

УДК 618.29: 577.118

https://doi.org/10.33619/2414-2948/126/36

**Ретракция статьи по инициативе автора .
Причина – нарушение научной и публикационной этики**

ДИНАМИКА МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА КРОВИ БЕРЕМЕННЫХ КАРА-СУУЙСКОГО РАЙОНА: ОТ ТРЕТЬЕГО ТРИМЕСТРА ДО РОДОВ

©*Турсунова В. Д.*, ORCID: 0000-0002-3042-2664, SPIN-код: 9017-3063, *Ошский государственный университет; Ошский международный медицинский университет, г. Ош, Кыргызстан, tursunovvva1@gmail.com*

DYNAMICS OF BLOOD TRACE ELEMENT COMPOSITION IN PREGNANT WOMEN FROM THE KARA-SUU DISTRICT: FROM THE THIRD TRIMESTER TO DELIVERY

©*Tursunova V.*, ORCID: 0000-0002-3042-2664, SPIN code: 9017-3063, *Osh State University; Osh International Medical University, Osh, Kyrgyzstan, tursunovvva1@gmail.com*

Аннотация. Настоящее исследование направлено на оценку концентраций эссенциальных и токсичных микроэлементов в крови здоровых беременных женщин Кара-Сууйского района Ошской области Кыргызской Республики. Сравнивались два периода — третий триместр беременности и момент родов. В исследование были включены 35 образцов крови; концентрации 21 элемента были определены методом ИСП-МС. Статистический анализ выявил значимые изменения уровней ряда элементов между периодами беременности. Среди необходимых элементов концентрации калия, серы, фосфора, железа и селена были выше в момент родов ($p < 0,05$). Концентрация кобальта также возросла, тогда как уровень меди снижался. Среди неэссенциальных элементов отмечено повышение рубидия, цезия и ртути в период родов. Полученные данные подчеркивают важность мониторинга микроэlementного статуса беременных женщин в разные периоды гестации в Кыргызстане.

Abstract. The present study is aimed to assess of concentrations of essential and toxic trace elements in the blood of healthy pregnant women from the Kara-Suu district of the Osh region of the Kyrgyz Republic. Two time periods were compared—the third trimester of pregnancy and the time of delivery. The study included 35 blood samples; concentrations of 21 elements were determined using ICP-MS. Statistical analysis revealed significant changes in the levels of several elements between the pregnancy periods. Among essential elements, concentrations of potassium, sulfur, phosphorus, iron, and selenium were higher at the time of delivery ($p < 0.05$). Cobalt concentration also increased, whereas copper levels decreased. Among non-essential elements, an increase in rubidium, cesium, and mercury was observed at delivery. The obtained data highlight the importance of monitoring the trace element status of pregnant women in different periods of gestation in Kyrgyzstan.

Ключевые слова: микроэлементы крови, беременность, токсичные металлы, эссенциальные элементы, III триместр, момент родов.

Keywords: blood trace elements, pregnancy, toxic metals, essential elements, III trimester, delivery time.

Микроэлементы, включая жизненно важные металлы, играют важную роль в поддержании здоровья матери и обеспечении нормального развития плода во время беременности. Эти элементы участвуют в основных физиологических процессах, таких как клеточный рост, антиоксидантная защита и органогенез [1].

Изменения концентраций данных микронутриентов в тканях связаны с патологическими состояниями и болезнями, что влияет на потребности организма матери и плода на протяжении всей беременности [2, 3].

Такие эссенциальные элементы, как Cu, Se, Mn и Zn, необходимы для роста плода и активно транспортируются через плаценту для обеспечения его развития [4].

Несмотря на то, что плацента выполняет барьерную функцию, она не препятствует проникновению токсичных металлов, таких как свинец (Pb), ртуть (Hg) и кадмий (Cd), которые могут проникать в кровоток плода и накапливаться в развивающихся тканях [5].

Проведённые ранее исследования показывают, что воздействие токсичных металлов во время беременности может приводить к неблагоприятным исходам, включая нарушения роста, снижение массы тела при рождении, преждевременные роды и другие осложнения. Несмотря на важность данной проблематики, данные по Кыргызстану ограничены. Целью настоящей работы было исследовать уровни микроэлементов в крови беременных женщин, проживающих на территории без значимого антропогенного воздействия, а также выявить изменения в их концентрациях в III триместре беременности и в послеродовой период.

Материалы и методы исследования

В данное проспективное исследование были включены 35 беременных женщин с одноплодной беременностью в течение одного года — с сентября 2020 по сентябрь 2021 года. Исследование проводилось среди жительниц Кара-Сууйского района Ошской области Кыргызской Республики на низкой высоте (892 м), в экологически нейтральной зоне. Все участницы были уроженками этого региона и проживали там более 15 лет. Образцы крови собирались в два временных периода: в третьем триместре беременности (28–38 недель) и в период родов (37–42 недели). Протокол исследования был одобрен Комитетом по биомедицинской этике Ошского государственного университета (№04–16.09.2020). Все процедуры, связанные с забором крови у человека, выполнялись в соответствии с принципами Хельсинкской декларации [6]. Всем участницам были подробно разъяснены цели и методы исследования, после чего было получено письменное информированное согласие.

