

## ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ДИСБАЛАНСА В ОРГАНИЗМЕ БЕРЕМЕННЫХ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ НА ТИРЕОСТАТУС МАТЕРИ И НОВОРОЖДЕННОГО: ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ



Муратова Шахло Тахиржановна<sup>1</sup>, Давронова Нилфия Суяровна<sup>2</sup>

1 - Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр эндокринологии имени акад. Ё.Х. Туракулова, Республика Узбекистан, г. Ташкент;

2 – Наваинский филиал Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра эндокринологии имени акад. Ё.Х. Туракулова, Республика Узбекистан, г. Наваи

## САНОАТ ХУДУДЛАРИДАН КЕЛГАН ҲОМИЛАДОР АЁЛЛАРНИНГ ОРГАНИЗМИДА МИНЕРАЛ МУВОЗАНАТСИЗЛИКНИНГ ОНА ВА ЯНГИ ТУҒИЛГАН ЧАҚАЛОҚНИНГ ҚАЛҚОНСИМОН БЕЗ ҲОЛАТИГА ТАЪСИРИ: МУАММОНИНГ ШАРҲИ ВА ТАДҚИҚОТЛАРНИНГ ИСТИҚБОЛЛАРИ

Муратова Шахло Тахиржановна<sup>1</sup>, Давронова Нилфия Суяровна<sup>2</sup>

1 - Академик Ё.Х.Туракулов номидаги Республика ихтисослаштирилган эндокринология илмий-амалий тиббиёт маркази, Ўзбекистон Республикаси, Тошкент ш.;

2 - Академик Я.Х. Туракулов номидаги Республика ихтисослаштирилган илмий-амалий тиббиёт маркази Наваи филиали, Ўзбекистон Республикаси, Наваи ш.

## THE IMPACT OF MINERAL IMBALANCE IN THE ORGANISM OF PREGNANT WOMEN FROM INDUSTRIAL REGIONS ON THE THYROID STATUS OF THE MOTHER AND NEWBORN: A REVIEW OF THE PROBLEM AND PROSPECTS FOR RESEARCH

Muratova Shakhlo Tahirjanovna<sup>1</sup>, Davronova Nilfiya Suyarovna<sup>2</sup>

1 - Republican Specialized Scientific-and-Practical Medical Centre of Endocrinology named after academician Yo.Kh.Turakulov, Republic of Uzbekistan, Tashkent;

2 - Navoi Branch of the Republican Specialized Scientific Practical Medical Center of Endocrinology named after Academician Ya.Kh. Turakulov, Republic of Uzbekistan, Navoi

e-mail: [nilfiya84@mail.ru](mailto:nilfiya84@mail.ru)

**Резюме.** Ушбу мақола экологик жиҳатдан зарарли sanoat худудларида ҳомиладор аёлларнинг қалқонсимон безининг фаолиятига минерал мувозанатсизлик ва токсик элементларнинг таъсирини комплекс ўрганишга бағишланган. Эссенциал микроэлементлар (ёд, селениум, рух, темир, мис, магний) ва токсик моддалар (қолиб, кадмий, симоб, арсик) қалқонсимон безининг ҳолатига таъсирини батафсил таҳлил қилган. Махсус эътибор ифлослантирувчи моддалар қалқонсимон гормонларининг синтези ва метаболизмига қандай таъсир қилишига, шунингдек, она ва бола учун саломатликка потенциал хавф-хатарларга қаратилган. Адабиётлар шарҳида оғир металлларнинг ёд билан боғланиши учун рақобатлашиши, қалқонсимон безда гормонлар синтезини бузиши ва уларнинг қон томирларидаги даражасини ўзгартириши мумкинлиги аниқланган; қалқонсимон без функциясининг бузилиши туфайли ҳомиладаги узоқ муддатли ривожланиши оқибатлари, жумладан, нейрокөгнитив ривожланишидаги кечикишлар аниқланган. Саноат худудларида экологик хавфларни мониторинг қилиши зарурлиги асосланган. Муаллифлар, токсик элементларнинг ҳомиладор аёллар ва уларнинг болалари саломатлигига таъсирини ўрганишни давом эттириши ва профилактик стратегияларни ишлаб чиқиши муҳимлигини таъкидлайдилар.

**Калит сўзлар:** қалқонсимон без, ҳомиладорлик, бола, оғир металллар, sanoat ифлосланиши, токсик элементлар, қалқонсимон гормонлар.

