содержания свинца в воздухе региона Кальяо в период с 2011 по 2016 гг.

### Источники загрязнения

Специфика производственной деятельности предприятий промышленности определяет особенности загрязнения окружающей среды свинцом и его соединениями. Это может быть как непосредственное производство свинца и его соединений, так и попутное извлечение свинца из других видов сырья, а также использование свинца в процессе производства различной продукции и пр.

Для здоровья человека становится опасным уровень загрязнения почвы свинцом уже в пределе 50 мг/кг. Ежедневно каждый взрослый человек получает с водой около 0,02 мг, а с пищей от 0,1 до 0,5 мг свинца. В результате, его общее содержание в организме достигает в среднем 120 мг. И если в организме взрослого человека усваивается приблизительно 10 % поступившего свинца, то у детей этот показатель достигает 30–40 %. Основная доля свинца (90 %) попадает в организм человека с пищей, остальное — респираторным путем (10 %). Но следует учитывать, что свинец, поступивший респираторным путем, более опасен, поскольку хуже выводится из организма. В городе, в результате большего загрязнения, свинца в организм человека поступает на 30 % больше, чем в сельской местности. Путь свинца в организме следующий: сначала он поступает в кровь, затем в мягкие ткани и кости, где откладывается в виде трифосфата. Но в последующем, из организма выводится 90 % поступившего свинца. Скорость биологического полувыведения свинца различна: из мягких тканей и органов — около 20 дней, а из костей — почти 20 лет.

В первую очередь негативному влиянию при воздействии свинца на организм подвергаются пищеварительная, кроветворная, нервная системы, почки, а также угнетение половой функции (нарушение сперматогенеза, активности стероидных гормонов и пр.) [21]. Даже небольшое (15 мг/кг сухого вещества) содержание свинца в кормах для животных, дает заметный негативный эффект, а концентрация 250 мг/кг уже вызывает отравление [22]. Для человека избыток свинца в крови (при суточной дозе выше 0,35 мг/кг) считается токсичным, поскольку при этом подавляется центральная нервная система, деятельность мозга, почек и мышц [23]. Дополнительными отягощающими факторами являются нехватка в рационе питания человека железа, белков, кальция, пектинов, а также повышенное поступление кальциферола, что увеличивает скорость усвоения свинца, и, соответственно, его токсичность для организма [24].

Важно отметить, что взрослые, как и дети, являются жертвами токсического воздействия этого металла. Однако для детского организма опасность отравления свинцом возрастает многократно из-за того, что скорость процессов метаболизма ребенка, находящегося в стадии роста, интенсивнее, чем у взрослого. Исследования показали, что детские кости и мягкие ткани (мозг, почки и печень), все еще находящиеся в процессе развития, поглощают 50 % свинца, в

то время как скорость поглощения у взрослых составляет 20 %. Отравление свинцом поражает несколько систем в организме человека, особенно нервную, выделительную, эндокринную, желудочно-кишечную и сердечно-сосудистую системы [25].

Выделяют следующие пути попадания свинца в организм ребенка:

1. Попадание свинцовой пыли в легкие при вдыхании.
2. Поверхности, покрытые свинецсодержащими красками.
3. Загрязненные свинцом пищевые продукты.
4. Загрязненные свинцом земля и песок на игровых площадках.
5. Вода, проходящая через свинцовые трубы и краны.

У детей самые ранние проявления свинца возникают даже при уровне в крови всего 10,0 мкг/дл, в Кальяо почти у всех детей уровни свинца в организме выше этого значения. Здесь DIGESA зафиксировала уровни от 50 до 60 мкг/дл свинца в крови детей школьного возраста, в то время как максимальное значение у детей в возрасте до 12 лет по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) не должно превышать 10 мкг/дл.

Свинец оказывает на организм ребенка губительное воздействие. Даже небольшая свинцовая интоксикация может вызвать у детей заболевания крови, частичную потерю слуха, гиперактивность, снижение внимания и работоспособности, невозможность сосредоточиться, а также приводит к снижению умственного и физического развития [26].

### Методы исследования

Было проведено количественное исследование в юрисдикции «Ми Перу». Это район, расположенный в Северной зоне региона Кальяо, где «Управление экологии, охраны окружающей среды и гигиены труда» произвело мониторинг содержания свинца в воздухе в период с 2011 по 2016 гг.