В исследование включались женщины в возрасте от 18 до 42 лет с одноплодной физиологической беременностью, без осложнений в анамнезе и без острых или хронических заболеваний. Женщины исключались из исследования при наличии осложнённой беременности, экстрагенитальной патологии, многоплодной беременности, а также если они не являлись постоянными жительницами Кара-Сууйского района. Социально-демографические характеристики собирались путем заполнения анкет. Образцы крови собирались обученным медицинским персоналом во время очередного пренатального визита в Центр семейной медицины города Кара-Суу, а также в течение 1 часа после родов в родильном отделении Кара-Сууской территориальной больницы. Образцы цельной крови (n = 35) отбирались из вен предплечья в пробирки с ЭДТА объемом 3 мл (фиолетовая крышка, BD Vacutainer® K2E) для анализа макро- и микроэлементов. Для определения концентраций элементов образцы сразу замораживались, хранились при -18°C и позднее транспортировались в Словению на сухом льду. Анализы проводились в лаборатории Департамента наук об окружающей среде Института имени Йозефа Стефана (Любляна, Словения).

Процедура определения элементов с использованием индуктивно связанной плазмы–масс-спектрометрии (ИСП–МС). Около 0,3 г каждого образца крови взвешивали в предварительно очищенные тefлоновые пробирки. Затем добавляли 0,5 мл 65% HNO₃, после чего образцы подвергали разложению в закрытой системе в микроволновом модуле (ULTRAWAVE, Single Reaction Chamber Microwave Digestion System, MILESTONE Srl, Соризоле, Италия) при максимальной мощности 1500 Вт, нагревании до 240 °С в течение 20 минут и выдержке при этой температуре 15 минут. Полученный прозрачный раствор количественно переносили в градуированные полиэтиленовые пробирки объёмом 10 мл и доводили до 5 мл водой Milli-Q. Аналогичные процедуры проводились для контрольных проб и стандартных образцов. Для определения суммарных концентраций элементов использовался масс-спектрометр Agilent 8800 ICP–MS с тройным квадруполем (ICP–QQQ, Agilent Technologies, Токио, Япония), оснащённый автосамплером ASX–510 (Cetac).

Прибор ежедневно калибровали. Пустые пробы, контрольные образцы и стандартные материалы анализировались в каждой аналитической серии. Точность измерений оценивалась по сертифицированным стандартам.

Статистическая обработка

Описательный, сравнительный и аналитический статистические анализы проводились с использованием программы STATISTICAL VIEW SE 12. Описательная статистика включала определение средних значений, стандартных отклонений (SD), минимальных и максимальных значений и процентного распределения характеристик выборки. Для концентраций элементов рассчитывались геометрические средние (GM) с 95% доверительными интервалами (CI), а также минимумы и максимумы. Однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) применялся для оценки различий концентраций элементов между группами третьего триместра и периода родов. Поскольку распределение переменных (концентраций металлов) отличалось от нормального, значения логарифмировали перед анализом. В некоторых образцах концентрации Co, Hg, Ba и U были ниже предела обнаружения (LOD, limit of detection), при этом доля таких значений составляла соответственно 100/34,29%, 74,29/74,29%, 2,86/0% и 68,6/40% для III триместра/родов.

В статистический анализ включались фактически измеренные значения, даже если они были ниже предела обнаружения, однако отрицательные значения заменялись минимальным измеренным значением каждого элемента.

Результаты

Социально-демографические характеристики матерей приведены в Таблице 1. Средний возраст беременных составил 28,0 лет (СО: 5,8; диапазон: 19–39). Большинство (60,0%) были многодетными (три и более ребенка), 91,4% участниц имели только общее среднее образование.

По этническому составу 54,3% составляли кыргызские женщины, а 45,7% — узбекские. Средний срок беременности на момент забора крови в третьем триместре составил 34,23 недели (СО: 2,17; диапазон: 30–38). Средний вес до беременности и ИМТ составляли 59,26 кг (СО: 7,95) и 23,59 кг/м² (СО: 3,28) соответственно; 28,6% женщин были классифицированы как имеющие избыточную массу тела (ИМТ ≥ 25 кг/м²), а 2,9% — как страдающие ожирением (ИМТ ≥ 30 кг/м²).

К моменту родов средний вес матерей увеличился до 71,57 кг (СО: 10,67), при этом у 51,43% женщин ИМТ был ≥ 25 кг/м², а у 31,43% — ≥ 30 кг/м². Средний рост составил 158,6 см (СО: 5,78; диапазон: 145–173).

Более подробные социально-демографические характеристики, данные о менструальной функции и акушерском анамнезе были описаны ранее [25].