**Abstract.** The article is dedicated to a comprehensive study of the impact of mineral imbalance and toxic elements on the functioning of the thyroid gland in pregnant women from environmentally disadvantaged industrial regions. A detailed analysis is provided on the effect of essential trace elements (iodine, selenium, zinc, iron, copper, magnesium) and toxic substances (lead, cadmium, mercury, arsenic) on thyroid status. Special attention is paid to the mechanisms by which pollutants affect the synthesis and metabolism of thyroid hormones, as well as the potential health risks for both the mother and fetus. The literature review reveals that heavy metals can compete with iodine for binding, disrupt hormone synthesis in the thyroid, and alter their circulating levels; possible long-term consequences for fetal development due to thyroid dysfunction are identified, including delays in neurocognitive development. The necessity of monitoring ecological risks in industrial regions is also justified. The authors emphasize the relevance of developing preventive strategies and further

**Введение.** Минеральный дисбаланс в организме беременных женщин из экологически неблагополучных регионов может существенно повлиять на тиреостатус матерей и новорожденных, что приводит к различным осложнениям со здоровьем. Эти дисбалансы часто возникают из-за факторов окружающей среды, но также могут происходить в результате недостатка питания и физиологических изменений во время беременности. щитовидная железа (ЩЖ), которой для нормального функционирования необходимы такие эссенциальные микроэлементы, как йод (I), селен (Se) и цинк (Zn), железо (Fe), медь (Cu) и др. особенно подвержена таким дисбалансам. Токсичные элементы такие же как кадмий (Cd), свинец (Pb), ртуть (Hg) могут конкурентно замещать эссенциальные микроэлементы и приводить к дисфункции железа и нарушению здоровья в целом впоследствии, что может привести к неблагоприятным исходам беременности и проблемам в развитии новорожденных.

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами, пестицидами и радионуклидами представляет значительный риск для здоровья беременных женщин и их плодов. Эти загрязняющие вещества могут попадать в организм различными путями, включая проглатывание, вдыхание и контакт с кожей, что приводит к целому ряду неблагоприятных последствий для здоровья. Тяжелые металлы, в частности, вызывают беспокойство из-за их способности проникать через плацентарный барьер и влиять на развитие плода.

#### Источники и пути воздействия

Тяжелые металлы попадают в окружающую среду в результате промышленной деятельности, добычи полезных ископаемых и ведения сельского хозяйства, что приводит к загрязнению почвы, воды и пищевых систем [1,2]

В городских почвах, особенно в районах с исторической промышленной деятельностью, может быть повышено содержание таких металлов, как Pb, Cu, Cd и Zn, которые могут поглощаться растениями и попадать в пищевую цепь [2].

Присутствие тяжелых металлов в пищевых продуктах представляет значительный риск для здоровья, поэтому необходимо определить уровни загрязнения и разработать стратегии восстановительных мероприятий<sup>3</sup>.

Беременные женщины и их плод особенно подвержены экологическим рискам в промышленных зонах из-за сочетания биологических, экологических и социально-экономических факторов. В промышленных зонах часто содержится большое количество загрязняющих веществ, включая тяжелые металлы, твердые частицы и химические вещества, разрушающие эндокринную систему, которые могут оказывать пагубное воздействие на здоровье матери и плода. В частности, обратить внимание на влияние экологических рисков на тиреостатус беременных и их новорожденных мы решили в Навоийской области Республики Узбекистан. Причиной тому явилось большое количество заводов в Навоийской области, Навоийский азотный завод, цементный завод, горный металлургический комбинат,

который занимается добычей урана и золота, а также расположение химических предприятий по всей территории региона повышают уровень загрязнения окружающей среды<sup>4</sup>. Кроме того, отмечается значимое загрязнение реки Зарафшан, где уровень Индекса загрязнения воды соответствует классу IV (загрязненные воды), где ряд показателей превышают норму в 2-5 раз<sup>5</sup>. В атмосферу на территории региона в год выбрасывается 109 тысяч 225 тонн разных газов и пыли. Из них 69 тысяч тонн приходится на долю промышленных предприятий и чуть более 40 тысяч 225 тонн - на автотранспортные средства. Самые большие загрязнители - промышленные предприятия, действующие на территории города Навои, Канимехского, Карманинского и Тамдынского районов.