Группа населения для исследования состояла из детей, которые ранее были обследованы специалистами из регионального управления здравоохранения Кальяо (DIRESA Callao) в 2016 году. В обследование входило определение содержания свинца в крови и клиническую оценку организма. В процессе исследования приняли участие 500 детей обоего пола в возрасте от 1 до 13 лет, все они жители района Ми Перу. Количество детей для исследования было выбрано в соответствии с критериями «Региональной стратегии здравоохранения для наблюдения и контроля рисков отравления тяжелыми металлами» от DIRESA Callao. При исследовании 500 детей находились под наблюдением окружного медицинского центра Ми Перу.

Использовались следующие критерии включения детей для проведения исследования: дети, родители или опекуны которых согласились добровольно участвовать в исследовании для сбора данных, имели результаты анализа крови на содержание свинца и гемоглобина.

Для сбора данных был подготовлен вопросник на основе файла эпидемиологического исследования, используемого DIRESA Callao, и дополнен информацией, имеющейся в литературе.

Результаты значений свинца в крови, полученные из формы эпидемиологического исследования, используемой DIRESA Callao обрабатывались в лаборатории DIRESA Callao, а измерения проводились с помощью анализатора Lead Care II. С учетом «Руководства по клинической практике ведения пациентов с отравлением свинцом» Министерства здравоохранения уровни свинца были разделены на пять категорий:

1. Категория I ( $< 10$  мкг/дл);
2. Категория II (от 10 до 19,99 мкг/дл);
3. Категория III (от 20 до 44,99 мкг/дл);
4. Категория IV (от 45 до 69,99 мкг/дл);
5. Категория V ( $\geq 70$  мкг/дл).

Для классификации повышенных уровней свинца были взяты две контрольные точки: значения более 10 мкг/дл на основе национального руководства и значения более 5 мкг/дл, определенные CDC Соединенных Штатов Америки [27].

Переменные, рассматриваемые как возможные факторы, связанные с повышенным уровнем свинца в крови, были распределены по: общим данным участников, информации о родителях, характеристиках дома и привычках участвующих детей.

Анемия считается еще одним возможным сопутствующим фактором. Принимая во внимание критерии Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), анемия рассматривалась в возрастной группе от 6 месяцев до 4 лет ( $Hb < 11$  г/дл), от 5 до 11 лет ( $Hb < 11,5$  г/дл) и от 12 до 14 лет ( $Hb < 12,0$  г/дл).

Источником информации для большинства общих данных, количественных значений свинца и гемоглобина, была «форма оценки, а также эпидемиологические и медицинские исследования факторов риска воздействия и отравления тяжелыми металлами и металлоидами» DIRESA Callao.

База данных исследования была обработана стандартными методами вариационной статистики. Отношение шансов определялось между факторами, которые учитывались в характеристиках дома и привычках детей, с учетом 95 % доверительного интервала (95 % ДИ); для свинца в крови значения были классифицированы как менее 10 мкг/дл и более или равно 10 мкг/дл. Для оценки статистических различий использовали критерий Хи-квадрат и U-критерий Манна-Уитни, считая значимыми значения  $p < 0,05$ . Анализ проводился с помощью 20 версии программы статистики IBMSPSS.

### Полученные результаты

Исследование проводилось с 310 детьми обоего пола, которые соответствовали всем критериям исследования. Остальные 190 детей из 500 детей были исключены из списка обследованных по разным причинам. Средний возраст детей 7 лет (стандартное отклонение: 2,97 года; минимум 1 год; максимум 13 лет), преимущественно в возрасте от 5 до 9 лет и большинство из них учились в начальной школе. По информации о родителях 53,2 % ( $n = 165$ ) матерей имели среднее образование. По роду занятий отцов — 41,6 % ( $n = 129$ ) имели неформальную работу, наиболее часто в гражданском строительстве, а 69 % ( $n = 214$ ) матерей были домохозяйками. Что касается знаний о вредных последствиях свинцового отравления, все родители или опекуны ответили утвердительно, однако только 28,7 % ( $n = 89$ ) заявили, что они прошли обучение и/или образование в отношении вредных последствий свинца на организм.