Table 1
 СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН

Параметры	M (Co)/N(%)	Min–Max
Возраст (лет)	28.0 (5.8)	19-39
Количество родов* N(%)		
1 ребенок	5 (14.3)	
2 ребенка	9 (25.70)	
3 и более ребенка	21 (60.0)	
Уровень образования N (%)		
ООСШ	32 (91.4)	
Колледж/ Университет	3 (8.6)	
Национальность N (%)		
Кыргыз	19 (54.3)	
Узбек	16 (45.7)	
Гестационный возраст (III тр.**)	34.23 (2.17)	30-38
Вес до беременности (kg)	59.26 (7.95)	48-81
ИМТ до беременности (кг/м ²)	23.59 (3.28)	19.2-35.5
< 18 N (%)	0	
≥ 25 N (%)	10 (28.6)	
≥ 30 N (%)	1 (2.9)	
Рост (см)	158.6(5.78)	(145-173)
Гестационная неделя (роды***)	39.43 (1.04)	37-41

*Роды живого или нежизнеспособного ребенка с 27-й недели беременности и позже; ** Срок беременности во время первого забора крови (III триместр); *** Срок беременности во время второго забора крови (ранний послеродовой период в течение 2 часов); ООСШ- общеобразовательная средняя школа; ИМТ – индекс массы тела

Геометрические средние значения и 95% доверительные интервалы (ДИ) для 12 жизненно важных металлов, включая макроэлементы (Na, Mg, P, S, K), микроэлементы (Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Se, Mo), а также 9 несущественных макроэлементов (Hg, As, Pb, Cd, Rb, Sr, Ba, Cs, U) у 35 участниц, разделенных на группу третьего триместра и группу периода родов, представлены в Таблице 2.

Таблица 2
 КОНЦЕНТРАЦИИ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ И ТОКСИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
 В КРОВИ БЕРЕМЕННЫХ В III ТРИМЕСТРЕ И ВО ВРЕМЯ РОДОВ

	Эссенциальные элементы (нг/л)				P*
	III триместр		Роды		
	GM (95%CI)	Min–Max	GM (95%CI)	Min–Max	
K	2041 (1973-2113)	1651-2553	2242 (2174-2315)	1651-2553	0.0000 ↑
Na	2021 (1969-2075)	1836-2668	1994 (1947-2043)	1751-2271	0.2648
S	1328 (1293-1365)	1153-1695	1494 (1463-1525)	1264-1695	0.0000 ↑
P	348 (337-360)	277-430	381 (370-392)	311-460	0.0000 ↑
Fe	357 (341-374)	240-435	381 (361-404)	242-519	0.0107 ↑
Mg	29.1 (28.5-29.9)	25-35.1	28.8 (28-29.5)	25.8-35.8	0.2315
Zn	5904 (5572-6256)	4027-7948	6036 (5679-6415)	4249-8885	0.3987
Cu	1489 (1395-1589)	718-2198	1384 (1289-1486)	614-2035	0.0000 ↓

Эссенциальные элементы (нг/г)					
	III триместр		Роды		P*
	GM (95%CI)	Min–Max	GM (95%CI)	Min–Max	
Se	103 (97-110)	66-140	108 (102-114)	63-148	0.0087 ↑
Mn	16.92 (15.08-18.97)	7.71-37.65	15.74 (13.96-17.72)	6.64-39.37	0.0916 ↓
Mo	0.96 (0.83-1.09)	0.38-1.74	0.85 (0.74-0.98)	0.4-2.7	0.1576
Co	< LOD (100%) 0.50 (0.45-0.56)	0.23-0.86	< LOD (34.29%) 1.11 (1.02-1.20)	0.79-1.67	0.0000↑
Токсические элементы (нг/г)					
	III триместр		Роды		P *
	GM (95%CI)	Min–Max	GM (95%CI)	Min–Max	
Rb	988 (934-1045)	746-1336	1029 (987-1075)	787-1296	0.0208 ↑
Sr	63.5 (58.0-69.4)	39-108.5	63 (57.3-69.3)	40.5-98.7	0.9047
Pb	12.9 (11.6-14.3)	6.3-23.5	13.05 (11.9-14.4)	6.6-24.7	0.8993
Ba	< LOD (2.86%) 1.60 (1.36-1.87)	0.5-4.9	1.42 (1.28-1.56)	0.77-2.33	0.0640↓
As	0.35 (0.30-0.41)	0.19-2.54	0.40 (0.34-0.46)	0.23-3.08	0.0730 ↑
Cs	0.424 (0.385-0.464)	0.21-0.71	0.543 (0.472-0.625)	0.3-1.85	0.0045 ↑
Hg	< LOD (74.29%) 0.115(0.084-0.157)	0.51	< LOD (74.29%) 0.159 (0.133-0.190)	0.06-0.77	0.0147 ↑
Cd	0.309 (0.265-0.361)	0.14-1.07	0.315 (0.272-0.365)	0.15-1.25	0.8672
U	< LOD (71.43%) 0.0115 (0.009-0.014)	0-0.022	< LOD (40%) 0.012(0.009-0.016)	0.0002-0.072	0.1513