По данным литературы к токсичным веществам, которые могут загрязнять районы вблизи азотных, цементных заводов Нигерии, Пакистана, Мальты, Ганы относятся такие металлы как скинec, кадмий, хром, медь, цинк, никель и марганец, мышьяк, ртуть и германий, которые вредны даже при низких концентрациях [6–10]. Кроме того, могут присутствовать радионуклиды, такие как уран, стронций и цезий, представляющие серьезную опасность для окружающей среды и здоровья [10]. При добыче урана в окружающей среду могут попадать уран, торий, кадмий, хром и радон-222, основным же загрязнителем в золотодобывающих регионах могут быть – мышьяк, ртуть, свинец, цинк и медь [11–15]. Выброс этих токсичных веществ может нанести долгосрочный экологический ущерб, создают риски для здоровья местных сообществ, включая эндокринологические, респираторные, сердечно-сосудистые и канцерогенные последствия, требуют срочного вмешательства и принятия мер по восстановлению. Параллельно с созданием устойчивых методов добычи полезных ископаемых и эффективных мер по борьбе с загрязнением необходимо мониторить здоровье населения. Воздействие вышеперечисленных токсичных тяжелых металлов из промышленных регионов представляет значительный риск для здоровья беременных женщин и их потомства.

#### Тяжелые металлы и беременность

Тяжелые металлы, такие как свинец, кадмий и мышьяк, могут проникать через плацентарный барьер, влияя на развитие плода и приводя к таким последствиям, как преждевременные роды, низкая масса тела при рождении и задержки развития [16,17].

Эти металлы нарушают функцию плаценты, вызывая окислительный стресс и нарушая транспорт питательных веществ и кислорода, что может иметь долгосрочные последствия для здоровья потомства [17].

Исследования показали, что даже в группах низкого риска повышенный уровень этих металлов в материнской крови на ранних сроках беременности может быть обнаружен, хотя прямая связь с неблагоприятными исходами требует дальнейших исследований [16].

У беременных женщин из промышленных зон Екатеринбургa наблюдались высокие уровни меди, кадмия и свинца, что может нарушать функцию

ЩЖ18. В исследовании проведенном в Китае изучили более 600 беременных женщин подвергшихся воздействию мышьяка и свинца – уровни свободного трийодтиронина (Т3) были снижены, что свидетельствует о том, что эти тяжелые металлы могут негативно влиять на гормональный статус ЩЖ матери, что впоследствии может повлиять на рост плода и результаты родов [19]. Есть много работ подтверждающих токсичное воздействие на организм беременной женщины и повышающее частоту неблагоприятных исходов как для матери так и для плода [20–22], однако данные о влиянии на состояние Щитовидной железы беременной женщины ограничены.

Основные микроэлементы в функции Щитовидной железы

Разрешите привести роль отдельных элементов в функциональной деятельности Щитовидной железы. Мы остановились на таких эссенциальных элементах как йод, селен, цинк, железо, медь и магний, а также таких токсичных элементах как свинец, кадмий, ртуть и мышьяк.

Йод (I) — важнейший компонент для синтеза гормонов Щитовидной железы. Он включается в тиреоглобулин, предшественник тетраiodтиронина (Т4) и трийодтиронин (Т3), под действием тиреопероксидазы [23]. Дефицит йода является основной причиной заболеваний ЩЖ, включая зоб и гипотиреоз. Во время беременности дефицит йода может привести к кретинизму и задержке развития у детей, поскольку гормоны ЩЖ необходимы для развития мозга плода [24,25].

Селен (Se)

Селен является неотъемлемой частью функции дейодиназ, ферментов, ответственных за превращение Т4 в Т3, активную форму гормона ЩЖ [23,26]. Дефицит селена может нарушить эту конверсию, что приводит к гипотиреозу и повышению подверженности окислительному стрессу. Доказано, что прием добавок селена снижает маркеры окислительного стресса у пациентов с заболеваниями ЩЖ, такими как тиреоидит Хашимото [26].

Цинк (Zn)

Цинк играет роль в метаболизме и действии гормонов ЩЖ. Он участвует в регуляции тиреотропного гормона (ТТГ) и связывании гормонов ЩЖ с их ядерными рецепторами [26]. Дефицит цинка связан с гипотиреозом и нарушениями роста и развития, особенно у детей [26,27].

Железо (Fe)

Железо необходимо для производства гормонов ЩЖ, так как оно является кофактором тиреопероксидазы, фермента, ответственного за окисление йода и включение его в тиреоглобулин [23]. Дефицит железа может привести к снижению выработки гормонов Щитовидной железы и связан с повышенным риском развития зоба и гипотиреоза [23,28].

Медь (Cu)

Медь участвует в системе антиоксидантной защиты ЩЖ и играет роль в регуляции метаболизма её гормонов [26]. Дефицит меди может привести к нарушению функции железы и усилению окислительного стресса, что может способствовать таким заболеваниям, как тиреоидит Хашимото [26].