Средний уровень свинца в крови составлял 7,40 мкг/дл, с уровнем 8,00 мкг/дл у мужчин и 6,80 мкг/дл у женщин, со значительными различиями между полами (тест Mann-Whitney U;  $p = 0,008$ ). Средняя плумбемия составила 8,59 мкг/дл ( $SD = 5,30$  мкг/дл; мин. 3,30 мкг/дл; макс. 53,00 мкг/дл), с 8,05 мкг/дл (95 % ДИ: 7,20–8,89) у женского пола и 9,16 мкг/дл (95 % ДИ: 8,33–9,98) у мужчин.

Уровни свинца в крови у детей, проживающих в Кальяо представлено в таблице 1.

Таблица 1

Уровни свинца в крови у детей

Уровень свинца в крови	Итого		Пол		Значение p*
	(n = 310)		женский (n = 157)	мужской (n = 153)	
Средняя (IC 95 %)	8,59 (от 8,00 до 9,19)		8,05 (от 7,20 до 8,89)	9,16 (от 8,33 до 9,98)	
P25	5,5		4,95	5,85	
P50 (Средняя)	7,4		6,8	8	0,008
P75	10,3		10	10,6	
Минимум	3,3		3,3	3,3	
Максимум	53		53	38	

Источник: данные лаборатории DIRESA Callao (<https://convoca.pe/investigacion/los-ninos-que-respiran-plomo-en-el-callao>)

Согласно документам уровни свинца в крови подразделяются на пять групп (от I до V). У 72,6 % (n = 225) уровень свинца в крови меньше 10 мкг/дл (категория I), а у оставшихся детей процент свинца в крови больше 10 мкг/дл, распределенные по категориям от II до V, без существенных различий между полами (p = 0,499). Однако, учитывая порог 5 мкг/дл, только 18,1 % (n = 56) показали уровни свинца в крови меньше 5 мкг/дл, 27,4 % (n = 85) — с уровнями больше 10 мкг/дл, в то время как 54,5 % (n = 169) имели уровни свинца от 5 до < 10 мкг/дл, со значительно более высокими уровнями у мужчин (p = 0,007). В таблице 2 представлена классификация по уровням свинца в крови у детей, проживающих в районе Кальяо.

Таблица 2

Классификация по уровням свинца в крови у детей, проживающих в районе Кальяо

Ведущий уровень	Итого		Женский		Мужской		Значение p (тест хи-квадрат)
	n	%	n	%	n	%	
итого	310	100	157	100	153	100	
Категории**							0,499
I (< 10)	225	72,6	118	75,2			
II (10–19,99)	74	23,9	34	21,7			
III (20–44,9)	10	3,2	4	2,5	6	3,9	
IV (45–69,9)	1	0,3	1	0,6	0	0	
V (≥ 70)	0	0	0	0	0	0	
Классификация							
< 5	56	18,1	39				
5 a < 10	169	54,5	79				
≥ 10	85	27,4	39				

Источник: «Руководства по клинической практике ведения пациентов с интоксикацией на свинец» Министерства здравоохранения Перу

Уровни свинца в крови больше 10 мкг/дл были выше у детей в возрасте до 10 лет (p = 0,008) и у детей, родители которых не получали никакого обучения и/или образования в отношении влияния свинца (p < 0,001).

Факторами риска, связанными с высоким кровяным давлением, были: проживание с грязным полом (OR: 2,92; 95 % CI: 1,26–6,78), привычка потреблять почву у детей (OR: 1,76; CI 95 %: 1,02–3,07), кусание или сосание карандашей (ОШ: 1,86; 95 % ДИ: 1,12–3,10) и игрушек (ОШ: 1,97; 95 % ДИ: 1,16–3,33). Наличие анемии не считалось риском (OR = 1,27; 95 % ДИ: 0,53–3,07).

## Обсуждение

В настоящем исследовании уровни свинца в крови в большинстве случаев относятся к категории I. Растущее количество данных о вредном воздействии свинца на детей привело к тому, что контрольное значение меньше 10 мкг/дл, использовалось в качестве порогового значения. Также это значение было признано NIOSH в качестве контрольного уровня содержания свинца в крови взрослых.