K, Na, S, P, Fe, Mg in мкг/г; *р-значение на основе однофакторного дисперсионного анализа ANOVA. Значения с жирным обозначением означают $p < 0.05$; значения с жирным курсивом означают $p < 0.1$

Среди жизненно важных элементов значительное увеличение с третьего триместра к моменту родов было отмечено для калия (K), серы (S), фосфора (P), железа (Fe) и селена (Se) ($p < 0,05$). Примечательно, что уровень меди (Cu) значительно снизился к моменту родов ($p = 0,0000$), тогда как уровень кобальта (Co) заметно увеличился ($p < 0,0000$). Уровни таких элементов, как натрий (Na), магний (Mg), цинк (Zn), марганец (Mn) и молибден (Mo), существенно не изменились. Что касается несущественных элементов, уровни рубидия (Rb), цезия (Cs) и ртути (Hg) были значительно выше в период родов по сравнению с третьим триместром ($p < 0,05$). Для мышьяка (As) и бария (Ba) наблюдались тенденции к увеличению и снижению соответственно, но без статистической значимости. Уровни стронция (Sr), свинца (Pb), кадмия (Cd) и урана (U) оставались относительно стабильными и в оба периода, значимых различий не выявлено.

Обсуждение

Данное исследование представляет собой комплексный анализ концентраций жизненно важных и токсических элементов в цельной крови матери в третьем триместре беременности и в послеродовом периоде. Результаты показывают, что уровни различных элементов в крови матерей заметно различаются между поздним сроком беременности и моментом родов. Некоторые из этих изменений статистически значимы и могут быть обусловлены естественной адаптацией организма, процессом переноса питательных веществ через плаценту или воздействием факторов окружающей среды. Данные колебания могут влиять как на здоровье матери, так и на здоровье ребенка.

Установлено, что концентрации таких жизненно важных элементов, как калий (K), сера (S), фосфор (P), железо (Fe) и селен (Se), значительно увеличились от третьего триместра к моменту родов ($p < 0,05$). Примечательно, что уровень меди (Cu) существенно снизился ($p = 0,0000$), тогда как уровень кобальта (Co) заметно вырос ($p < 0,05$). Содержание натрия (Na), магния (Mg), цинка (Zn), марганца (Mn) и молибдена (Mo) значимо не изменилось.

Проведено сравнение полученных данных с результатами исследований беременных женщин на поздних сроках из других стран (Пуэрто-Рико, Австралия, Норвегия, Япония, Германия, Китай и Испания), включая регионы с разной степенью экологического воздействия [8].

Сравнение показало, что уровни металлов в нашем исследовании в целом соответствуют данным аналогичных международных исследований. По сравнению с контрольной популяцией статистически значимо более высокие уровни жизненно важных макроэлементов (Mg, P, S, Fe и Ca) и слабо статистически значимый уровень жизненно важного микроэлемента Se были выявлены в подвергшейся воздействию кыргызской популяции [9].

Результаты показали, что по сравнению с показателями третьего триместра концентрация железа в крови продолжает увеличиваться с ростом срока беременности. Основной причиной может быть увеличение массы эритроцитов, что приводит к росту общего содержания железа в организме, так как железо является критическим компонентом гемоглобина в эритроцитах [10].

К третьему триместру увеличивается способность организма усваивать железо, и организм мобилизует его из существующих запасов для поддержки увеличенной массы эритроцитов и удовлетворения повышенных потребностей плода [11].

В противоположность этому, исследования в Южной Корее, Индии и Иране показывали другие тенденции изменения сывороточного железа во время беременности [8, 12, 13].

Уровни меди снижаются с увеличением срока беременности. В поздней беременности плацента увеличивает транспорт меди к плоду для его роста и развития, что снижает уровень меди у матери [14].

Гемодилуция вследствие увеличения объема плазмы также может приводить к снижению концентрации меди, даже если общий запас меди в организме остается стабильным [15].

Повышенный оксидативный стресс перед родами может приводить к перераспределению меди для синтеза антиоксидантных ферментов, таких как Cu-Zn-супероксиддисмутаза, что снижает циркулирующие уровни [16].

В некоторых исследованиях уровень меди, наоборот, увеличивается с приближением к родам [13, 17].

Однако имеется ограниченное количество данных, подтверждающих, что уровни селена (Se) в крови матери увеличиваются к моменту родов, как показано в нашем исследовании. Рост уровня селена у матери с поздней беременности до родов может быть обусловлен увеличением переноса селена через плаценту и его накоплением в печени плода между 20-й и 40-й неделями беременности либо адаптацией организма матери к возросшей потребности в селене за счет усиления его усвоения и удержания [18].

