

УДК: 618.2:612.11:546.72

Турсунова Вероника Давидбековна  
старший преподаватель, Ошский государственный университет  
[tursunovvva1@gmail.com](mailto:tursunovvva1@gmail.com)

Турсунова Вероника Давидбековна  
улук окутуучу, Ош мамлекеттик университети  
[tursunovvva1@gmail.com](mailto:tursunovvva1@gmail.com)

Veronika Davidbekovna Tursunova  
senior lecturer, Osh State University  
[tursunovvva1@gmail.com](mailto:tursunovvva1@gmail.com)

Муратов Жанибек Кудайбакович  
м.и.д., профессор, Ош мамлекеттик университети  
[kudaibakov66@gmail.com](mailto:kudaibakov66@gmail.com)

Муратов Жанибек Кудайбакович  
д.м.н., профессор, Ошский государственный университет  
[kudaibakov66@gmail.com](mailto:kudaibakov66@gmail.com)

Zhanibek Muratov Kudaibakovich  
Doctor of medical sciences, Professor, Osh State University  
[kudaibakov66@gmail.com](mailto:kudaibakov66@gmail.com)

**Тухватшин Рустам Романович**

*Тухватшин Рустам Романович*

*Tuhvatshin Rustam Romanovich*

**Азизбек кызы Айжаркын**

*врач акушер-гинеколог, Айдеркен ЖҮДБ*  
*[angel.kg-93@mail.ru](mailto:angel.kg-93@mail.ru)*

*Азизбек кызы Айжаркын*  
*төрөт стационары*  
*[angel.kg-93@mail.ru](mailto:angel.kg-93@mail.ru)*

*Azizbek kyzy Aizharkyn*  
*Obstetrician-Gynecologist, Aiderken Center for Primary Care, maternity hospital*  
*[angel.kg-93@mail.ru](mailto:angel.kg-93@mail.ru)*

## ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ И ПОКАЗАТЕЛИ ОБМЕНА ЖЕЛЕЗА У БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГОРЬЯ И НИЗКОГОРЬЯ, ЮГ КЫРГЫЗСТАНА

КЫРГЫЗСТАНДЫН ТҮШТҮГҮНДӨГҮ ОРТО ТООЛУУ ЖАНА ТӨМӨН ТООЛУУ  
АЙМАКТАРДА ЖАШАГАН КОШ БОЙЛУУ АЯЛДАРДЫН ГЕМАТОЛОГИЯЛЫК  
ПРОФИЛИ ЖАНА ТЕМИР АЛМАШУУ КӨРСӨТКҮЧТӨРҮ

HEMATOLOGICAL PROFILE AND IRON METABOLISM INDICATORS IN PREGNANT  
WOMEN LIVING IN MID-ALTITUDE AND LOW-ALTITUDE AREAS OF SOUTHERN  
KYRGYZSTAN

### И НИЗКОГОРЬЯ, ЮГ КЫРГЫЗСТАНА

#### Аннотация

Актуальность. Данное исследование посвящено определению гематологического профиля беременных женщин с анемией и без анемии в условиях среднегорного региона — Айдаркен, а также в низкогорной зоне — Кара-Суу (юг Кыргызстана). В исследование включены 190 беременных женщин (III триместр) в возрасте 19–45 лет: Айдаркен (n=106) и Кара-Суу (n=84). Анализировали показатели крови: гемоглобин (HGB), эритроциты (RBC), гематокрит (HCT), средний объем эритроцита (MCV), ферритин и сывороточное железо. В Айдаркене распространённость анемии составила 48.11%, в КараСуу — 48.81%. В группе Айдаркен у беременных с анемией по сравнению с неанемичными женщинами выявлены статистически значимо более низкие уровни гемоглобина (95.04 (10.22) против 122.73 (9.59) г/л;  $p<0.001$ ), гематокрита (30.81 (5.48) против 38.19 (4.06)%;  $p<0.001$ ) и МСНС (316.9 (21.24) против 332.2 (12.80) г/дл;  $p=0.009$ ). В группе Кара-Суу у анемичных беременных также отмечались более низкие показатели гемоглобина (98.05 (9.85) против 120.35 (9.95) г/л;  $p<0.001$ ), MCV (86.67 (8.66) против 90.82 (3.20) фл;  $p=0.0396$ ) и сывороточного ферритина (8.37 (2.04) против 12.58 (6.72) нг/мл;  $p=0.013$ ) по сравнению с неанемичными женщинами. Результаты исследования свидетельствуют о высокой распространённости анемии среди беременных женщин как в Айдаркене, так и в Кара-Суу. В условиях низкогорной местности анемия ассоциировалась со снижением уровня ферритина.

**Ключевые слова:** беременные женщины; анемия; гемоглобин; ферритин; сывороточное железо; гематологические показатели; среднегорье; низкогорье; Кыргызстан.

