

proach to constructing the doctors' trust index in their professional activities. *Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine*. 2023;31 (Special Issue 2):1183–1188 (In Russian). <https://doi.org/10.32687/0869-866X-2023-31-s2-1183-1188>.

8. Улумбекова Г.Э., Гинойан А.Б. Рейтинг эффективности систем здравоохранения регионов Российской Федерации в 2019 году. *ОРГЗДРАВ: новости, мнения, обучение. Вестник ВШОУЗ*. 2021;7(1):4-16.

<https://doi.org/10.33029/2411-8621-2021-7-1-4-16> / Ulumbekova G.E., Ginoian A.B. Rating of the effectiveness of healthcare systems in the regions of the Russian Federation in 2019. *Healthcare Management: News, Views, Education. Bulletin of VSHOUZ*. 021;7(1):4-16 (In Russian). <https://doi.org/10.33029/2411-8621-2021-7-1-4-16>.

9. Лакман И.А., Тимирьянова В.М., Закирьянова Г.Т. Изучение влияния на смертность населения обеспеченности ресурсами здраво-

охранения с использованием метода иерархического линейного моделирования. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2021; 65(6): 540–548. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2021-65-6-540-548>. / Lakman I.A., Timiryanova V.M., Zakiryanova G.T. Study of the impact of healthcare resource provision on population mortality using the hierarchical linear modelling method. *Healthcare of the Russian Federation*. 2021; 65(6): 540–548 (In Russian). <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2021-65-6-540-548>.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Русских С.В. – руководство исследованием, разработка концепции и дизайн исследования, методология, статистический анализ данных, научное редактирование рукописи; Краснов Е.В. – верификация данных, сбор материала, администрирование данных; Афанасьева Л.Н. – обработка материала, написание текста.

Сведения об авторах: Русских Сергей Валерьевич – канд. мед. наук, вед. науч. сотр. ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко», russkikh1@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3292-1424>; Краснов Евгений Валерьевич – канд. психол. наук, доц. каф. общей психологии Института психологии им. Л.С. Выготского ФГАОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет», <http://orcid.org/0000-0001-7541-5145>; Афанасьева Лена Николаевна – д-р мед. наук, доц. Медицинского института ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», <https://orcid.org/0000-0003-2592-5125>.

Поступила: 28.02.2026 / Принята к публикации: 06.05.2026

ГИГИЕНА, САНИТАРИЯ, ЭПИДЕМИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНСКАЯ ЭКОЛОГИЯ



DOI 10.25789/YMJ.2026.94.16

УДК 614.7:612.799.1

Влияние горнопромышленного комплекса на элементный гомеостаз системы «мать–плацента–плод»

Г.Р. Аллаярова, Э.Н. Усманова, Д.Э. Мусабилов, С.Р. Афонькина, Г.Ф. Адиева, Э.А. Аухадиева, Т.К. Ларионова, Е.Е. Зеленковская ФБНУ «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», ул. Степана Кувыкина, д. 94, г. Уфа, 450106, Россия

Аннотация. Изучены элементные профили образцов волос матерей и новорожденных детей, а также плацентарной ткани в регионе с длительной горнодобывающей деятельностью и особыми биогеохимическими условиями. Биомониторинг элементарного состава в системе «мать–плацента–новорожденный» показал аккумуляцию токсичных (Pb, Cd, As, Ni, Cr, Hg) и эссенциальных (Fe, Mn, Ca, Mg) элементов у матерей, их повышенное содержание у новорожденных (за исключением Ca), а также неспособность плаценты выполнять эффективную барьерную функцию. Корреляционный анализ системы «мать–плацента–новорожденный» выявил статистически значимые взаимосвязи, являющиеся индикаторами повышенного промышленного воздействия. Наиболее сильная положительная корреляция между содержанием мышьяка в волосах матери и кальция в плаценте ($r=0,763$) указывает на нарушение плацентарного транспорта кальция под действием токсиканта. Другие корреляции, включая обратные связи эссенциальных элементов в волосах матери (Zn, Ca, Cu) с токсичным никелем у плода, отражают два ключевых процесса: совместное воздействие поллютантов из среды и формирование биохимического барьера, защищающего плод при адекватном микроэлементном статусе матери.

Ключевые слова: тяжелые металлы, биосреды, волосы матери, волосы ребенка, плацента

Abstract. The study examined the elemental profiles of maternal and neonatal hair samples, as well as placental tissue, in a region with long-standing mining activity and specific biogeochemical conditions. Biomonitoring of the elemental composition in the mother-placenta-newborn system revealed the accumulation of toxic (Pb, Cd, As, Ni, Cr, Hg) and essential (Fe, Mn, Ca, Mg) elements in mothers, their elevated levels in newborns (except Ca), and the inability of the placenta to effectively perform a barrier function. Correlation analysis of mother-newborn bioenvironments revealed statistically significant relationships, the most pronounced of which was between arsenic levels in maternal hair and calcium in the placenta ($r = 0.763$). The observed correlations (e.g., Hg in maternal hair – Zn, Cu, and Ca in the fetus's hair) are interpreted as a consequence of the combined maternal exposure to a complex of environmental pollutants and their subsequent distribution within the mother-placenta-fetus system.