По мере прогрессирования беременности оксидативный стресс увеличивается из-за роста метаболической активности и развития плода [19].

В ответ организм матери повышает синтез селенопротеинов, таких как глутатионпероксидаза (GPx) и селенопротеин P (SeP), которые играют ключевую роль в защите от окислительного повреждения, что способствует увеличению уровня селена к моменту родов [20].

Несколько исследований изучали уровень марганца (Mn) в крови матери во время беременности, особенно его изменения в разные триместры и к родам. В то время как некоторые исследования показывают рост уровня Mn по мере прогрессирования беременности, другие отмечают снижение или стабилизацию к сроку родов [21].

Концентрации ртути (Hg) в крови матери значительно увеличиваются к моменту родов, что согласуется с продольными данными, демонстрирующими, что общий уровень ртути в крови может постепенно накапливаться в течение всей беременности, даже в популяциях без известного воздействия ртути [22].

Средние концентрации мышьяка (As) и ртути увеличились с поздней беременности до родов, что аналогично данным других авторов; эти значения связаны с потреблением рыбы, которое было исключено у нашей популяции по социально-экономическим и культурным причинам. По сравнению с регионами Кыргызстана, подвергшимися воздействию Hg, средние концентрации (ГМ с 95% ДИ и медианы) несущественных металлов, связанных с горной добычей, были немного, но статистически значимо выше в группе, подвергшейся воздействию Hg, чем в районе Кара-Суу (Hg, As, U, Rb и Cs). Другие несущественные элементы, возможно, связанные с загрязнением воздуха и/или плохим питанием, чаще встречались у женщин в районе Кара-Суу (Sr, Ba) [9].

Уровень мышьяка также значительно увеличился к моменту родов, и многопараметрический регрессионный анализ показал положительную связь между уровнем As у матери и массой и длиной тела новорожденного. Исследования из Мексики и Китая показали, что уровень мышьяка у матери обычно растет в течение беременности, а повышенное воздействие мышьяка, особенно при высоких концентрациях, связано с неблагоприятными исходами родов, включая снижение массы тела при рождении [23].

Продольные и кросс-секционные исследования показывают, что концентрации рубидия (Rb) у матери колеблются в течение беременности: уровни обычно ниже в период беременности, чем до зачатия, с последующим ростом к моменту родов. Более высокие концентрации Rb в крови пуповины и значимые корреляции с уровнем у матери указывают на эффективный трансплацентарный перенос и потенциальное воздействие на плод, зависящее от статуса Rb у матери [24].

В исследовании В. Д. Турсуновой установлено, что уровни некоторых элементов, таких как S, P, Fe, Sr и Cs, были выше у беременных женщин с плодами мужского пола, в то время как Se и Rb проявили обратную тенденцию. Эти различия, вероятно, отражают различные биологические механизмы внутриутробного развития у мальчиков и девочек, включая реакции на стресс окружающей среды и метаболические пути [25].

Заключение

Данное исследование является первым в своем роде, в котором изучались изменения концентраций металлов у здоровых беременных женщин из Кыргызстана, проживающих в регионе без техногенного воздействия (Кара-Суу), с сопоставлением показателей III триместра беременности и периода родов с учетом социодемографических характеристик. Было выявлено значительное увеличение концентраций нескольких жизненно важных элементов с третьего триместра до родов, включая калий, серу, фосфор, железо и селен, в то время как уровень меди значительно снизился, а уровень кобальта заметно увеличился. Среди менее значимых элементов уровни рубидия, цезия и ртути были выше в период родов по сравнению с поздним сроком беременности. Эти данные свидетельствуют о динамических изменениях статуса металлов (металлоидов) у матери в поздней беременности и после родов. Необходимы дальнейшие исследования с более крупными когортами для подтверждения этих ассоциаций

и более точного выяснения роли статуса металлов (металлоидов) в росте плода. Эти результаты могут быть полезны для будущего биомониторинга нутритивного статуса и состояния здоровья здоровых беременных женщин в Кыргызстане.

Благодарности: Выражаем благодарность всем участникам за предоставленное время и биологические образцы, сотрудникам медицинских учреждений, принимавшим участие в наборе участников и отборе проб, а также коллективу Институт Йозефа Стефана, Департамента наук об окружающей среде, за проведение лабораторных исследований.

Финансирование: Данная работа была поддержана Международным центром теоретической физики (ICTP) и Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) в рамках стипендиальной программы Sandwich Training Educational Program (STEP), Институтом Йозефа Стефана (Словения), а также получила финансирование из внутреннего гранта Ошского государственного университета.