---

*Кыргызстандын түштүгүндөгү орто тоолуу  
жана төмөн тоолуу аймактарда жашаган кош  
бойлуу  
аялдардын гематологиялык профили жана темир  
алмашуу көрсөткүчтөрү*

---

*Hematological profile and iron metabolism indicators  
in pregnant women living in mid-altitude and  
lowaltitude areas of southern Kyrgyzstan*

**Аннотация**

Маанилүүлүк. Бул изилдөө Кыргызстандын түштүгүндөгү орто тоолуу Айдаркен шаарында жана төмөн тоолуу Кара-Суу аймагында жашаган аз кандуулугу бар жана жок кош бойлуу аялдардын гематологиялык көрсөткүчтөрүн баалоого арналган. Изилдөөгө 19–45 жаштагы, кош бойлуулуктун III триместриндеги 190 аял киргизилген: Айдаркенден – 106, Кара-Суудан – 84 аял. Кандын төмөнкү көрсөткүчтөрү изилденген: гемоглобин (HGB), эритроциттер (RBC), гематокрит (HCT), эритроциттин орточо көлөмү (MCV), сывороткалык ферритин жана сывороткалык темир. Аз кандуулуктун таралышы Айдаркенде 48.11%, Кара-Сууда 48.81% түзгөн. Айдаркенде аз кандуулугу бар кош бойлуу аялдарда гемоглобиндин (95.04 (10.22) каршы 122.73 (9.59) г/л;  $p<0.001$ ), гематокриттин (30.81 (5.48) каршы 38.19 (4.06)%;  $p<0.001$ ) жана МСНСнин (316.9 (21.24) каршы 332.2 (12.80) г/дл;  $p=0.009$ ) деңгээлдери аз кандуулугу жок аялдарга салыштырмалуу статистикалык жактан төмөн болгон. Кара-Сууда аз кандуулугу бар кош бойлуу аялдарда гемоглобиндин (98.05 (9.85) каршы 120.35 (9.95) г/л;  $p<0.001$ ), MCVнин (86.67 (8.66) каршы 90.82 (3.20) фл;  $p=0.0396$ ) жана сывороткалык ферритиндин (8.37 (2.04) каршы 12.58 (6.72) нг/мл;  $p=0.013$ ) деңгээлдери аз кандуулугу жок аялдарга салыштырмалуу төмөн **Abstract**

Relevance. This study aimed to assess the hematological profile of pregnant women with and without anemia living in a mid-altitude region (Aidarken) and a low-altitude area (Kara-Suu) in southern Kyrgyzstan. A total of 190 pregnant women in the third trimester, aged 19–45 years, were included in the study: Aidarken ( $n=106$ ) and Kara-Suu ( $n=84$ ). Hematological parameters including hemoglobin (HGB), red blood cells (RBC), hematocrit (HCT), mean corpuscular volume (MCV), serum ferritin, and serum iron were analyzed. The prevalence of anemia was 48.11% in Aidarken and 48.81% in Kara-Suu. In Aidarken, pregnant women with anemia had significantly lower hemoglobin levels (95.04 (10.22) vs. 122.73 (9.59) g/L;  $p<0.001$ ), hematocrit (30.81 (5.48) vs. 38.19 (4.06)%;  $p<0.001$ ), and MCHC (316.9 (21.24) vs. 332.2 (12.80) g/dL;  $p=0.009$ ) compared with non-anemic women. In Kara-Suu, anemic pregnant women also demonstrated significantly lower

**Введение**

Беременность представляет собой физиологическое состояние, сопровождающееся выраженными гематологическими изменениями, на которые дополнительно могут влиять факторы окружающей среды, включая высоту проживания над уровнем моря и воздействие токсичных металлов (Burton et al., 2025, pp. 1–5; Kort et al., 2022, p. 584). Проживание в условиях высокогорья связано с развитием гипобарической гипоксии, приводящей к снижению доступности кислорода для тканей и активации компенсаторных механизмов, направленных на поддержание адекватного тканевого кислородного обеспечения. К таким механизмам относятся усиление эритропоэза и изменения обмена железа и микроэлементов (Gonzalez-Candia & Herrera, 2021, pp. 1–12; Liu et al., 2022, pp. 1821–1829). В типичных

hemoglobin levels (98.05 (9.85) vs. 120.35 (9.95) g/L;  $p<0.001$ ), MCV (86.67 (8.66) vs. 90.82 (3.20) fL;  $p=0.0396$ ), and serum ferritin concentrations (8.37 (2.04) vs. 12.58 (6.72) ng/mL;  $p=0.013$ ) than non-anemic women. The findings indicate a high prevalence of anemia among pregnant women in both Aidarken and Kara-Suu. In the low-altitude area, anemia was associated with decreased serum ferritin levels.

экени аныкталган. Изилдөөнүн жыйынтыктары Айдаркенде да, Кара-Сууда да кош бойлуу аялдардын арасында аз кандуулуктун жогорку таралышын көрсөттү. Төмөн тоолуу аймакта аз кандуулук сывороткалык ферритиндин төмөн деңгээли менен байланышкан.

**Ачкыч сөздөр:** кош бойлуу аялдар; анемия; гемоглобин; ферритин; кан сары суусундагы темир; гематологиялык көрсөткүчтөр; орто тоолуу аймак; төмөн тоолуу аймак; Кыргызстан.