Keywords: heavy metals, biological environments, mother's hair, child's hair, placenta

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Аллаярова Г.Р., Усманова Э.Н., Мусабилов Д.Э., Афонькина С.Р., Адиева Г.Ф., Аухадиева Э.А., Ларионова Т.К.,

© Аллаярова Г.Р., Усманова Э.Н., Мусабилов Д.Э., Афонькина С.Р., Адиева Г.Ф., Аухадиева Э.А., Ларионова Т.К., Зеленковская Е.Е., 2026

Введение. Деятельность горнодобывающих предприятий на территории Республики Башкортостан является источником интенсивного техногенного воздействия, приводящего к устойчивому загрязнению всех компонентов экосистем [1–3]. Воздействие горнопромышленного комплекса привело к формированию на прилегающих территориях биогеохимических зон с аномально высокими концентрациями приоритетных загрязнителей, среди которых доминируют тяжёлые металлы [4, 5]. К таким градообразующим горным предприятиям относится Учалинский горно-обогатительный комбинат (УГОК) в Учалинском районе Республики Башкортостан. Структура горнодобывающего предприятия включает следующие подразделения: шахты для подземных работ, карьеры для открытой разработки, обогатительные фабрики, автотранспортные цеха для перевозки руды и различные вспомогательные службы [3].

При переработке медно-цинковых руд на УГОК на работниц одновременно воздействует комплекс вредных факторов: пыль полиметаллических руд (обладающая в основном фиброгенным действием), химические вещества, производственный шум и неблагоприятный микроклимат [6]. Риск нарушения здоровья под влиянием производственных факторов и факторов окружающей среды является наиболее значимым для уязвимых групп населения, в частности, беременных женщин и детей, в силу повышенной восприимчивости их организмов к токсическому действию ксенобиотиков. По оценкам экспертов, экологические факторы, ключевым из которых выступает химическое загрязнение, вносят вклад в развитие не менее трети регистрируемых патологий [7]. Наибольшей уязвимостью к воздействию экологических и геохимических нагрузок характеризуется система «мать–плацента–новорожденный». Данная система представляет собой сложный биологический комплекс, ответственный не только за нутритивную поддержку и респираторную функцию плода, но и за его полноценное морфофункциональное развитие в течение гестации [8].

Макро- и микроэлементы играют ключевую роль в физиологическом течении беременности, нормальном развитии плода и адаптации ново-

рожденного [9]. Нарушение элементного гомеостаза в этой системе может приводить к различным осложнениям беременности и патологическим состояниям у новорожденных. Перманентные химические контаминанты экосистем мигрируют по трофическим цепям и поступают в организм человека, оказывая пролонгированное негативное воздействие, которое может реализоваться в виде специфической и неспецифической соматической патологии. Алиментарный путь поступления тяжёлых металлов в организм человека, реализуемый через потребление контаминированных продуктов, является доминирующим источником экспозиции для населения, проживающего в зонах влияния промышленных предприятий. Загрязнение пищевых продуктов тяжёлыми металлами идентифицируется в качестве одного из ведущих этиологических факторов в структуре экологически зависимой патологии среди населения [10]. Повышенное содержание металлов в биосубстратах (волосы, кровь, моча), выходящее за пределы физиологического референсного интервала, может рассматриваться в качестве маркера донозологического состояния, характеризующего напряжённость адаптационных систем организма при хронической экспозиции [11].

Цель: изучение закономерностей аккумуляции и распределения химических элементов в биосредах с целью установления влияния эколого-геохимических условий территорий с мощным горнопромышленным сектором на физиологию фетоплацентарного комплекса.

Материалы и методы. Были собраны образцы биосред: волосы матерей, плацента и волосы новорожденных. Всего проанализировано 152 пробы. Содержание 12 микроэлементов (Zn, Cu, Pb, Cd, Fe, Mn, Cr, Ni, Ca, Mg, Hg, As) определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией с использованием спектрофотометров AA моделей 240FS и 240Z. Оценку уровня биоэлементов в волосах проводили в Испытательном центре, прошедшем аккредитацию на техническую компетентность и независимость в национальной системе аккредитации.

Образцы волос ($n=62$) и плаценты ($n=40$) у матерей, а также волос новорожденных ($n=50$) были отобраны

в родильных домах после получения информированного согласия от администрации учреждений и родителей. Забор волос производили с затылочной области в соответствии с методическими указаниями (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03). Пробы помещали в бумажные конверты и хранили в сухих условиях при комнатной температуре до проведения анализа.

Полученные концентрации микроэлементов в волосах матерей сопоставляли с опубликованными референтными значениями [12], а также с региональными данными для женщин 25–50 лет [13].