Магний (mg)

Магний участвует, в частности в преобразовании Т4 в Т3. Дефицит магния связан с гипотиреозом и может усугубить симптомы дисфункции ЩЖ [26].

Токсичные элементы и их влияние на функцию Щитовидной железы

Свинец (Pb)

Свинец является токсичным элементом, который может влиять на метаболизм гормонов ЩЖ. В исследовании с участием пациентов с отравлением свинцом было замечено, что воздействие свинца приводит к снижению уровней ТТГ и повышению уровня Т4 по сравнению с контрольными группами, что указывает на нарушение нормальной функции ЩЖ [29]. Это говорит о том, что свинец может напрямую не вызывать гипотиреоз, а изменять баланс гормонов ЩЖ. Воздействие свинца связано с задержкой развития нервной системы, о чем свидетельствует снижение показателей психического и психомоторного развития у детей, подвергшихся внутриутробному воздействию свинца. Эти задержки обусловлены нарушениями уровня гормонов ЩЖ имеют решающее значение для когнитивного и двигательного развития [30,31].

Кадмий (Cd)

Кадмий — метаанализы и перекрестные исследования на людях показали неоднозначные результаты: некоторые указывают на нейтральную связь между воздействием кадмия и уровнем гормонов ЩЖ, а другие указывают на положительную связь с уровнями общего Т3. Эти расхождения могут быть вызваны различиями в дизайне исследования, популяционных характеристиках и уровнях воздействия [32,33].

Ртуть (Hg)

Ртуть — мощный нейротоксин, который также может влиять на функцию ЩЖ. Воздействие ртути связано со снижением уровней Т4 и Т3, что приводит к гипотиреозу, даже спустя годы после прекращения воздействия ртути [34–36]. Однако конкретные исследования, напрямую связывающие воздействие ртути с дисфункцией ЩЖ у плода, ограничены.

Мышьяк (As)

Мышьяк — токсичный элемент, который может нарушать метаболизм гормонов ЩЖ и приводить к гипотиреозу. Исследования показали, что повышенный уровень мышьяка коррелирует со снижением уровней трийодтиронина и тироксина, а также с повышением уровня тиреотропного гормона [37,38].

Каким же образом токсичные вещества нарушают синтез тиреоидных гормонов и метаболизм йода?

Конкуренция с йодом: тяжелые металлы и радионуклиды могут конкурировать с йодом за участки связывания на симпортере йодида натрия (NIS), который необходим для поглощения йода ЩЖ. Эта конкуренция может привести к снижению доступности йода для синтеза гормонов, что может привести к гипотиреозу или другим дисфункциям ЩЖ [39,40].

Воздействие на синтез гормонов: эти загрязнители могут напрямую влиять на синтез гормонов ЩЖ, воздействуя на ферменты, участвующие в йодировании остатков тирозина, что является важнейшим этапом выработки гормонов, соответственно, снижая уровни Т3 и Т4 [41,42].

Влияние на функцию ЩЖ. Измененный уровень гормонов: воздействие тяжелых металлов и радионук-

лидов может привести к изменению уровня циркулирующих гормонов ЩЖ. Это может привести к целому ряду проблем со здоровьем, включая задержку развития, метаболические нарушения и сердечно-сосудистые проблемы [43,44].

Повышенный риск заболеваний ЩЖ: длительное воздействие этих загрязняющих веществ связано с повышенным риском заболеваний ЩЖ, включая зоб и рак ЩЖ. Нарушение нормальной функции ЩЖ также может усугубить существующие состояния, такие как дефицит йода или аутоиммунное заболевание ЩЖ [45,46].

Соответственно, в регионах с повышенным уровнем токсичных веществ следует ожидать большее число аутоиммунных поражений ЩЖ, гипотиреоза и рака ЩЖ, к чему будут наиболее уязвимы, в частности, беременные женщины и дети. Как известно, гипотиреоз во время беременности повышает частоту преэклампсии [47,48], послеродового кровотечения и тромбоза [48], гестационного сахарного диабета [47], преждевременных родов [49]. Для плода гипотиреоз ассоциируется с более низким весом при рождении [49,50], с более частой задержкой роста плода и дистрессом плода [47,51], такие новорожденные чаще госпитализируются в отделение интенсивной терапии новорожденных и имеют более низкие баллы по шкале APGAR [48,50]. Дети матерей с гипотиреозом, не получавшим лечения, могут испытывать долгосрочные нейрокognitive проблемы. Сюда входит потенциальный дефицит интеллекта и способностей к обучению, поскольку гормоны щитовидной железы матери крайне важны для развития мозга плода [52,53]. Принимая во внимание все риски и последствия для популяции беременных женщин и их детей в будущем изучение влияния токсичных веществ, содержащихся в повышенном количестве в промышленных зонах на здоровье ЩЖ является важным шагом к пониманию долгосрочных эффектов на здоровье, что может привести к разработке эффективных стратегий профилактики и лечения заболеваний щитовидной железы в данном контексте.