**Keywords:** pregnant women; anemia; hemoglobin; ferritin; serum iron; hematological parameters; mid-altitude; lowaltitude; Kyrgyzstan.

условиях высокогорной адаптации наблюдается повышение концентрации гемоглобина, уровня гематокрита и количества эритроцитов. Однако физиологическая гемодилюция, характерная для беременности, может сглаживать эти изменения, что приводит к менее выраженным колебаниям показателей периферической крови, включая лейкоцитарную формулу и маркеры воспаления (Wilsterman & Cheviron, 2021, pp. 279–294). Микроэлементы, такие как железо, медь и селен, играют важную роль в транспорте кислорода, функционировании антиоксидантной системы и обеспечении активности многочисленных ферментов. Гипоксические условия высокогорья способны изменять процессы всасывания, распределения и метаболизма этих элементов, что может отражаться на состоянии материнского организма (Muckenthaler et al., 2020, pp. 920–925). В исследовании Турсуновой и соавт. были выявлены различия в содержании жизненно важных микроэлементов, включая железо, селен и медь, а также признаки воздействия токсичных металлов у беременных женщин, проживающих в районах ртутного загрязнения и контрольных территориях. Полученные данные свидетельствуют о взаимосвязи между экологическим воздействием и состоянием микроэлементного обмена во время беременности (Tursunova et al., 2025, p. 122204).

Несмотря на имеющиеся данные, информация о совместном влиянии проживания в условиях среднегорья и хронического воздействия металлов на гематологический статус беременных женщин остаётся ограниченной, особенно для уязвимых групп населения (Gonzalez-Candia & Herrera, 2021, pp. 1–12). Изучение этих взаимосвязей имеет важное значение, поскольку даже незначительные физиологические изменения могут служить ранними биомаркерами неблагоприятного воздействия факторов окружающей среды на здоровье матери и плода (Burton et al., 2025, pp. 1–5; Sun et al., 2025, pp. 1–8).

Анемия остаётся одной из наиболее значимых медико-социальных проблем как в мире, так и в Кыргызской Республике, затрагивая различные группы населения, включая женщин репродуктивного возраста и детей. Результаты национальных исследований микронутриентного статуса населения Кыргызстана свидетельствуют о том, что анемия и дефицит железа продолжают сохранять высокую распространённость. По данным последних обследований, примерно половина беременных женщин страдает анемией, а низкие показатели ферритина и дефицит железа широко распространены как среди детей, так и среди взрослых женщин (UNICEF Kyrgyzstan. (2022).

В низкогорных районах более существенную роль играют особенности питания, обеспеченность микроэлементами и социально-экономические условия. Несмотря на это, в Кыргызской Республике выполнено ограниченное число исследований, посвящённых сравнительному анализу гематологических показателей у населения, проживающего на различных высотах над уровнем моря (Vásquez-Velásquez et al., 2023, p. 6117).

Целью настоящего исследования явилось изучение гематологических характеристик беременных женщин, проживающих в условиях среднегорного региона, и их сравнение с показателями беременных женщин из низкогорной местности. Проведение данного исследования позволит расширить представления о влиянии факторов окружающей среды, адаптации к условиям среднегорья и физиологических изменений, связанных с

беременностью, на состояние системы крови и обменные процессы у женщин репродуктивного возраста.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование были включены 190 беременная женщина с одноплодной беременностью, проживающая на территории Кыргызской Республики и обследованная в период с 2020 по 2025 год. Участницы были распределены на две группы в зависимости от региона проживания. Основную группу составили 106 беременных женщин, постоянно проживающих в г. Айдаркен Баткенской области. Возраст обследованных варьировал от 19 до 45 лет. В группу сравнения вошли 84 беременных женщин в возрасте от 19 до 41 года, проживающих в Кара-Сууйском районе Ошской области. Рекрутирование беременных женщин проводилось на базе Центра семейной медицины Кара-Сууйского района и Центра общей врачебной практики г. Айдаркен.

Протокол исследования был рассмотрен и одобрен Комитетом по биомедицинской этике Ошского государственного университета (протокол № 04 от 16.09.2020 г.). Перед включением в исследование всем участницам была предоставлена подробная информация о целях и задачах работы, после чего получено добровольное письменное информированное согласие на участие. Все процедуры, связанные с забором и исследованием образцов крови человека, выполнялись в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Критериями включения являлись возраст от 19 до 45 лет, наличие физиологически протекающей беременности, благоприятный акушерско-гинекологический анамнез и отсутствие острых либо хронических заболеваний, включая сахарный диабет, артериальную гипертензию, сердечно-сосудистую и почечную патологию, а также постоянные жительницы на территории Кара-Сууйского района или города Айдаркен.

Для выполнения гематологического исследования дополнительно отбирали 3–4 мл венозной крови в аналогичные пробирки с ЭДТА. Гематологический анализ был проведен на автоматическом гематологическом анализаторе HT Micro CC-20 Plus (Россия) в лаборатории Медицинского центра Ошского Государственного Университета. Были определены гематологические параметры HGB (hemoglobin) - гемоглобин, HCT (haematocrit) -гематокрит, MCV (Mean Corpuscular Volume) — средний объём эритроцита, MCHC (Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration) — средняя концентрация гемоглобина в эритроците, RDW (Red Cell Distribution Width) — ширина распределения эритроцитов по объёму или коэффициент анизоцитоза эритроцитов.