Список литературы:

1. Lewicka I., Kocyłowski R., Grzebiak M., Gaj Z., Oszukowski P., Suliburska J. Selected trace elements concentrations in pregnancy and their possible role — literature review // *Ginekologia polska*. 2017. V. 88. №9. P. 509-514. <https://doi.org/10.5603/GP.a2017.0093>
2. Christian P. Micronutrients and reproductive health issues: an international perspective // *The Journal of nutrition*. 2003. V. 133. №6. P. 1695S-1973S.
3. Koren-Hakim T., Weiss A., Hershkovitz A., Otzrateni I., Grosman B., Frishman S., Beloosesky Y. The relationship between nutritional status of hip fracture operated elderly patients and their functioning, comorbidity and outcome // *Clinical nutrition*. 2012. V. 31. №6. P. 917-921. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.03.010>
4. Magdalena H., Beata K., Justyna P., Agnieszka K. G., Szczepara-Fabian M., Buczek A., Ewa E. W. Preconception risk factors for autism spectrum disorder — A pilot study // *Brain Sciences*. 2020. V. 10. №5. P. 293. <https://doi.org/10.3390/brainsci10050293>
5. Tursunova V. D., Arstanalievna S. G., Kyzy G. I., Kaviya S. K., Rithaneshvar S. C. Mercury exposure and human reproductive health (literature review) // *Вестник Ошского государственного университета*. 2024. №2. С. 59-73.
6. Williams J. R. *Medical ethics manual*. Ferney-Voltaire: World Medical Association, 2005. P. 134.
7. Турсунова В. Д., Муратов Ж. К., Тухватшин Р. Р. Медико-социальная характеристика беременных женщин Кыргызстана проживающих в зоне ртутного загрязнения // *Наука. Образование. Техника*. 2025. №1(82). С. 48-56.
8. Lim S., Kim J. H., Yoon J. W., Kang S. M., Choi S. H., Park H. J., Yang H. C. Sarcopenic obesity: prevalence and association with metabolic syndrome in the Korean Longitudinal Study on Health and Aging (KLoSHA) // *Diabetes care*. 2010. V. 33. №7. P. 1652-1654.
9. Tursunova V., Tratnik J. S., Tuhvatshin R., Mazej D., Muratov Z., Azhimamatova R., Falnoga I. Blood metal (loid) s, haemoglobin and goitre in pregnant women from the mercury-exposed and non-exposed environment (Aidarken area vs Kara-Suu area; Kyrgyz Republic) // *Environmental Research*. 2025. V. 284. P. 122204. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.122204>
10. Cetin I., Berti C., Mandò C., Parisi F. Placental iron transport and maternal absorption // *Annals of Nutrition and Metabolism*. 2011. V. 59. №1. P. 55-58. <https://doi.org/10.1159/000332133>
11. Obianeli C., Afifi K., Stanworth S., Churchill D. Iron deficiency anaemia in pregnancy: a narrative review from a clinical perspective // *Diagnostics*. 2024. V. 14. №20. P. 2306. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14202306>

12. Upadhyaya C., Mishra S., Ajmera P., Sharma P. Serum iron, copper and zinc status in maternal and cord blood // *Indian Journal of Clinical Biochemistry*. 2004. V. 19. №2. P. 48-52. <https://doi.org/10.1007/bf02894257>
13. Tabrizi F. M., Pakdel F. G. Serum level of some minerals during three trimesters of pregnancy in Iranian women and their newborns: a longitudinal study // *Indian Journal of Clinical Biochemistry*. 2014. V. 29. №2. P. 174-180. <https://doi.org/10.1007/s12291-013-0336-x>
14. McArdle H. J., Erlich R. Copper uptake and transfer to the mouse fetus during pregnancy // *The Journal of nutrition*. 1991. V. 121. №2. P. 208-214. <https://doi.org/10.1093/jn/121.2.208>
15. Guan L., Wang Y., Lin L., Zou Y., Qiu L. Variations in blood copper and possible mechanisms during pregnancy // *Biological Trace Element Research*. 2024. V. 202. №2. P. 429-441. <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03716-x>
16. Grzeszczak K., Łanocha-Arendarczyk N., Malinowski W., Ziętek P., Kosik-Bogacka D. Oxidative stress in pregnancy // *Biomolecules*. 2023. V. 13. №12. P. 1768. <https://doi.org/10.3390/biom13121768>
17. Liu J., Yang H., Shi H., Shen C., Zhou W., Dai Q., Jiang Y. Blood copper, zinc, calcium, and magnesium levels during different duration of pregnancy in Chinese // *Biological trace element research*. 2010. V. 135. №1. P. 31-37. <https://doi.org/10.1007/s12011-009-8482-y>
18. Tindell R., Tipple T. Selenium: implications for outcomes in extremely preterm infants // *Journal of Perinatology*. 2018. V. 38. №3. P. 197-202. <https://doi.org/10.1038/s41372-017-0033-3>
19. Марипова Ж. А. Патологии беременности и плода у женщин, проживающих в зонах урановых хвостохранилищ (обзор литературы) // *Бюллетень науки и практики*. 2025. Т. 11. №9. С. 273-281. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/118/31>
20. Santos C., García-Fuentes E., Calleja-Leblic B., García-Barrera T., Gómez-Ariza J. L., Rayman M. P., Velasco I. Selenium, selenoproteins and selenometabolites in mothers and babies at the time of birth // *British Journal of Nutrition*. 2017. V. 117. №9. P. 1304-1311. <https://doi.org/10.1017/S0007114517001155>
21. Kobayashi S., Kishi R., Saijo Y., Ito Y., Oba K., Araki A. Association of blood mercury levels during pregnancy with infant birth size by blood selenium levels in the Japan Environment and Children's Study: A prospective birth cohort // *Environment international*. 2019. V. 125. P. 418-429. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.051>
22. Ashley-Martin J., Dodds L., Arbuckle T. E., Fanger A. S., Shapiro G. D., Fisher M., Bouchard M. F. Maternal and cord blood manganese (Mn) levels and birth weight: The MIREC birth cohort study // *International journal of hygiene and environmental health*. 2018. V. 221. №6. P. 876-882. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.05.015>
23. Jędrychowski W., Perera F., Rauh V., Flak E., Mroz E., Pac J., Kaim I. Fish intake during pregnancy and mercury level in cord and maternal blood at delivery: an environmental study in Poland // *International Journal of Occupational Medicine & Environmental Health*. 2007. V. 20. №1. <https://doi.org/10.2478/v10001-007-0002-8>
24. Zhang T., Wang X., Luo Z. C., Liu J., Chen Y., Fan P., Ouyang F. Maternal blood concentrations of toxic metal (loid) s and trace elements from preconception to pregnancy and transplacental passage to fetuses // *Ecotoxicology and environmental safety*. 2023. V. 264. P. 115394.
25. Турсунова В. Д., Муратов Ж. К. Взаимосвязь макро- и микроэлементов в крови беременных женщин с показателями плода разного пола в зоне ртутного загрязнения // *Вестник КРСУ*. 2025. Т. 25. №1. С. 117-122.