Широкое присутствие загрязнителей в окружающей среде, в частности в промышленных регионах подчеркивает необходимость принятия строгих нормативных положений и мер по ограничению воздействия. Сюда следует вводить мониторинг и контроль уровней тяжелых металлов и радионуклидов в воде, почве и воздухе в целях защиты здоровья населения. Также необходимы дальнейшие исследования, чтобы полностью понять механизмы, с помощью которых эти элементы влияют на здоровье ЩЖ беременных женщин и их потомство, и таким образом разработать стратегии профилактики и лечения заболеваний ЩЖ.

#### Литература:

1. Bargah RK. HEAVY METALS: ENVIRONMENTAL POLLUTION AND IMPACT ON HUMAN HEALTH. In: Shankar DrA, ed. *Futuristic Trends in Chemical Material Sciences & Nano Technology Volume 3 Book 18*. First. Iterative International Publishers, Selfypage Developers Pvt Ltd; 2024:461-482. doi:10.58532/V3BDCS18CH37
2. Gruszka D, Gruss I, Szopka K. Assessing Environmental Risks of Local Contamination of Garden Urban Soils

- with Heavy Metals Using Ecotoxicological Tests. *Toxics*. 2024;12(12):873. doi:10.3390/toxics12120873
3. Ullah H, Majeed Khan A, Ullah S, Asif M, Imtiaz M, Shazia B. Perspective Chapter: Heavy Metals-Mediated Chemical Contamination in Foods, Associated Health Risks, and Remediation Techniques. In: Yoshida M, ed. *Heavy Metals in the Environment - Contamination, Risk, and Remediation*. IntechOpen; 2025. doi:10.5772/intechopen.1007943
4. 4NC\_Uzbekistan\_RU.pdf. Accessed March 3, 2025. [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/4NC\\_Uzbekistan\\_RU.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/4NC_Uzbekistan_RU.pdf)
5. ECE.CEP.188.RUS.03.part\_II.pdf. Accessed March 3, 2025. [https://unece.org/DAM/env/epr/epr\\_studies/ECE.CEP.188/ECE.CEP.188.RUS.03.part\\_II.pdf](https://unece.org/DAM/env/epr/epr_studies/ECE.CEP.188/ECE.CEP.188.RUS.03.part_II.pdf)
6. Awuah PB, Adjaottor AA, Gikunoo E, Arthur EK, Agyemang FO, Baah DS. Dust Deposition and Associated Heavy Metal Contamination in the Neighborhood of a Cement Production Plant at Konongo, Ghana. *Tang S, ed. J Chem*. 2022;2022:1-12. doi:10.1155/2022/6370679
7. Ismail Z, Ali S, Zulfiqar A, El-Serehy HA. Impact of cement industries on potentially toxic elements' contamination and other characteristics of topsoil: A case study. *Environ Pollut Bioavailab*. 2023;35(1):2271664. doi:10.1080/26395940.2023.2271664
8. Silva TADC, Paula MD, Silva WS, Lacorte GA. Deposition of Potentially Toxic Metals in the Soil from Surrounding Cement Plants in a Karst Area of Southeastern Brazil. *Conservation*. 2021;1(3):137-150. doi:10.3390/conservation1030012
9. Sulaiman MB, Okoye COB, Asegbeloyin JN. Geochemical, ecological, and health risk assessment of potentially toxic elements (PTEs) in the surrounding soil of a cement plant. *Discov Environ*. 2024;2(1):34. doi:10.1007/s44274-024-00053-1
10. Munzeiwa WA, Ruziwa DT, Chaukura N. Environmental Pollutants: Metal(loid)s and Radionuclides. In: Selvasembian R, Van Hullebusch ED, Mal J, eds. *Biotechnology for Environmental Protection*. Springer Nature Singapore; 2022:1-23. doi:10.1007/978-981-19-4937-1\_1
11. Asare EA. Impact of the Illegal Gold Mining Activities on Pra River of Ghana on the Distribution of Potentially Toxic Metals and Naturally Occurring Radioactive Elements in Agricultural Land Soils. *Chem Afr*. 2021;4(4):1051-1068. doi:10.1007/s42250-021-00285-1
12. Belle G, Schoeman Y, Oberholster P. Potential Toxic-Element Pollution in Surface Water and Its Implications for Aquatic and Human Health: Source-Pathway-Receptor Model. *Water*. 2023;15(17):3100. doi:10.3390/w15173100
13. Chen L, Liu J, Zhang W, et al. Increased ecological and health risks associated with potentially toxic trace elements in agricultural soil adversely affected by gold (Au) mining activities. *J Soils Sediments*. 2022;22(2):509-521. doi:10.1007/s11368-021-03078-8
14. Yi L, Gao B, Liu H, Zhang Y, Du C, Li Y. Characteristics and Assessment of Toxic Metal Contamination in Surface Water and Sediments Near a Uranium Mining Area. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(2):548. doi:10.3390/ijerph17020548
15. Zhang Z, Tang Z, Liu Y, et al. Study on the Ecotoxic Effects of Uranium and Heavy Metal Elements in Soils of a Uranium Mining Area in Northern Guangdong. *Toxics*. 2023;11(2):97. doi:10.3390/toxics11020097