Образцы материнской венозной крови собирали в пробирки Vacutainer® объемом 6 мл с активатором свертывания. После забора кровь осторожно перемешивали путем пятикратного переворачивания пробирки и оставляли для свертывания при комнатной температуре на 60–120 минут. Затем образцы центрифугировали при  $\leq 1300$  g в течение 10 минут при температуре

18–25 °С. Полученную сыворотку аккуратно отделяли от клеточного осадка, переносили в маркированные пробирки и сразу после забора замораживали и хранили при температуре –18 °С до транспортировки в аналитическую лабораторию Института Йозефа Стефанав в условиях сухого льда. Концентрацию железа (Fe) в образцах сыворотки крови определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и тройным квадрупольным анализатором (ICP-MS/MS, Agilent 8800 ICP-QQQ) после микроволнового разложения образцов.

Для определения концентраций ферритина кровь в объеме 4–6 мл собирали в вакуумные пробирки с разделительным гелем без добавления антикоагулянта (красная крышка). Уровень ферритина в сыворотке крови человека определен методом иммунохемилюминесцентного анализа *in vitro* с использованием полностью автоматизированного иммунохемилюминесцентного анализатора серии MAGLUMI ферритин (CLIA) на автоматическом анализаторе Snibe Diagnostic в лаборатории ОсОО «Интелмед» «Лаборатория Бонецкого».

Диагностика анемии осуществлялась на основании уровня гемоглобина с учётом гестационного срока в соответствии с критериями Всемирной организации здравоохранения. Анемия диагностировалась при концентрации гемоглобина менее 11,0 г/дл в I и III триместрах беременности и менее 10,5 г/дл во II триместре. По степени тяжести анемию классифицировали следующим образом: лёгкая анемия — уровень гемоглобина 10,0–11,0 г/дл в I и III триместрах и 10,0–10,5 г/дл во II триместре; умеренная анемия — содержание гемоглобина от 7,0 до 10,0 г/дл независимо от срока беременности; тяжёлая анемия — уровень гемоглобина менее 7,0 г/дл.

Статистический анализ полученных результатов проводили с использованием программного обеспечения STATA SE 12. Для описания исследуемой выборки рассчитывали средние значения, стандартные отклонения, минимальные и максимальные показатели, а также долю наблюдений, выраженную в процентах. Для характеристики лабораторных параметров использовали стандартные методы описательной статистики. Для оценки содержания показателей крови определяли средние арифметическое значение. Для сравнительного анализа количественных показателей, соответствующих нормальному распределению, применяли критерий Стьюдента (*ttest*). Статистически значимыми считались различия при уровне значимости  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### *Характеристика исследуемой популяции*

В таблице 1 представлен социально-демографическая характеристика обследуемых, где средний возраст участниц в обеих группах был сопоставим и составил  $28,6 \pm 5,2$  года в

основной группе и  $28,2 \pm 5,6$  года в контрольной группе, статистически значимых различий не выявлено ( $p=0,637$ ).

Уровень высоты проживания существенно различался между группами: женщины из зоны воздействия проживали на значительно большей высоте ( $1830 \pm 230$  м), тогда как в контрольной группе средняя высота составила  $892 \pm 227$  м, различие было статистически значимым ( $p < 0,001$ ).

Антропометрические показатели, включая рост, массу тела и индекс массы тела (ИМТ), не имели значимых различий между группами. Средний рост составил  $159,51 \pm 5,85$  см в основной группе и  $158,94 \pm 5,51$  см в контрольной ( $p=0,494$ ). Масса тела также была сопоставима —  $57,63 \pm 9,25$  кг против  $59,05 \pm 10,72$  кг ( $p=0,329$ ). Средний ИМТ составил  $22,67 \pm 3,66$  и  $23,33 \pm 4,12$  соответственно.

Распределение по категориям ИМТ в целом было схожим: большинство женщин обеих групп находились в пределах нормального веса, однако в контрольной группе несколько чаще отмечались случаи избыточной массы тела и ожирения, тогда как в основной группе преобладали женщины с нормальным ИМТ.

Количество родов (паритет) также не различалось статистически значимо между группами ( $p=0,8796$ ). В обеих выборках преобладали женщины с 1–3 родами, при этом доля первородящих была немного выше в контрольной группе.

Срок беременности на момент обследования был сопоставим между группами и в среднем составил  $31,38 \pm 3,15$  недели в основной группе и  $31,21 \pm 2,98$  недели в контрольной, различия статистически незначимы ( $p=0,7117$ ).