Все расчеты выполнены в программе IBM SPSS Statistics 21.0 (IBM, США). Проверка распределения на нормальность осуществлена критерием Колмогорова-Смирнова. Анализ межгрупповых различий проведен методом однофакторного дисперсионного анализа, а для оценки связей использован коэффициент корреляции Пирсона. Порог статистической значимости установлен на уровне $p < 0,05$.

Получено разрешение данного исследования этическим комитетом ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» (протокол заседания БЭК от 10.03.2022 №01-03) об отсутствии нарушений основных этических принципов проведения исследований с участием человека. Все участники дали информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании.

Результаты и обсуждение. Особенности аккумуляции элементов в системе «мать–новорожденный» (по биомаркеру волос) исследовали в регионе с интенсивной антропогенной нагрузкой — Учалинском районе Республики Башкортостан (РБ). Ключевым источником воздействия в данном регионе является АО «Учалинский ГОК» — крупное предприятие по добыче и обогащению медных и цинковых руд.

Анализ элементного состава проводили в трех типах биосред: волосы матери, плацента и волосы новорожденного. Полученные для волос матерей концентрации элементов и их сопоставление с литературными референтными значениями представлены в табл. 1.

В волосах обследованных матерей содержание токсичных и потенциально токсичных микроэлементов находится

Таблица 1

Содержание химических элементов в волосах, мг/кг

Химические элементы	Женщины 25–50 лет, проживающие на территории РБ [13] Ме [25; 75 процентиля]	Референтные значения [12] [25; 75 процентиля]	Матери, проживающие на территории Учалинского района Ме [25; 75 процентиля]
Токсичные и потенциально токсичные микроэлементы			
As	0,021 [0,021; 0,021]	[0,00; 0,56]	0,036 [0,024; 0,084]
Cd	0,027 [0,012; 0,053]	[0,02; 0,12]	0,12 [0,05; 0,28]
Hg	0,47 [0,25; 0,78]		0,056 [0,019; 0,158]
Pb	0,41 [0,23; 0,77]	[0,38; 1,40]	0,70 [0,48; 1,41]
Условно эссенциальные микроэлементы			
Ni	0,33 [0,2; 0,54]	[0,14; 0,53]	6,17 [4,01; 10,97]
Эссенциальные микроэлементы			
Cr	0,33 [0,25; 0,49]		0,93 [0,62; 2,00]
Cu	13,5 [11,0; 17,7]	[9; 14]	9 [8; 13]
Zn	183 [149; 217]	[155; 206]	155 [130; 189]
Fe	13,3 [9,7; 19,7]	[11; 24]	36 [30; 49]
Mn	0,52 [0,31; 0,93]	[0,32; 1,13]	3,89 [2,17; 5,52]
Макроэлементы			
Ca	1493 [838; 2654]	[494; 1619]	2638 [1738; 4277]
Mg	117,1 [64,0; 203,9]	[39; 137]	203 [118; 285]

в пределах референтных значений. Но при сопоставлении с данными для женского населения Башкортостана установлено, что содержание кадмия в волосах матерей выше в 4,4 раза, а мышьяка и свинца — в 1,7 раза. Содержание никеля превышает референтные значения: медиана в 11,6 раза выше 75-го перцентиля общих нормативов и в 18,7 раза — уровня, установленного для женского насе-

ления Башкортостана. Результаты исследований указывают на двойственную роль никеля в перинатальном периоде. С одной стороны, наблюдается его физиологическое депонирование в активно растущих эмбриональных тканях. Резкое, но кратковременное повышение концентрации никеля в сыворотке крови сразу после родов (до 20 раз с быстрой нормализацией), а также его способность стимулировать

сокращения матки у животных позволяют предположить участие элемента в естественных механизмах отделения плаценты и профилактики послеродовых кровотечений. С другой стороны, эпидемиологические данные связывают повышенный уровень никеля с риском невынашивания беременности. Это противоречие подчеркивает необходимость дальнейших исследований, особенно учитывая, что никель являет-