В исследовании 27 % участников имели уровни свинца больше 10 мкг/дл, однако, когда контрольный порог был изменен, более 80 % имели уровни больше 5 мкг/дл. У детей, живущих в странах Латинской Америки и Карибского бассейна, уровни свинца в крови высоки (от 10 мкг/дл) по сравнению с их сверстниками в Соединенных Штатах. В китайских городах, таких как город Юньхэ, среди детей, живущих вокруг завода по производству свинцовых аккумуляторов, 43 % превышали уровни свинца (10 мкг/дл), а 8 % из них превышали 20 мкг/дл. Заводы по производству свинцовых аккумуляторов причинно связаны с повышенным уровнем содержания свинца в окружающей среде и у жителей.

В Перу предыдущее исследование, проведенное в населенном пункте Пуэрто-Нуэво, расположенном в другом районе региона Кальяо, показало высокую распространенность отравления свинцом у детей в возрасте до 6 лет со средним уровнем в крови  $27,46 \pm 11,95$  мкг/дл (минимальный уровень 4,4 мкг/дл и максимальный 60 мкг/дл). Среди детей и беременных женщин из Лимы и Кальяо был обнаружен средний уровень свинца в крови 9,9 мкг/дл (диапазон от 1 мкг/дл до 64 мкг/дл), 29 % детей показали значения больше 10 мкг/дл и 9,4 % значения больше 20 мкг/дл.

Самые высокие уровни наблюдались в районе Кальяо, где среднее содержание свинца в крови составляло 25,6 мкг/дл ( $SD = 4,6$ ), в то время как для остальной части образца среднее значение составляло 7,1 мкг/дл ( $SD = 5,1$ ).

Население, участвовавшее в нашем исследовании, проживало и проживает в учебных центрах в районах с наивысшим риском загрязнения свинцом из-за их близости к промышленным центрам, занимающимся выплавкой металлов и извлечением свинца.

Определенные условия, выходящие за рамки сектора здравоохранения, такие как уровень образования, определяют состояние здоровья людей. В этой связи в литературе указывается, что низкий уровень образования родителей может иметь более значительное влияние на более высокие уровни концентрации свинца в крови у детей. С другой стороны, эффективность образовательных мероприятий также зависит от определенных аспектов, таких как улучшение знаний о предотвращении отравления свинцом в детстве, уровень образования родителей и изменение отношения родителей к отравлению свинцом.

Исходя из характеристик жилищ, оцениваемых в настоящем исследовании, наличие грязного пола было фактором риска плумбемии. Другие условия, такие как преобладающий материал на стенах и потолке, степень сохранности и наличие пыли в доме, а также сохранность краски не были значительным фактором риска. Факторами риска, связанными с поведением детей, были: привычки есть грязь, кусать или сосать карандаши и игрушки.

В литературе указывается [28], что условия возраста краски, состояния краски, игры на открытом воздухе и продолжительности воздействия свинца в жилых районах положительно коррелируют с высокими уровнями свинца в крови, точно так же, как была обнаружена связь между уровнем свинца в крови, а также семейные и личные привычки, такие как использование косметики, употребление консервов и использование газет во время приготовления пищи, а также привычка класть игрушки в рот.



В нашем исследовании мы не обнаружили связи между уровнем свинца в крови и наличием анемии. Однако отмечается, что недостаток в рационе микроэлементов, таких как железо, цинк и кальций, может привести к более высокому всасыванию свинца; аналогично, более высокое всасывание свинца также может привести к снижению абсорбции этих микроэлементов.

В настоящем исследовании высокая доля детей с повышенным уровнем свинца в крови связана с наличием промышленных центров, специализирующихся на плавке металлов и утилизации свинца. Направление ветров, преимущественно с юга на север и с юго-запада на северо-восток, могло бы объяснить более высокую долю детей с повышенным уровнем свинца среди жителей населенного пункта Вирхен-де-Гуадалупе.

Наши результаты согласуются с различными исследованиями, которые указывают на существование обратной связи между расстоянием хранения свинца и уровнями свинца в крови, концентрациями свинца в пыли и образцах почвы. Наличие завода по переработке металла также связано с загрязнением домашней среды.