16. Goldberg IB, Sheiner E, Bal MH, et al. Early pregnancy metal levels in maternal blood and pregnancy outcomes. *Sci Rep.* 2024;14(1):27866. doi:10.1038/s41598-024-79107-6
17. Kerna NA, Holets HM, Anderson Ii J, et al. Heavy Metals and Human Health: From Neurological Disorders to Developmental Delays. *Eur J Ecol Biol Agric.* 2024;1(3):152-184. doi:10.59324/ejeba.2024.1(3).12
18. Kovalchuk L, Tarkhanova A, Tarkhanov A. The essential and toxic effects of trace elements in the biological tissues of pregnant women and newborn babies (an ecologically unfavourable region). *Int J Saf Secur Eng.* 2013;3(4):264-276. doi:10.2495/SAFE-V3-N4-264-276
19. Sun X, Liu W, Zhang B, et al. Maternal Heavy Metal Exposure, Thyroid Hormones, and Birth Outcomes: A Prospective Cohort Study. *J Clin Endocrinol Metab.* 2019;104(11):5043-5052. doi:10.1210/jc.2018-02492
20. Borghese MM, Fisher M, Ashley-Martin J, et al. Individual, Independent, and Joint Associations of Toxic Metals and Manganese on Hypertensive Disorders of Pregnancy: Results from the MIREC Canadian Pregnancy Cohort. *Environ Health Perspect.* 2023;131(4):047014. doi:10.1289/EHP10825
21. Dettwiler M, Flynn AC, Rigutto-Farebrother J. Effects of Non-Essential “Toxic” Trace Elements on Pregnancy Outcomes: A Narrative Overview of Recent Literature Syntheses. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20(8):5536. doi:10.3390/ijerph20085536
22. Kerna NA, Holets HM, Anderson Ii J, et al. Heavy Metals and Human Health: From Neurological Disorders to Developmental Delays. *Eur J Ecol Biol Agric.* 2024;1(3):152-184. doi:10.59324/ejeba.2024.1(3).12
23. Köhrle J. Selenium, Iodine and Iron—Essential Trace Elements for Thyroid Hormone Synthesis and Metabolism. *Int J Mol Sci.* 2023;24(4):3393. doi:10.3390/ijms24043393
24. Assistant, Department of Endocrinology, Samarkand State Medical Institute, Samarkand, Republic of Uzbekistan, Shukhratovna NG. ANALYSIS OF THE THYROID STATUS OF PREGNANT WOMEN IN THE IODINE-DEFICIENT REGION. *Am J Med Sci Pharm Res.* 2022;03(01):74-78. doi:10.37547/TAJMSPR/Volume04Issue01-08
25. Mead MN. Mother’s thyroid, baby’s health. *Environ Health Perspect.* 2004;112(11):A612. doi:10.1289/ehp.112-a612
26. Wróblewski M, Wróblewska J, Nuszkiwicz J, Pawłowska M, Wesołowski R, Woźniak A. The Role of Selected Trace Elements in Oxidoreductive Homeostasis in Patients with Thyroid Diseases. *Int J Mol Sci.* 2023;24(5):4840. doi:10.3390/ijms24054840
27. Gustin K, Vahter M, Barman M, et al. Assessment of Joint Impact of Iodine, Selenium, and Zinc Status on Women’s Third-Trimester Plasma Thyroid Hormone Concentrations. *J Nutr.* 2022;152(7):1737-1746. doi:10.1093/jn/nxac081
28. Bastian TW, Prohaska JR, Georgieff MK, Anderson GW. Fetal and Neonatal Iron Deficiency Exacerbates Mild Thyroid Hormone Insufficiency Effects on Male Thyroid Hormone Levels and Brain Thyroid Hormone-Responsive Gene Expression. *Endocrinology.* 2014;155(3):1157-1167. doi:10.1210/en.2013-1571
29. Nouri S, Zoghi A, Sharif MR, Farhang N, Shojaei M. Evaluation of thyroid hormones in patients with lead poisoning. *Tehran Univ Med Sci J.* 2018;76(7):477-483.