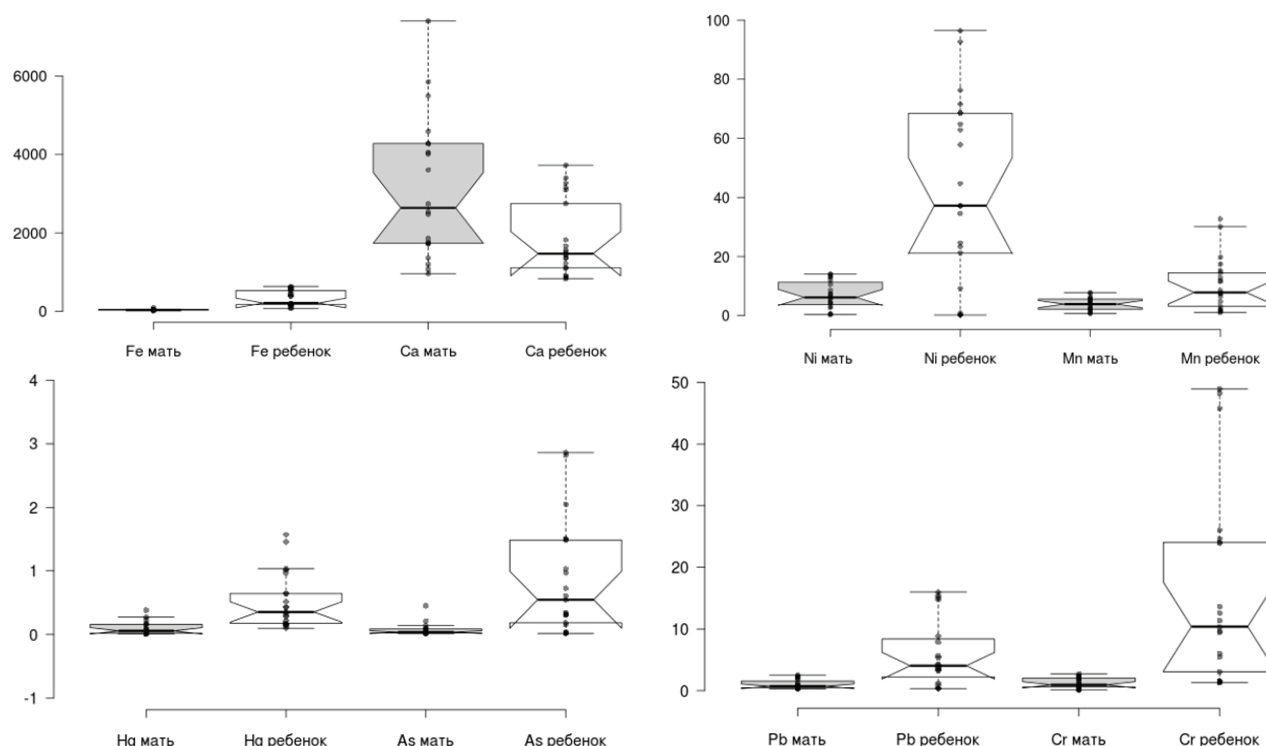


Рис. 1. Сопоставление уровней химических элементов в биологических парах «мать–новорожденный» (волосы)

ся распространенным загрязнителем окружающей среды с доказанными эмбриотоксическими, канцерогенными и свойствами, вызывающими предраковые изменения в тканях.

По сравнению с региональным фоном женщин Башкортостана концентрации эссенциальных микроэлементов в волосах обследованных матерей были значительно выше: содержание хрома – в 2,8 раза, железа – в 2,7 раза, марганца – в 7,5 раза. Установлено превышение медианной концентрации над 75-м процентилем референтных значений: для железа – в 1,5 раза, марганца – в 3,4 раза. Обнаруженное превышение железа в волосах может указывать на его алиментарный дефицит, приводящий к снижению сывороточного уровня. У матерей исследуемого региона содержание кальция и магния в волосах выше референтного уровня в 1,5–1,8 раза.

Сравнительный анализ содержания химических элементов в волосах матерей и их новорожденных детей представлен на рис. 1.

Сравнительный анализ выявил статистически значимые различия в содержании свинца в волосах матерей и их новорожденных детей ($U=334,000$; $p=0,001$), железа ($U=418,000$; $p<0,0001$), марганца ($U=310,500$; $p=0,009$), хрома ($U=378,500$; $p<0,0001$), никеля ($U=337,000$; $p=0,001$), кальция ($U=108,000$; $p=0,008$), ртути ($U=383,500$; $p<0,0001$) и мышьяка ($U=367,500$; $p<0,0001$).

Медианное содержание кальция в волосах матерей (2638,0 [1737,6; 4276,7]) больше, чем в волосах детей (1469,6 [1110,6; 2747,4]), в 1,8 раза.

Это может быть обусловлено физиологическими различиями, так как взрослый организм имеет более сложные обменные процессы и может накапливать минералы, включая кальций. Повышенное содержание кальция в волосах матерей может быть связано с питанием. Если мать соблюдает диету, богатую кальцием (например, молочные продукты, зеленые овощи), это может отразиться на содержании кальция в её волосах. Также во время беременности в организме матери происходят гормональные изменения, которые могут влиять на уровень минералов. У новорожденного ребенка метаболизм значительно отличается, и его организм еще не совершает полноценное усвоение и накопление минералов.

Результаты анализа свидетельствуют о пренатальном накоплении в организме плода как эссенциальных (железо, марганец, хром), так и потенциально токсичных элементов (никель, свинец, ртуть, мышьяк), что отразилось в их повышенном содержании в волосах новорожденных относительно материнских. Волосы новорожденных демонстрируют многократное (от 5,8 до 15,1 раза) превышение содержания свинца, ртути и мышьяка по сравнению с материнскими, что, согласно концепции этапа минерального изобилия, отражает избыточное поступление микроэлементов у плода и свидетельствует о значительной пренатальной токсической нагрузке [14].