Безопасный уровень свинца в крови не установлен, присутствие любого количества свинца в крови может привести к нарушениям развития нервной системы, а в больших количествах может вызвать множественное повреждение органов и даже смерть. Средние показатели IQ детей с уровнями от 5 до 10 мкг/дл примерно на 5 пунктов ниже, чем показатели IQ детей с уровнями менее 5 мкг/дл, даже низкие уровни свинца связаны с более низкой успеваемостью в школе и когнитивными нарушениями. Воздействие свинца считается необратимым, что приводит к легкой задержке умственного развития, вызванной свинцом, у детей в возрасте от 0 до 4 лет.

В заключение можно сказать, что в Кальяо существует высокая доля детей с повышенным уровнем свинца в крови. Сопутствующими факторами были мужской пол, возраст, подготовка родителей в отношении свинца, проживание с грязным полом, привычки детей есть грязь, кусание или сосание карандаша, а также кусание и сосание игрушек. Поддержание уровней свинца в крови за счет установления порогового значения 10 мкг/дл может минимизировать масштаб проблемы и привести к замедлению реакции организма на отравление свинцом, а также ослабить стратегии профилактики и укрепления здоровья, направленные на снижение воздействия свинца.

### **Возможные способы сокращения загрязнения**

Компании, занимающиеся коммерциализацией свинцовых минералов, должны взять на себя обязательства по мониторингу и оценке экологического качества окружающей среды в своих месторождениях минерального концентрата посредством выполнения программ мониторинга.

Эта программа должна включать, среди прочего, компоненты оценки качества воздуха, почвы и воды. Аналогичным образом, для выполнения этого обязательства необходимо создать сеть экологического мониторинга для ежемесячной оценки качества воздуха и других компонентов — каждые шесть месяцев.

Региональное управление здравоохранения Кальяо с 2001 года он ведет мониторинг атмосферных загрязнителей. С другой стороны, мониторинг твердых частиц и металлов также проводится в определенных районах Кальяо для выявления зон риска. DIGESA должна проводить такой же мониторинг окружающей среды в разных районах города, где определены зоны орошения свинцом.

Необходимо соблюдать национальные стандарты качества окружающей среды по содержанию свинца в почве, воздухе и воде. В почве: 70 мг/кг сухого вещества для сельскохозяйственных почв, 140 мг/кг для жилой/парковой почвы и 1200 мг/кг для коммерческой/промышленной/добывающей почвы. В воде: 0,05 мг/л. В воздухе: ежемесячно — 1,5 мкг/м<sup>3</sup>, годовое — 0,5 мкг/м<sup>3</sup>.

### Применение и совершенствование законов об охране окружающей среды

Региональные нормы конституционной провинции Кальяо]:

1. Региональное соглашение № 0016-2003-Кальяо-ЧР об объявлении чрезвычайной экологической ситуации в связи с загрязнением свинцом и отравлением в различных населенных пунктах, урбанизациях и прилегающих районах конституционной провинции Кальяо.
2. Постановление мэрии № 021-2001-МРС, устанавливающее санкционированные маршруты движения тяжелых транспортных средств для минеральных концентратов в конституционной провинции Кальяо.
3. Разрешенные маршруты транспортировки минерального концентрата из различных частей страны на месторождения, расположенные в конституционной провинции Кальяо: Carretera Ventanilla, Av. Néstor Gambetta и Av. Morales Duárez.
4. Разрешенные маршруты транспортировки минерального концентрата с месторождений, находящихся в юрисдикции Кальяо, до портового терминала: Av. Rímac, Juan Millar street, Guillermo Ronald, Manuel Arispe, Néstor Gambetta Av., Huáscar Av. Atalaya, Av. Контральмиранте Мора, Авеню Гваделупе и Авеню Мариатеги.
5. Постановление директора № 126-2001 SA-DS / Callao, объявляющее чрезвычайное санитарное положение в зоне Cercado округа Callao, где 31 августа сформирована Техническая комиссия под председательством Управления эпидемиологии DISAICallao.
6. Постановление мэрии № 00016-2001, Устанавливает положения, касающиеся хранения, обработки и транспортировки свинцового минерального концентрата в Кальяо.
7. Постановление мэра № 000010-МРС (2000), Директива, утверждающая расширение мер по снижению загрязнения окружающей среды, которые компании, осуществляющие перевозку полезных ископаемых.
8. Указ мэра № 000025-МРС (1999), Директива о мерах по смягчению загрязнения окружающей среды, регулирующая месторождения минеральных концентратов и морской терминал ENAPU в конституционной провинции Кальяо.