**Таблица 1. Социально-демографическая характеристика беременных женщин исследуемых групп.**

| Параметры           | Айдаркен (n=106) |               |           | Кара-Суу (n=85) |               |           | P*    |
|---------------------|------------------|---------------|-----------|-----------------|---------------|-----------|-------|
|                     | N(%)             | M(CO)         | Min-max   | N(%)            | M(CO)         | Minmax    |       |
| Возраст (лет)       |                  | 28.6 (5.2)    | 19-45     |                 | 28.2 (5.6)    | 19-41     | 0,637 |
|                     |                  |               |           |                 |               |           |       |
| Рост (см)           |                  | 159.51 (5.85) | 145-171   |                 | 158.94 (5.51) | 145-173   | 0.494 |
| Вес до беременности |                  | 57.63 (9.25)  | 35-84     |                 | 59.05 (10.72) | 43-110    | 0.329 |
| ИМТ до беременности |                  | 22.67(3.66)   | 14.5-34.7 |                 | 23.33 (4.12)  | 16.5 - 43 |       |
| >18.5               | 10 (9.43)        |               |           | 4 (4.71)        |               |           |       |
| 18.6-24.9           | 72 (67.92)       |               |           | 53 (62.35)      |               |           |       |
| 25-29.9             | 20 (18.87)       |               |           | 24 (28.24)      |               |           |       |
| 30.0-34.9           | 4 (3.77)         |               |           | 2 (2.35)        |               |           |       |

|                                              |            |                   |       |            |                  |       |                  |
|----------------------------------------------|------------|-------------------|-------|------------|------------------|-------|------------------|
| 35-39.9                                      |            |                   |       | 1 (1.18)   |                  |       |                  |
| <40                                          |            |                   |       | 1 (1.18)   |                  |       |                  |
| <b>Количество родов</b>                      |            |                   |       |            |                  |       | 0.8796           |
| 0                                            | 16 (15.09) |                   |       | 8 (9.41)   |                  |       |                  |
| 1                                            | 26 (24.53) |                   |       | 19 (22.35) |                  |       |                  |
| 2                                            | 25 (23.58) |                   |       | 31 (36.47) |                  |       |                  |
| ≥3                                           | 39 (36.79) |                   |       | 27 (31.76) |                  |       |                  |
| <b>Гестационный возраст (недели)</b>         |            | 31.38 (3.15)      | 27-38 |            | 31.21 (2.98)     | 28-38 | 0.7117           |
| <b>Высота местности над уровнем моря (м)</b> |            | <b>1830 (230)</b> |       |            | <b>892 (227)</b> |       | <b>&lt;0.001</b> |

N = количество участников; % = доля в процентах от общей группы; М (СО)- арифметическое среднее (стандартное отклонение); статистически значимые значения ( $p < 0,05$ ) выделены жирным шрифтом.

### **Показатели крови**

В таблицах 2 представлены результаты сравнительного анализа гематологических показателей и параметров обмена железа у беременных женщин в зависимости от высоты проживания и наличия анемии.

В основной группе, проживающие в городе Айдаркен ( $n = 106$ ), средний уровень гемоглобина составил 109.41 (17.04) г/л. У женщин с анемией ( $n=51$ ) отмечались значительно более низкие значения Hb (95.04 (10.22) г/л) по сравнению с неанемичными участницами ( $n=55$ ) (122.73 (9.59) г/л), различия были статистически значимыми ( $p < 0.000$ ). Похожие закономерности выявлены и для гематокрита: при среднем значении ( $n=10$ ) 30.81 (5.48)% у анемичных беременных он был существенно ниже по сравнению с неанемичными ( $n=30$ ) 38.19 (4.06)% ( $p < 0.000$ ). Средний объем эритроцитов (MCV) у анемичных женщин был ниже ( $n=10$ ) 82.81 (7.41) фл, чем у неанемичных ( $n=30$ ) 87.65 (11.14) фл, однако статистической значимости различие не достигло ( $p = 0.2091$ ). Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах (MCHC) у анемичных женщин составила ( $n=10$ ) 316.9 (21.24) г/дл, что было статистически значимо ниже по сравнению с неанемичными беременными ( $n=30$ ) 332.2 (12.80) г/дл ( $p = 0.0090$ ). Показатель RDW существенно не различался между подгруппами: у анемичных женщин он составил ( $n=10$ ) 12.35 (0.76)%, у неанемичных ( $n=30$ ) 12.41 (1.40)% ( $p = 0.893$ ). Средний уровень ферритина сыворотки у анемичных беременных составил ( $n=10$ ) 9.84 (4.09) нг/мл, тогда как у неанемичных ( $n=38$ ) 19.47 (24.53) нг/мл, однако различия не достигли статистической значимости ( $p = 0.185$ ). Концентрация сывороточного железа у анемичных женщин составила ( $n=12$ ) 558.02 (476.81) нг/г, а у неанемичных ( $n=37$ ) 909.29 (596.74) нг/г, различия также не были статистически значимыми ( $p = 0.070$ ).