Сравнительный анализ содержания элементов в системе «волосы матери – волосы ребенка – плацента» приведен в табл. 2.

Полученные данные свидетельствуют о том, что плацентарный барьер не обеспечивает полной защиты от поступления металлов в организм плода. Исследование не выявило способности плаценты к кумуляции исследуемых элементов, что позволяет сделать вывод о её ограниченной барьерной роли в системе «мать–плод», что соответствует данным [15].

Корреляционный анализ по Пирсону выявил сильную положительную статистически значимую связь между содержанием мышьяка в волосах матери и кальция в плаценте ($r = 0,763$; $p = 0,006$). Хроническое воздействие мышьяка, даже в относительно низких дозах, может нарушать нормальную функцию плаценты. Мышьяк способен вызывать окислительный стресс и провоцировать воспалительные процессы в плаценте. Эти нарушения, в свою очередь, могут влиять на экспрессию или активность кальциевых каналов, что может регистрироваться как изменение общего содержания кальция в плацентарной ткани [16]. Эти изменения могут затронуть и гены, отвечающие за плацентарный транспорт кальция, что и проявляется в виде выявленной корреляции.

Содержание марганца в волосах матери имело среднюю статистически значимую связь с содержанием кадмия в волосах ребенка ($r = 0,549$; $p = 0,012$); содержание хрома в волосах матери – с железом ($r = 0,513$; $p = 0,021$) и никелем ($r = 0,579$; $p = 0,007$) в волосах ребенка; кальция в волосах матери – с магнием в волосах ребенка ($r = 0,596$; $p = 0,006$); ртути в волосах матери – с цинком ($r = 0,553$; $p = 0,011$), медью ($r =$

Таблица 2

Содержание макро- и микроэлементов в плаценте, волосах матерей и их детей, проживающих в Учалинском районе

Микро-элемент	Объект исследования					
	мать		ребенок		плацента	
	min-max	среднее	min-max	среднее	min-max	среднее
Zn	82,7-238,2	158,9±14,9	104,1-353,8	167,6±16,2	6,7-11,8	9,2±0,7
Cu	6,3-20,2	10,5±1,3	3,1-52,7	20,3±3,3	0,1-1,3	0,8±0,1
Pb	0,3-2,5	1,0±0,1	0,3-16,0	5,9±1,2	0,08-0,46	0,25±0,04
Cd	0,01-0,54	0,18±0,06	0-3,3	0,7±0,3	0,02-0,39	0,08±0,01
Fe	12,6-90,7	39,4±5,2	68,3-636,8	329,1±58,0	64,8-104,1	83,8±6,4
Mn	0,8-7,8	3,9±0,6	1,0-32,7	10,5±2,2	0,20-0,42	0,30±0,02
Cr	0,1-2,7	1,2±0,3	1,3-48,9	15,7±3,9	0,23-0,77	0,47±0,07
Ni	0,4-14,0	6,9±1,3	0,2-96,5	42,5±9,8	0,1-1,2	0,57±0,07
Ca	961,1-7406,5	3150,3±568,1	834,2-3712,5	1834,5±297,2	225,7-3158,2	1070,4±161,2
Mg	73,3-586,3	231,0±42,6	120,6-451,3	274,2±39,7	57,9-121,4	94,5±8,9
Hg	0,01-0,38	0,10±0,03	0,1-1,6	0,5±0,02	0,006-0,032	0,020±0,001
As	0,01-0,45	0,07±0,02	0,02-2,90	0,8±0,2	0,002-0,019	0,010±0,002