References:

1. Lewicka, I., Kocylowski, R., Grzesiak, M., Gaj, Z., Oszukowski, P., & Suliburska, J. (2017). Selected trace elements concentrations in pregnancy and their possible role—literature review. *Ginekologia polska*, 88(9), 509-514. <https://doi.org/10.5603/GP.a2017.0093>
2. Christian, P. (2003). Micronutrients and reproductive health issues: an international perspective. *The Journal of nutrition*, 133(6), 1969S-1973S.
3. Koren-Hakim, T., Weiss, A., Hershkovitz, A., Otzrateni, I., Grosman, B., Frishman, S., ... & Beloosesky, Y. (2012). The relationship between nutritional status of hip fracture operated elderly patients and their functioning, comorbidity and outcome. *Clinical nutrition*, 31(6), 917-921. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.03.010>
4. Magdalena, H., Beata, K., Justyna, P., Agnieszka, K. G., Szczepara-Fabian, M., Buczek, A., & Ewa, E. W. (2020). Preconception risk factors for autism spectrum disorder—A pilot study. *Brain Sciences*, 10(5), 293. <https://doi.org/10.3390/brainsci10050293>
5. Tursunova, V. D., Arstanalievna, S. G., Kyzy, G. E., Kaviya, S. K., & Rithaneshvar, S. C. (2024). Mercury exposure and human reproductive health (literature review). *Vestnik Oshskogo gosudarstvennogo universiteta*, (2), 59-73.
6. Williams, J. R. (2005). *Medical ethics manual* (p. 134). Ferney-Voltaire: World Medical Association.
7. Tursunova, V. D., Muratov, Z. K., & Tukhvatshin, R. R. (2025). Mediko-sotsial'naya kharakteristika beremennykh zhenshchyn Kyrgyzstana prozhivayushchikh v zone rtutnogo zagryazneniya. *Nauka. Obrazovanie. Tekhnika*, (1(82)), 48-56.
8. Lim, S., Kim, J. H., Yoon, J. W., Jang, S. M., Choi, S. H., Park, Y. J., ... & Jang, H. C. (2010). Sarcopenic obesity: prevalence and association with metabolic syndrome in the Korean Longitudinal Study on Health and Aging (KLoSHA). *Diabetes care*, 33(7), 1652-1654.
9. Tursunova, V., Tratnik, J. S., Tuhvatshin, R., Mazej, D., Muratov, Z., Azhimamatova, R., ... & Falnoga, I. (2025). Blood metal (loid) α_2 , haemoglobin and goitre in pregnant women from the mercury-exposed and non-exposed environment (A darken area vs Kara-Suu area; Kyrgyz Republic). *Environmental Research*, 284, 122204. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.122204>
10. Cetin, I., Berti, C., Mandò, C., & Parisi, F. (2011). Placental iron transport and maternal absorption. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 59(1), 55-58. <https://doi.org/10.1159/000332133>
11. Obianeli, C., Afifi, K., Stanworth, S., & Churchill, J. (2024). Iron deficiency anaemia in pregnancy: a narrative review from a clinical perspective. *Diagnostics*, 14(20), 2306. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14202306>
12. Upadhyaya, C., Mishra, S., Ajmera, P., & Sharma, P. (2004). Serum iron, copper and zinc status in maternal and cord blood. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 19(2), 48-52. <https://doi.org/10.1007/bf02894257>
13. Tabrizi, F. M., & Pakdel, F. G. (2014). Serum level of some minerals during three trimesters of pregnancy in Iranian women and their newborns: a longitudinal study. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 29(2), 174-180. <https://doi.org/10.1007/s12291-013-0336-x>
14. McArdle, H. J., & Erlich, R. (1991). Copper uptake and transfer to a mouse fetus during pregnancy. *The Journal of nutrition*, 121(2), 208-214. <https://doi.org/10.1093/jn/121.2.208>
15. Guan, L., Wang, Y., Lin, L., Zou, Y., & Qiu, L. (2024). Variations in blood copper and possible mechanisms during pregnancy. *Biological Trace Element Research*, 202(2), 429-441. <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03716-x>
16. Grzeszczak, K., Łanocha-Arendarczyk, N., Malinowski, W., Ziętek, P., & Kosik-Bogacka, D. (2023). Oxidative stress in pregnancy. *Biomolecules*, 13(12), 1768. <https://doi.org/10.3390/biom13121768>