Национальная экологическая политика является обязательной на центральном, региональном и местном уровнях управления и является руководящим принципом для частного сектора и гражданского общества. Он структурирован на основе четырех основных тематических осей управления окружающей средой, в отношении которых устанавливаются руководящие принципы политики, направленные на достижение устойчивого развития страны.

В качестве руководящих принципов для различных видов экономической деятельности, касающихся загрязнителей окружающей среды в их источниках или в виде отходов, способствует:

1. Повышение экологических и социальных стандартов горнодобывающей и энергетической деятельности с помощью кодексов и норм согласованного и прозрачного поведения и проверка их соблюдения.
2. Содействие формализации неформальной добычи полезных ископаемых как средству улучшения управления окружающей средой и облегчения ее эффективного контроля.
3. Содействие корпоративной социальной ответственности в горно-энергетической деятельности, для улучшения отношения с местными сообществами и уменьшения социально-экологических конфликтов.
4. Поощрение использования чистых технологий в горнодобывающей и энергетической деятельности, для минимизации экологических рисков и воздействий.
5. Обеспечение своевременного и прозрачного проведения общественных консультаций до предоставления прав на разведку и разработку.
6. Комплексный контроль за загрязнением с помощью механизмов и инструментов контроля за загрязнением в соответствии с межотраслевыми критериями, административное упрощение и постоянное совершенствование.
7. Установление индикаторов, параметров и процедур для оценки эффективности инструментов контроля качества окружающей среды и внесение необходимых исправлений.
8. Усиление управления региональными и местными органами власти в вопросах твердых бытовых отходов, уделяя приоритетное внимание их использованию.
9. Создание и/или укрепление механизмов авторизации, надзора и контроля в жизненном цикле химических веществ и опасных материалов, а также систематизация и обновление информации о проводимой с ними деятельности.
10. Управление рисками для здоровья и окружающей среды, связанными с использованием опасных химикатов и материалов, особенно среди потенциально подверженных воздействию людей.
11. Содействие активному и мультикультурному участию населения в управлении окружающей средой и, в частности, прямому вмешательству меньшинств или уязвимых групп без какой-либо дискриминации.

Согласно Общему закону об окружающей среде, исследования воздействия на окружающую среду (ОВОС) — это инструменты управления, которые содержат описание планируемой деятельности и прогнозируемых прямых или косвенных последствий деятельности для физической и социальной среды в краткосрочной и долгосрочной перспективе, а также их техническая оценка.

Основными источниками свинца в столичной Лиме являются плавка свинца и транспортировка полезных ископаемых, и выше представленные предложения направлены на эти виды деятельности.

Государственными структурами, которые имеют отношение к надзору и охране общественного здоровья населения, являются Министерство здравоохранения, DIGESA, Министерство окружающей среды, OEFA, OSINERGMIN, Министерство энергетики и горнодобывающей промышленности, местные и региональные органы власти, а также все те, которые подпадают под действие Закона.

## Заключение

Перу занимает третье место в мире по производству серебра, меди и цинка, четвертое — по производству свинца и олова, пятое — по производству золота. Кроме того, здесь есть богатые месторождения железа и марганца. В значительной степени экономика Перу поддерживается за счет добычи и экспорта этих природных ресурсов. Однако развитие добывающей промышленности приводит к серьезным экологическим проблемам.