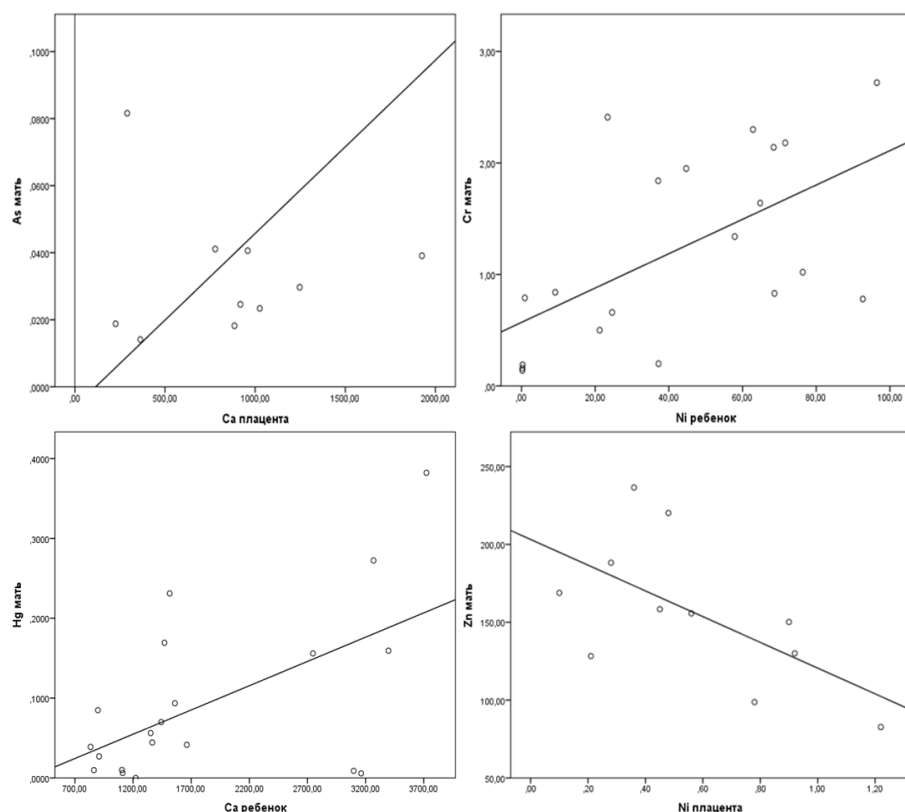


Рис. 2. Корреляционный анализ содержания металлов в волосах матери с волосами детей и плаценты

0,507; $p = 0,022$) и кальцием ($r = 0,570$; $p = 0,009$) в волосах ребенка; мышьяка в волосах матери – с хромом в волосах ребенка ($r = 0,539$; $p = 0,014$) и никелем в плаценте ($r = 0,611$; $p = 0,046$).

Данный результат не означает, что содержание металлов в волосах матери вызывает накопление других металлов в волосах ребенка. Вероятно, воздействие элементов происходит сообща из одних и тех же источников загрязнения. Если мать подвергалась воздействию загрязненной среды, где присутствуют эти элементы, они будут накапливаться в ее организме (что отражается в волосах матери) и, что критически важно, передаваться ребенку. Это совместное пренатальное воздействие контаминантов на мать и ребенка из общих источников загрязнения окружающей среды.

Сравнение содержания цинка в волосах матери с содержанием никеля ($r = -0,611$; $p = 0,046$) и магния в ($r = -0,647$; $p = 0,031$) плаценте; кальция в волосах матери с содержанием никеля в плаценте ($r = -0,638$; $p = 0,035$); меди в волосах матери и железа ($r = -0,543$; $p = 0,013$) и никеля ($r = -0,513$; $p = 0,01$) в волосах ребенка продемонстрировало статистически значимую обратную корреляцию средней силы (рис. 2).

Система отрицательных корреля-

ций – это не случайность, а отражение защитной роли адекватной обеспеченности матери эссенциальными микроэлементами. Высокий уровень цинка, кальция и меди в организме матери создает биохимический барьер, который ограничивает накопление токсичного никеля в плаценте и волосах ребенка, а также способствует правильному распределению железа. Низкий уровень этих полезных элементов, напротив, приводит к повышенному поступлению и накоплению токсичных металлов и нарушает гомеостаз жизненно важных нутриентов. Оптимальный микроэлементный статус матери является критически важным фактором защиты плода и новорожденного от токсического воздействия.

Представленные результаты являются индикатором повышенного промышленного воздействия на организм матери и развивающийся организм ребенка. Результаты исследования позволяют утверждать, что техногенное загрязнение среды токсичными металлами вызывает дисбаланс элементов у матери, что, в свою очередь, может негативно сказываться на функциональном состоянии и здоровье новорожденного. Выявленные изменения позволяют классифицировать новорожденных с повышенным

уровнем экотоксикантов в биологических средах как группу экологического риска.

Заключение. Проведенное исследование доказывает, что микроэлементный статус матери является интегрирующим показателем, определяющим не только обеспеченность плода жизненно важными нутриентами, но и степень его защиты от токсического воздействия ксенобиотиков. Комплекс выявленных взаимосвязей указывает на необходимость подхода к оценке рисков, учитывающего не отдельные элементы, а весь спектр синергических и антагонистических взаимодействий в системе «мать–плацента–ребенок». Полученные данные обосновывают важность мониторинга и коррекции микроэлементного статуса у женщин репродуктивного возраста как меры профилактики нарушений развития у детей.

Полученные результаты имеют важное практическое значение. Во-первых, они обосновывают необходимость внедрения превентивного биомониторинга микроэлементного состава у женщин репродуктивного возраста, особенно в промышленных регионах. Своевременная диагностика и коррекция выявленных дисбалансов должны стать обязательным компонентом программ охраны материнства и детства как эффективная мера профилактики перинатальной патологии. Во-вторых, выявленная прямая зависимость между техногенным загрязнением окружающей среды, элементным дисбалансом у матери и риском для здоровья новорожденного требует немедленного внимания и конкретных действий со стороны природоохран-ных органов.

Данные исследования являются научным основанием для ужесточения экологического контроля, пересмотра нормативов выбросов и разработки адресных программ по минимизации воздействия горнодобывающей промышленности. Таким образом, охрана репродуктивного здоровья населения должна рассматриваться как один из ключевых критериев при оценке экологической безопасности и регулировании деятельности промышленных предприятий.