30. Rygiel CA, Dolinoy DC, Bakulski KM, et al. DNA methylation at birth potentially mediates the association between prenatal lead (Pb) exposure and infant neurodevelopmental outcomes. Hoyo C, ed. *Environ Epigenetics.* 2021;7(1):dvab005. doi:10.1093/eep/dvab005
31. Yu L, Zhang H, Liu J, et al. Thyroid-stimulating hormone (TSH) mediates the associations between maternal metals and neurodevelopment in children: A prospective cohort study. *Environ Pollut.* 2024;363:125150. doi:10.1016/j.envpol.2024.125150
32. Shao R, Su L, Wang P, et al. Higher cadmium exposure was associated with sex-specific thyroid dysfunction: Consistent evidence from two independent cross-sectional studies based on urinary and blood cadmium measurements. Published online October 19, 2023. doi:10.21203/rs.3.rs-3455102/v1
33. Chung SM, Chang MC. Cadmium exposure and thyroid hormone disruption: a systematic review and meta-analysis. *Rev Environ Health.* Published online December 25, 2023. doi:10.1515/reveh-2023-0122
34. Afrifa J, Ogbordjor WD, Duku-Takyi R. Variation in thyroid hormone levels is associated with elevated blood mercury levels among artisanal small-scale miners in Ghana. Meliker J, ed. *PLOS ONE.* 2018;13(8):e0203335. doi:10.1371/journal.pone.0203335
35. Correia MM, Chammas MC, Zavariz JD, et al. Evaluation of the effects of chronic occupational exposure to metallic mercury on the thyroid parenchyma and hormonal function. *Int Arch Occup Environ Health.* 2020;93(4):491-502. doi:10.1007/s00420-019-01499-0
36. Kim K, Argos M, Persky VW, Freels S, Sargis RM, Turyk ME. Associations of exposure to metal and metal mixtures with thyroid hormones: Results from the NHANES 2007–2012. *Environ Res.* 2022;212:113413. doi:10.1016/j.envres.2022.113413
37. M.Ali A, Iqbal J. Alassadi, Hassan T. Abdulsahib. Study of TSH hormones and arsenic in pregnant women compared to umbilical cord blood for neonate in Basrah. Iraq. *J Kufa Chem Sci.* 2025;4(1):12-24. doi:10.36329/jkcm/2023/v3.i1.13468
38. Esform A, Farkhondeh T, Samarghandian S, Rezaei M, Naghizadeh A. Environmental arsenic exposure and its toxicological effect on thyroid function: a systematic review. *Rev Environ Health.* 2022;37(2):281-289. doi:10.1515/reveh-2021-0025
39. Brucker-Davis F, Hiéronimus S, Fénelon P. Thyroïde et environnement. *Presse Médicale.* 2016;45(1):78-87. doi:10.1016/j.lpm.2015.06.015
40. Serrano-Nascimento C, Nunes MT. Perchlorate, nitrate, and thiocyanate: Environmental relevant NIS-inhibitors pollutants and their impact on thyroid function and human health. *Front Endocrinol.* 2022;13:995503. doi:10.3389/fendo.2022.995503
41. Gutleb AC, Cambier S, Serchi T. Impact of Endocrine Disruptors on the Thyroid Hormone System. *Horm Res Paediatr.* 2016;86(4):271-278. doi:10.1159/000443501
42. Odum J. Disrupters of Thyroid Hormone Action and Synthesis. In: *Endocrine Disruption and Human Health.* Elsevier; 2022:105-126. doi:10.1016/B978-0-12-821985-0.00004-9
43. Street ME, Shulhai AM, Petraroli M, et al. The impact of environmental factors and contaminants on thyroid function and disease from fetal to adult life: current evi-