В ходе исследования уровней свинца и связанных с ними факторов в крови детей, проживающих в округе Кальяо выявлено, что уровни свинца в крови в большинстве случаев относятся к категории I. Растущее количество данных о вредном воздействии свинца на детей привело к тому, что контрольное значение меньше 10 мкг/дл, использовалось в качестве порогового значения. Также это значение было признано NIOSH в качестве контрольного уровня содержания свинца в крови взрослых, что оказывается недостаточным для сохранения здоровья населения.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Корбакова А.И., Сорокина Н.С., Молодкина Н.Н., Ермоленко А.Е., Веселовская К.А. Свинец и его действие на организм (обзор литературы) // Мед. труда и пром. эколог. № 5. — 2001. — С. 29–34.
- 2 Аксенов В.А., Гречаниченко Т.Э., Белякова О.И. Экологическая безопасность: учебное пособие. Курск, Изд.: ЮЗГУ. — 2015. — 211 с.
- 3 Ильичева С.А., Заридзе Д.Г. Современное состояние оценки потенциальной канцерогенной опасности свинца и его соединений // Здравоохранение РФ. Т. 59. № 2. — 2015. — С. 48–52.
- 4 Ландриган Ф. Современные проблемы эпидемиологии и токсикологии профессионального воздействия свинца // Гигиена труда и проф. заболевания. № 6. — 1991. — С. 25–27.
- 5 Ливанов Г.А., Соболев М.Б., Худoley В.В. Диагностика и лечение отравлений свинцом у детей // Амбулаторная токсикология “Свинец и здоровье детей: диагностика, лечение и профилактика”. СПб. — 1999. — С. 128–142.
- 6 Bernard S.R. Dosimetric data and metabolic model for Lead // Health Phys. V. 32. № 1. — 1977. — P. 44–46.
- 7 Patil A.J., Bhagwat V.R., Patil J.A. et al. Effect of lead (Pb) exposure on the activity of superoxide dismutase and catalase in battery manufacturing workers (BMW) of Western Maharashtra (India) with reference to heme biosynthesis // Int. J. Environ. Res. Public Health. V. 3. № 4. — 2006. — P. 329–337.
- 8 Dikilitas M., Karakas S., Ahmad P. Effect of lead on plant and human DNA damages and its impact on the environment // Plant Metal Interaction. Penna: Springer Publ. — 2016. — P. 41–67.
- 9 Susan Aldridge. Archaeoforensics. What Killed...? // BBC Focus. № 2. — 2008. — P. 42.
- 10 Patrick L. Lead toxicity. Part II: The role of free radical damage and the use of antioxidants in the pathology and treatment of lead toxicity // Altern. Med. Rev. V. 11. № 2. — 2006. — P. 114–127.
- 11 Ulf Aasebø, Kjell G. Kjær. Lead poisoning as possible cause of deaths at the Swedish House at Kapp Thordsen, Spitsbergen, winter 1872-3 (англ.) // BMJ. — London: BMJ Group, — 2009.