Литература

1. Терегулова З.С. Региональные особенности экологической ситуации и риски нарушения здоровья населения горнорудной геохимической провинции. *Башкирский экологический вестник*. 2010; 4(25): 32-34. EDN: YHNZJL / Teragulova Z.S. Regional features of the environ-

mental situation and risks of public health problems in the mining geochemical province. *Bashkir Ecological Bulletin*. 2010; 4(25): 32-34 (In Russian). EDN: YHNZJL.

2. Алборов И.Д., Тедеева Ф.Г., Гутцаев Ф.Х., и др. Влияние горнодобывающего комплекса на качество среды обитания в условиях горных территорий. *Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ)*. 2020; 11(1): 32-39. <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2020-111-0-32-39> / Alborov I.D., Tedeeva F.G., Gutsaev F.Kh., et al. The Impact of the Mining Complex on the Quality of the Living Environment in Mountainous Territories. *Mining Information and Analytical Bulletin (MIAB)*. 2020; 11(1): 32-39 (In Russian). <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2020-111-0-32-39>

3. Бейгул Н.А., Каримова Л.К., Шайхлисламова Э.Р. и др. Гигиеническая ситуация и профессиональная заболеваемость на предприятиях по добыче медно-цинковых руд. *Якутский медицинский журнал*. 2025; (3): 101-105. <https://doi.org/10.25789/YMJ.2025.91.22> / Beigul N.A., Karimova L.K., Shaykhlislamova E.R., et al. Hygienic situation and occupational morbidity at copper-zinc ore mining enterprises. *Yakut Medical Journal*. 2025; (3): 101-105 (In Russian). <https://doi.org/10.25789/YMJ.2025.91.22>

4. Кривоножко О.К., Стулов В.Г. Учет влияния природной геохимической опасности территорий при оценке негативного воздействия горнопромышленных комплексов на окружающую среду. *Международный научно-исследовательский журнал (МНИЖ)*. 2016; 7-4(49): 111-113. <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.49.100> / Krivonozhko O.K., Stulov V.G. Taking into account the influence of natural geochemical hazard of territories when assessing the negative impact of mining complexes on the environment. *International Research Journal (IRJ)*. 2016; 7-4(49): 111-113 (In Russian). <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.49.100>

5. Михайлова Л.А., Солодухина М.А., Алексеева О.Г. и др. Гигиеническая оценка содержания химических веществ в почве горнопромышленных районов Забайкальского края. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(4): 400-410. <https://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-4-400-410> / Mikhailova L.A., Solodukhina M.A., Alekseeva O.G., et al. Hygienic assessment of the content of chemical substances in the soil of mining areas of the Trans-Baikal Territory. *Hygiene and sanitation*. 2019; 98(4): 400-410 (In Russian). <https://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-4-400-410>

6. Гайнуллина М.К., Шайхлисламова Э.Р., Каримова Л.К. и др. Охрана репродуктивного здоровья работников - фактор, способствующий улучшению демографической ситуации.

Медицина труда и экология человека. 2021; 1(25): 61-72. <https://doi.org/10.24412/2411-3794-2021-10106> / Gainullina M.K., Shaykhlislamova E.R., Karimova L.K., et al. Protecting the reproductive health of workers is a factor contributing to the improvement of the demographic situation. *Occupational Medicine and Human Ecology*. 2021; 1(25): 61-72 (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2411-3794-2021-10106>

7. Казанцева Е.В., Долгушина Н.В., Ильченко И.Н. Влияние антропогенных химических веществ на течение беременности. *Акушерство и Гинекология*. 2013; (2): 18-23. / Kazantseva E.V., Dolgushina N.V., Ilchenko I.N. The influence of anthropogenic chemicals on the course of pregnancy. *Obstetrics and Gynecology*. 2013; (2): 18-23 (In Russian).

8. Ержанова А., Меркибаев Е., Нурмакова С. и др. Плацента как биомаркер экологической ситуации: результаты микроминерального анализа в Акмолинской области. *Вестник ЕНУ имени Л.Н. Гумилева. Серия: Химия. География. Экология*. 2025; 3(152): 91-206. <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2025-152-3-192-207> / Erzhanova A., Merkibaev E., Nurmakova S., et al. Placenta as a biomarker of the environmental situation: results of micromineral analysis in the Akmola region. *Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. Series: Chemistry. Geography. Ecology*. 2025; 3(152): 191-206 (In Russian). <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2025-152-3-192-207>

9. Сенькевич О.Л., Сиротина З.В., Ковальский Ю.Г. и др. Содержание эссенциальных микроэлементов в волосах здоровых новорожденных детей и их матерей. *Дальневосточный медицинский журнал*. 2007; (1): 69-72. / Senkevich O.L., Sirotina Z.V., Kovalsky Yu.G., et al. Content of essential microelements in the hair of healthy newborn children and their mothers. *Far Eastern Medical Journal*. 2007; (1): 69-72 (In Russian).