dence and future directions. *Front Endocrinol.* 2024;15:1429884. doi:10.3389/fendo.2024.1429884

44. Thambirajah AA, Wade MG, Verreault J, et al. Disruption by stealth - Interference of endocrine disrupting chemicals on hormonal crosstalk with thyroid axis function in humans and other animals. *Environ Res.* 2022;203:111906. doi:10.1016/j.envres.2021.111906

45. Kalra S, Kalra B, Sharma A, Kumar A, Ahalawat A, Agrawal N. Environmental thyroid disruptors. *Thyroid Res Pract.* Published online September 1, 2010. Accessed March 4, 2025. <https://www.semanticscholar.org/paper/Environmental-thyroid-disruptors-Kalra-Kalra/ff9af6376b5148f04c5157c478737068cfd2e03>

46. Pearce EN. Endocrine Disruptors and Thyroid Health. *Endocr Pract.* 2024;30(2):172-176. doi:10.1016/j.eprac.2023.11.002

47. Khawale R, Kanetkar SR, Patil M. Impact of Hypothyroidism in Pregnancy on Feto-Maternal Outcomes: A Prospective Observational Study. *Cureus.* Published online November 26, 2024. doi:10.7759/cureus.74494

48. Vamja R, M Y, Patel M, et al. Impact of maternal thyroid dysfunction on fetal and maternal outcomes in pregnancy: a prospective cohort study. *Clin Diabetes Endocrinol.* 2024;10(1):50. doi:10.1186/s40842-024-00212-6

49. Sari HE. The Effect of Thyroid Dysfunction on Pregnancy Outcome: Systematic Review and Meta-Analysis. *Indones J Glob Health Res.* 2024;6(1):353-366. doi:10.37287/ijghr.v6i1.2674

50. Amin N, Room S, Khan SA, Bangash SA, Nasir A, Shaikh AS. ASSOCIATION BETWEEN MATERNAL THYROID FUNCTION AND PREGNANCY OUTCOMES: A CLINICAL ANALYSIS. *Insights-J Health Rehabil.* 2024;2(2 (Health&Allied)):594-601. doi:10.71000/qyymy725

51. Li C, Li X. Investigating Associations between Subclinical Hypothyroidism and Pregnancy Outcomes and Effects of Levothyroxine Therapy on Improving Maternal and Infant Prognosis. *Clin Exp Obstet Gynecol.* 2024;51(10):227. doi:10.31083/j.ceog5110227

52. Feng X, Sun H, Liu T, Li L. Impact of maternal hypothyroidism on fetal thyroid gland: a prospective longitudinal

cohort study. Published online October 16, 2024. doi:10.21203/rs.3.rs-4957426/v1

53. Safaa MM. Subclinical Hypothyroidism: A Review. *Am J Chem Pharm.* 2023;2(2):1-8. doi:10.54536/ajcp.v2i2.1594

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ДИСБАЛАНСА В ОРГАНИЗМЕ БЕРЕМЕННЫХ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ НА ТИРЕОСТАТУС МАТЕРИ И НОВОРОЖДЕННОГО: ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Муратова Ш.Т., Давронова Н.С.

**Резюме.** Статья посвящена комплексному исследованию влияния минерального дисбаланса и токсических элементов на функционирование щитовидной железы беременных женщин в экологически неблагоприятных промышленных регионах. Подробно проанализировано воздействие эссенциальных микроэлементов (йод, селен, цинк, железо, медь, магний) и токсичных веществ (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк) на тиреоидный статус. Особое внимание уделяется механизмам влияния загрязняющих веществ на синтез и метаболизм тиреоидных гормонов, а также потенциальным рискам для здоровья матери и плода. По ходу обзора литературы установлено, что тяжелые металлы могут конкурировать с йодом за связывание, нарушать синтез гормонов ЩЖ и изменять их циркулирующий уровень; выявлены возможные долгосрочные последствия для развития плода при нарушении функции ЩЖ, включая задержки нейрокогнитивного развития, а также обоснована необходимость мониторинга экологических рисков в промышленных регионах. Авторы подчеркивают актуальность разработки профилактических стратегий и дальнейшего изучения влияния токсических элементов на здоровье беременных женщин и их детей в контексте проживания данной популяции в промышленных регионах.

**Ключевые слова:** щитовидная железа, беременность, плод, тяжелые металлы, промышленное загрязнение, токсические элементы, тиреоидные гормоны.