- 12 Haefliger P., Mathieu-Nolf M., Locicero S., Ndiaye C., Coly M., Diouf A. et al. Mass lead intoxication from informal used lead-acid battery recycling in Dakar, Senegal. *Environmental Health Perspectives*. 117(10). — 2009. — P. 1535–1540 (<https://ehp.niehs.nih.gov/0900696/>).
- 13 Monaci F., Moni F., Lanciotti E., Grechi D., Bargagli R. Biomonitoring of airborne metals in urban environments: New tracers of vehicle emission, in place of lead // *Environ. Pollut.* V. 107. № 3. — 2000. — P. 321–327.
- 14 Paivoke A.E.A. Soil lead alters phytase activity and mineral nutrient balance of *Pisum sativum* // *Environ. Exp. Bot.* V. 48. — 2002. — P. 61–73.
- 15 Liang J., Mao J. Source analysis of global anthropogenic lead emissions: Their quantities and species // *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* V. 22. № 9. — 2015. — P. 7129–7138.
- 16 Chow T.J., Earl J.L., Snyder C.B. Lead aerosol baseline: Concentration at White Mountain and Laguna Mountain, California // *Science*. V. 178. № 4059. — 1972. — P. 401–402.
- 17 Ahamed M., Siddiqui M.K. Environmental lead toxicity and nutritional factors // *Clin. Nutr.* V. 26. № 4. — 2007. — P. 400–408.
- 18 Padmavathamma P.K., Li L.Y. Phytoavailability and fractionation of lead and manganese in a contaminated soil after application of three amendments // *Bioresour. Technol.* V. 101. № 14. — 2010. — P. 5667–5676.
- 19 McClure L.F., Niles J.K., Kaufman H.W. Blood lead levels in young children: US, 2009–2015 // *J. Pediatr.* V. 175. — 2016. — P. 173–181.
- 20 Rondó P.H.C., Conde A., Souza M.C., Sakuma A. Iron deficiency anaemia and blood lead concentrations in Brazilian children // *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* V. 105. № 9. — 2011. — P. 525–530.
- 21 Ahamed M., Verma S., Kumar A., Siddiqui M.K. Environmental exposure to lead and its correlation with biochemical indices in children // *Sci. Total Environ.* V. 346. № 1–3. — 2005. — P. 48–55.
- 22 Reis L.S.L.S., Pardo P.E., Camargos A.S., Oba E. Mineral element and heavy metal poisoning in animals // *J. Med. Med. Sci.* V. 1. № 12. — 2010. — P. 560–579.
- 23 Bellinger D.C. A strategy for comparing the contributions of environmental chemicals and other risk factors to neurodevelopment of children // *Environ. Health Perspect.* V. 120. № 4. — 2012. — P. 501–507.
- 24 Lidsky T.I., Schneider J.S. Lead neurotoxicity in children: Basic mechanisms and clinical correlates // *Brain*. V. 126. — 2003. — P. 5–19.
- 25 Vaziri N.D. Mechanisms of lead-induced hypertension and cardiovascular disease // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* V. 295. № 2. — 2008. — P. 454–465.
- 26 Ha M., Kwon H.J., Lim M.H., Jee Y.K., Hong Y.C. et al. Low blood levels of lead and mercury and symptoms of attention deficit hyperactivity in children: A report of the children's health and environment research (CHEER) // *Neurotoxicology*. V. 30. № 1. — 2009. — P. 31–36.
- 27 Nelson T.J. The Assigned Protection Factor According to ANSI. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 57(8). — 1996. — P 735–740.
- 28 Pattee O.H., Pain D.J. Lead in the environment // *Handbook of Ecotoxicology*. 2nd Ed. / Eds Hoffman D.J., Rattner B.A., Burton G., Cairns J. Boca Raton, Florida: Lewis Publishers. — 2003. — P. 373–408.

**Belyakova Olga Ivanovna**

Southwest State University, Kursk, Russia  
E-mail: belyakova-olga1210@yandex.ru

**Grachev Sergei Vladimirovich**

Southwest State University, Kursk, Russia  
E-mail: Sergei.Grachev10@yandex.ru

**Mozgov Nikita Olegovich**

Southwest State University, Kursk, Russia  
E-mail: mozgovn.n@mail.ru

## **Assessment of environmental pollution by lead and its impact on the child's body (using the example of the Callao region in Peru)**

**Abstract.** In the presented work, based on the existing information in abstract sources, as well as freely available statistical material collected by the Department of Ecology, Environmental Protection and Occupational Health Monitoring of the Callao region in Peru, the actual problem of lead pollution on a global scale is outlined, and ways to solve it are shown on the example of Peru, a country that is one of the leaders extraction of this metal. The analysis of the degree of pollution and the impact of lead on the environment, the assessment of the levels of lead in the blood of children living in the Callao district and the associated negative impact of lead pollution on the child's body was carried out.

The article shows that in children, the earliest manifestations of lead exposure occur even at a blood level of only 10.0 micrograms/dl, while in Callao, lead levels in children's bodies are higher than this value. Levels from 50 to 60 mg/dl of lead are recorded here, while the maximum value in children under the age of 12 according to the World Health Organization (WHO) should not exceed 10 mg/dl.

It is shown that a high proportion of children with elevated levels of lead in the blood is associated with the presence of industrial centers specializing in the melting of metals and the disposal of lead. The direction of winds, mainly from south to north and from southwest to northeast, could explain the higher proportion of children with elevated lead levels among residents of areas located in the north and northeast.

As a result of data analysis, it was revealed that the control value less than 10 micrograms/dl, used as a threshold, is insufficient to preserve the health of the population.

In addition, the article discusses possible ways to reduce pollution: through the implementation of programs for monitoring and assessing the environmental quality of the environment by companies engaged in the extraction of lead minerals.

It is also necessary to comply with national environmental quality standards for lead content.

Guidelines for various types of economic activities leading to the reduction of environmental pollution are proposed.

**Keywords:** environmental problems; monitoring; lead; emissions; atmospheric pollution; environmental protection; the impact of lead pollution on the body; Callao region; Peru