10. Адиева Г.Ф., Ларионова Т.К., Даукаев Р.А. и др. Гигиенический анализ рисков для здоровья населения при потреблении пищевых продуктов, загрязненных тяжелыми металлами. *Якутский медицинский журнал*. 2025; (3): 109-113. <https://doi.org/10.25789/YMJ.2025.91.24> / Adieva G.F., Larionova T.K., Daukaev R.A. et al. Hygienic analysis of public health risks from consumption of food products contaminated with heavy metals. *Yakut Medical Journal*. 2025; (3): 109-113 (In Russian). <https://doi.org/10.25789/YMJ.2025.91.24>

11. Ахполова В.О., Брин В.Б. Современные представления о кинетике и патогенезе токсического воздействия тяжелых металлов (обзор литературы). *Вестник новых медицинских технологий*. 2020; 1(27): 55-61. <https://doi.org/10.24411/1609-2163-2020-16578> / Akhpolova V.O., Brin V.B. Modern concepts of the kinetics and pathogenesis of the toxic effects of heavy metals (literature review). *Bulletin of new medical technologies*. 2020; 27 (1). 55-61 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/1609-2163-2020-16578>

12. Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС (АНО Центр биотической медицины). *Микроэлементы в медицине*. 2003; (4): 55-56. EDN: NRASCJ / Skalny A.V. Reference values of the concentration of chemical elements in hair obtained by the ICP-AES method (ANO Center for Biotic Medicine). *Microelements in Medicine*. 2003; (4): 55-56 (In Russian). EDN: NRASCJ

13. Скальный А.В., Березкина Е.С., Демидов В.А. и др. Эколого-физиологическая оценка элементного статуса взрослого населения Республики Башкортостан. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(6): 533-538. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-6-533-538> / Skalny A.V., Berezkina E.S., Demidov V.A. et al. Ecological and physiological assessment of the elemental status of the adult population of the Republic of Bashkortostan. *Hygiene and Sanitation*. 2016; 95(6): 533-538 (In Russian). <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-6-533-538>

14. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А. и др. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина, 1991; 495. ISBN 5-225-02128-X / Avtsyn A.P., Zhavoronkov A.A., Rish M.A., et al. Human microelementoses: etiology, classification, organopathology. M.: Medicine, 1991; 495 (In Russian). ISBN 5-225-02128-X

15. Яхина М.Р., Ларионова Т.К., Даукаев Р.А. и др. Элементный статус детского населения техногенных геохимических территорий. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(9): 984-989. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-9-984-989> / Yakhina M.R., Larionova T.K., Daukaev R.A., et al. Elemental status of the child population of technogenic geochemical territories. *Hygiene and sanitation*. 2019; 98(9): 984-989 (In Russian). <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-9-984-989>

16. Райхлик К.А., Иллингворт Э.Дж., Силле Ф.К. Мышьяк и плацента: обзор с акцентом на иммунную систему. *Плацента*. 2025; (160): 73-81. <https://doi.org/10.1016/j.placenta.2024.12.019> / Rajhlik K.A., Illingworth E.J., Sille F.K. Arsenic and the placenta: a review with a focus on the immune system. *Placenta*. 2025; (160): 73-81 (In Russian). <https://doi.org/10.1016/j.placenta.2024.12.019>

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Аллаярова Г.Р. – концепция и дизайн исследования, написание текста; Усманова Э.Н. – статистический анализ данных; Мусабилов Д.Э. – статистический анализ данных; Афонькина С.Р. – концепция и дизайн исследования; Адиева Г.Ф. – сбор и обработка материала; Аухадиева Э.А. – написание текста; Ларионова Т.К. – научное редактирование; Зеленковская Е.Е. – сбор и обработка материала.

Сведения об авторах. ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»: Аллаярова Гузель Римовна – к.б.н., ст. науч. сотр., guzel-all@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0838-3598>, Усманова Эльза Наилевна – мл. науч. сотр., <https://orcid.org/0000-0001-7682-2703>, Мусабилов Дмитрий Эдуардович – мл. науч. сотр., <https://orcid.org/0000-0003-2042-8162>, Афонькина Светлана Разифовна – канд. хим. наук, ст. науч. сотр., <https://orcid.org/0000-0003-0445-9057>, Адиева Гузелия Фаритовна – канд. биол. наук, ст. науч. сотр., <https://orcid.org/0000-0003-2377-3471>, Аухадиева Эльвира Ахатовна – мл. науч. сотр., <https://orcid.org/0000-0002-6793-6992>, Ларионова Татьяна Кенсариевна – к.б.н., доц., вед. науч. сотр., <https://orcid.org/0000-0001-9754-4685>, Зеленковская Евгения Евгеньевна – мл. науч. сотр., <https://orcid.org/0000-0001-7682-2703>

Поступила: 23.01.2026 / Принята к публикации: 09.04.2026