В контрольной группе, проживающие в Кара-Суу ( $n = 84$ ), средний уровень гемоглобина составил 109.46 (14.92) г/л. У женщин с анемией ( $n=41$ ) уровень Hb составил 98.05 (9.85) г/л, что было статистически значимо ниже по сравнению с неанемичными участницами ( $n=43$ ) 120.35 (9.95) г/л ( $p < 0.000$ ). Средний показатель гематокрита у анемичных беременных составил ( $n=12$ ) 31.28 (1.71)%, тогда как у неанемичных ( $n=25$ ) 35.44 (7.69)%, однако различия не достигли статистической значимости ( $p = 0.075$ ). Средний объем эритроцитов (MCV) у анемичных женщин составил ( $n=12$ ) 86.67 (8.66) фл, что было статистически значимо ниже по сравнению с неанемичными ( $n=25$ ) 90.82 (3.20) фл ( $p = 0.0396$ ). Показатель MCHC у анемичных беременных составил ( $n=12$ ) 327.08 (12.82) г/дл, а у неанемичных ( $n=25$ ) 333.76 (12.82) г/дл, различия были статистически незначимыми ( $p = 0.138$ ). Значения RDW также не различались между подгруппами и составили ( $n=12$ ) 12.2 (0.99)% и ( $n=25$ ) 11.96 (0.98)% соответственно ( $p = 0.485$ ). Уровень ферритина сыворотки был статистически значимо ниже у анемичных женщин ( $n=18$ ) 8.37 (2.04) нг/мл по сравнению с неанемичными ( $n=31$ ) 12.58 (6.72) нг/мл ( $p = 0.013$ ). Концентрация сывороточного железа у анемичных беременных составила ( $n=17$ ) 741.47 (333.85) нг/г, тогда как у неанемичных ( $n=31$ ) 1061.05 (684.09) нг/г, однако различия не достигли статистической значимости ( $p = 0.078$ ).

В целом выявленные данные свидетельствуют о выраженных различиях гематологических показателей между анемичными и неанемичными беременными в обеих группах, при этом наиболее стабильные различия касаются гемоглобина и гематокрита, тогда как параметры обмена железа демонстрируют более вариабельный характер в зависимости от условий проживания.

**Таблица 2. Сравнительная характеристика гематологических показателей и параметров обмена железа у беременных женщин исследуемых групп.**

| Параметры       | Айдаркен                   |                            |       | Кара-Суу                    |                             |       | Айдаркен                     | КараСуу                     | P*    |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|-------|------------------------------|-----------------------------|-------|
|                 | Анемичная                  | Неанемичная                | P*    | Анемичная                   | Неанемичная                 | P*    | Всего                        | Всего                       |       |
| Hb г/л          | (n=51)<br>95.04<br>(10.22) | (n=55)<br>122.73<br>(9.59) | 0,000 | (n=41)<br>98.05<br>(9.85)   | (n=43)<br>120.35<br>(9.95)  | 0,000 | (n=106)<br>109.41<br>(17.04) | (n=84)<br>109.46<br>(14.92) | 0.980 |
| HCT, %          | (n=10)<br>30.81<br>(5.48)  | (n=30)<br>38.19<br>(4.06)  | 0,000 | (n=12)<br>31.28<br>(1.71)   | (n=25)<br>35.44 (7.69)      | 0,075 | (n=40)<br>36.35<br>(5.44)    | (n=37)<br>34.09<br>(6.65)   | 0.107 |
| MCV, фл         | (n=10)<br>82.81<br>(7.41)  | (n=30)<br>87.65<br>(11.14) | 0.209 | (n=12)<br>86.67<br>(8.66)   | (n=25)<br>90.82 (3.20)      | 0.039 | (n=40)<br>86.44<br>(10.46)   | (n=37)<br>89.47<br>(5.80)   | 0.124 |
| MCHC, г/дл      | (n=10)<br>316.9<br>(21.24) | (n=30)<br>332.2<br>(12.80) | 0.009 | (n=12)<br>327.08<br>(12.82) | (n=25)<br>333.76<br>(12.82) | 0.138 | (n=40)<br>328.38<br>(16.46)  | (n=37)<br>331.59<br>(12.76) | 0.343 |
| RDW, %          | (n=10)<br>12.35<br>(0.76)  | (n=30)<br>12.41<br>(1.40)  | 0.893 | (n=12)<br>12.2<br>(0.99)    | (n=25)<br>11.96 (0.98)      | 0.485 | (n=40)<br>12.39<br>(1.26)    | (n=37)<br>12.04<br>(0.98)   | 0.166 |
| Ферритин, нг/мл | (n=10)<br>9.84<br>(4.09)   | (n=38)<br>19.47<br>(24.53) | 0.185 | (n=18)<br>8.37<br>(2.04)    | (n=31)<br>12.58<br>(6.72)   | 0.013 | (n=50)<br>17.16<br>(21.80)   | (n=50)<br>11.12<br>(5.79)   | 0.061 |

|                         |                              |                              |       |                              |                               |       |                              |                             |       |
|-------------------------|------------------------------|------------------------------|-------|------------------------------|-------------------------------|-------|------------------------------|-----------------------------|-------|
| <b>Железо,<br/>нг/г</b> | (n=12)<br>558.02<br>(476.81) | (n=37)<br>909.29<br>(596.74) | 0.070 | (n=17)<br>741.47<br>(333.85) | (n=31)<br>1061.05<br>(684.09) | 0.078 | (n=50)<br>823.26<br>(585.21) | (n=49)<br>934.83<br>(601.1) | 0.354 |
|-------------------------|------------------------------|------------------------------|-------|------------------------------|-------------------------------|-------|------------------------------|-----------------------------|-------|

N = количество участников; статистически значимые значения ( $p < 0,05$ ) выделены жирным шрифтом.