17. Liu, J., Yang, H., Shi, H., Shen, C., Zhou, W., Dai, Q., & Jiang, Y. (2010). Blood copper, zinc, calcium, and magnesium levels during different duration of pregnancy in Chinese. *Biological trace element research*, 135(1), 31-37. <https://doi.org/10.1007/s12011-009-8482-y>
18. Tindell, R., & Tipple, T. (2018). Selenium: implications for outcomes in extremely preterm infants. *Journal of Perinatology*, 38(3), 197-202. <https://doi.org/10.1038/s41372-017-0033-3>
19. Maripova, J. (2025). Pregnancy and Fetal Pathologies in Women Living near Uranium Tailings (A Literature Review). *Bulletin of Science and Practice*, 11(9), 273-281. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/118/31>
20. Santos, C., García-Fuentes, E., Callejón-Leblic, B., García-Barrera, T., Gómez-Ariza, J. L., Rayman, M. P., & Velasco, I. (2017). Selenium, selenoproteins and selenometabolites in mothers and babies at the time of birth. *British Journal of Nutrition*, 117(9), 1304-1311. <https://doi.org/10.1017/S0007114517001155>
21. Kobayashi, S., Kishi, R., Saijo, Y., Ito, Y., Oba, K., Araki, A., ... & Children's Study Group. (2019). Association of blood mercury levels during pregnancy with infant birth size by blood selenium levels in the Japan Environment and Children's Study: A prospective birth cohort. *Environment international*, 125, 418-429. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.051>
22. Ashley-Martin, J., Dodds, L., Arbuckle, T. E., Ettinger, A. S., Shapiro, G. D., Fisher, M., ... & Bouchard, M. F. (2018). Maternal and cord blood manganese (Mn) levels and birth weight: The MIREC birth cohort study. *International journal of hygiene and environmental health*, 221(6), 876-882. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.05.015>
23. Jędrychowski, W., Perera, F., Rauh, V., Flak, E., Mróz, E., Pac, A., ... & Kaim, I. (2007). Fish intake during pregnancy and mercury level in cord and maternal blood at delivery: an environmental study in Poland. *International Journal of Occupational Medicine & Environmental Health*, 20(1). <https://doi.org/10.2478/s10001-007-0002-8>
24. Zhang, T., Wang, X., Luo, Z. C., Liu, J., Chen, Y., Fan, P., ... & Ouyang, F. (2023). Maternal blood concentrations of toxic metal (loid)s and trace elements from preconception to pregnancy and transplacental passage to fetuses. *Ecotoxicology and environmental safety*, 264, 115394.
25. Tursunova, V. D., & Muratov, Zh. K. (2025). Vzaimosvyaz' makro- i mikroelementov v krovi beremennykh zhenshchin s pokazatelyami moda raznogo pola v zone rtutnogo zagryazneniya. *Vestnik KRSU*, 25(1), 117-122. (in Russian).

Поступила в редакцию
23.02.2026 г.

Принята к публикации
05.02.2026 г.

Ссылка для цитирования:

Турсунова В. Д. Динамика микроэлементного состава крови беременных Кара-Сууйского района: от третьего триместра до родов // Бюллетень науки и практики. 2026. Т. 12. №5. С. 300-310. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/126/36>

Cite as (APA):

Tursunova, V. (2026). Dynamics of Blood Trace Element Composition in Pregnant Women from the Kara-Suu District: from the third Trimester to Delivery. *Bulletin of Science and Practice*, 12(5), 300-310. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/126/36>