На рисунках 1 и 2 представлено распределение беременных женщин по уровню ферритина в зависимости от наличия анемии в исследуемых группах.

В группе Айдаркена среди женщин с анемией преобладали лица со сниженным уровнем ферритина ( $<20$  нг/мл), доля которых составила 85 %, тогда как значения ферритина выше 20 нг/мл были зарегистрированы лишь у 15 % обследованных. Среди неанемичных беременных также отмечалась высокая распространенность сниженных запасов железа: концентрация ферритина менее 20 нг/мл выявлена у 80 % женщин, тогда как у 20 % уровень ферритина превышал 20 нг/мл. Следует отметить, что доля анемичных женщин в данной группе составила 66,98 %, а неанемичных — 33,02 %.

В группе Кара-Суу доля женщин с анемией и без анемии была сопоставимой и составила 48,81 % и 51,19 % соответственно. Среди всех беременных с анемией уровень ферритина был ниже 20 нг/мл, что наблюдалось в 100 % случаев. Женщин с анемией и концентрацией ферритина более 20 нг/мл выявлено не было. В группе без анемии сниженный уровень ферритина ( $<20$  нг/мл) также встречался достаточно часто и регистрировался у 90,32 % обследованных, тогда как только у 9,68 % женщин показатель ферритина превышал 20 нг/мл.

Полученные данные свидетельствуют о высокой распространенности истощения запасов железа среди беременных женщин независимо от наличия анемии. Вместе с тем наиболее выраженный дефицит железа наблюдался у женщин с анемией, особенно в группе Кара-Суу, где снижение уровня ферритина отмечалось у всех обследованных пациенток данной категории.

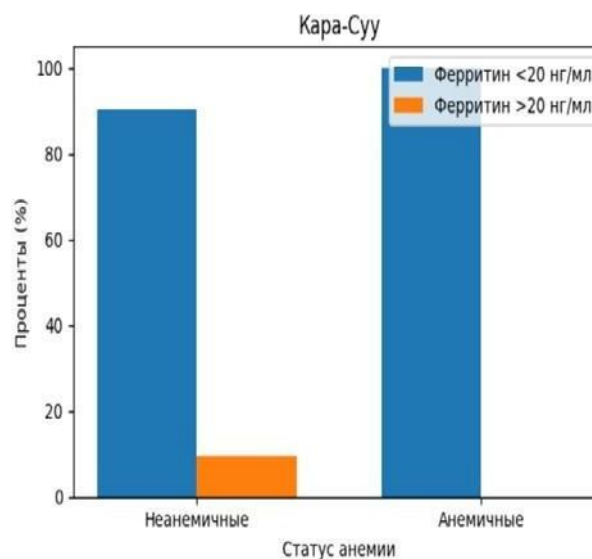
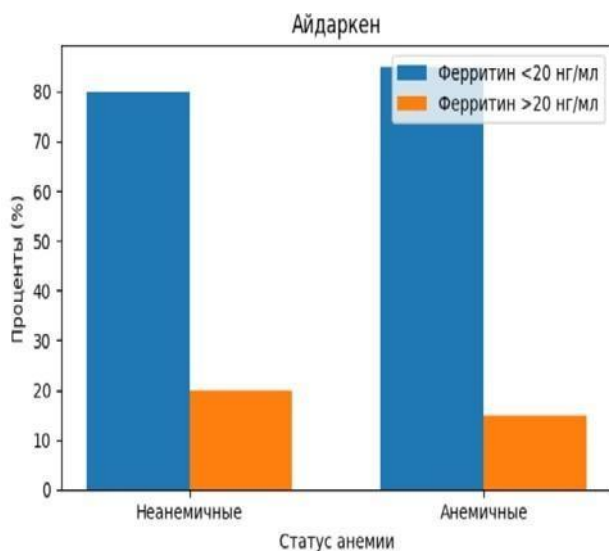


Рисунок 1. Распределение уровней ферритина в зависимости от наличия анемии среди беременных женщин, проживающих в г. Айдаркен.

Рисунок 2. Распределение уровней ферритина в зависимости от наличия анемии среди беременных женщин, проживающих в г. Кара-Суу.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют о высокой распространённости анемии среди беременных женщин как в среднегорном городе Айдаркен, так и в низкогорном районе КараСуу. Согласно данным Национального интегрированного исследования микронутриентного и антропометрического статуса населения Кыргызской Республики (NIMAS), около половины беременных женщин страны страдают анемией. (UNICEF Kyrgyzstan. (2022)).

Особый интерес представляет сравнение показателей обмена железа между группами. В Кара-Суу у беременных с анемией концентрация ферритина была статистически значимо ниже, чем у женщин без анемии, что свидетельствует об истощении запасов железа и подтверждает ведущую роль железодефицита в формировании анемического синдрома. Дополнительно у анемичных женщин наблюдалась тенденция к снижению уровня сывороточного железа.

В отличие от контрольной группы, в Айдаркене значимых различий по уровням ферритина и сывороточного железа между анемичными и неанемичными женщинами выявлено не было. При этом распространённость анемии в среднегорном регионе оказалась выше. Подобные результаты могут свидетельствовать о том, что формирование анемии в условиях среднегорья определяется не только обеспеченностью организма железом. Известно, что проживание на высоте сопровождается хроническим воздействием умеренной гипоксии, способной изменять процессы эритропоэза, метаболизм железа и адаптационные механизмы

кроветворения. Поэтому часть выявленных изменений может быть связана с физиологической адаптацией организма к условиям среднегорья.

(Muckenthaler et al., 2020, pp. 920–925; Alkhalidy et al., 2020, pp. 5018–5025)

Следует учитывать, что Айдаркен является регионом длительной добычи и переработки ртутных руд. Ранее проведённые экологические исследования указывали на повышенное содержание ртути в отдельных объектах окружающей среды данного региона. (NHRA, 2022). Вместе с тем полученные нами данные не позволяют напрямую связать выявленные изменения гематологических показателей с воздействием ртути, поскольку в рамках данного анализа не оценивалась зависимость между уровнем ртути в биологических средах и показателями обмена железа. Тем не менее нельзя исключить, что длительное проживание в условиях комплексного экологического воздействия может оказывать дополнительное влияние на состояние системы кроветворения и метаболизм микроэлементов. (Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2024)).

Анализ распределения уровня ферритина показал, что снижение запасов железа является широко распространённым явлением независимо от наличия анемии. В Айдаркене уровень ферритина менее 20 нг/мл был выявлен у 85 % женщин с анемией и у 80 % женщин без анемии. В Кара-Суу истощение запасов железа наблюдалось ещё чаще: у всех анемичных беременных и у 90,3 % женщин без анемии. Эти данные свидетельствуют о том, что латентный дефицит железа встречается значительно чаще, чем клинически выраженная анемия, и может предшествовать снижению уровня гемоглобина. (Hanif et al., 2026)).

Полученные результаты имеют важное практическое значение. Согласно данным ЮНИСЕФ и Министерства здравоохранения Кыргызской Республики, около 50 % беременных женщин в стране страдают анемией, а профилактика железодефицитных состояний остаётся одним из приоритетных направлений охраны материнского здоровья. Поэтому для регионов как среднегорья, так и низкогорья необходимы регулярный мониторинг показателей гемоглобина и ферритина, своевременная коррекция дефицита железа и совершенствование программ нутритивной поддержки беременных женщин. (UNICEF Kyrgyzstan. (2022)).

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Результаты исследования свидетельствуют о высокой распространённости анемии среди беременных женщин как в городе Айдаркен и как в г. Кара-Суу. Наличие анемии сопровождалось снижением концентрации гемоглобина, гематокрита и ряда эритроцитарных индексов по сравнению с женщинами без анемии. В условиях среднегорья показатели обмена железа существенно не различались между анемичными и неанемичными женщинами, что позволяет предположить участие дополнительных механизмов формирования анемии, связанных с адаптацией организма к хронической гипоксии. Напротив, в низкогорной группе анемия ассоциировалась со снижением уровня ферритина, таким образом, развитие анемии у беременных женщин определяется не только обеспеченностью организма железом, но и

влиянием факторов окружающей среды, включая высоту проживания. Полученные данные подчёркивают необходимость дифференцированного подхода к профилактике и диагностике анемии в различных регионах. Наряду с программами железосодержащей профилактики важное значение имеют мероприятия, направленные на улучшение питания, повышение информированности женщин и своевременный мониторинг показателей крови в период беременности.

### **Финансирование**

Данное исследование было поддержано Международным центром теоретической физики (ICTP) и Международным агентством по атомной энергии (IAEA) в рамках стипендиальной программы Sandwich Training Educational Program (STEP), Словенским агентством по исследованиям и инновациям (исследовательская программа P1-0143), а также получило финансирование по внутреннему гранту Ошского государственного университета.

### **Благодарности**

Авторы выражают искреннюю благодарность всем участникам исследования за предоставленное время и биологические образцы. Особую признательность авторы выражают профессору Петеру Стегнару (Prof. Peter Stegnar) и профессору Ингрид Фалнога (Prof. Ingrid Falnoga) за вклад в концептуализацию исследования и научное руководство. Авторы также благодарят доктора Дарью Мазей (Dr Darja Mazej) и доктора Марта Ягодич Худобивник (Dr Marta Jagodic Hudobivnik) из Отдела наук об окружающей среде Института имени Йожефа Стефана (Jožef Stefan Institute), Словения за проведение определения содержания железа в сыворотке крови. **Литература**

1. Burton, G. J., Moore, L. G., Giussani, D. A., & Murray, A. J. (2025). Pregnancy at high altitude: The challenge of hypoxia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 380(1933), 20240167.
2. Kort, S. A. R., Wickliffe, J., Shankar, A., Shafer, M., Hindori-Mohangoo, A. D., Covert, H. H., et al. (2022). The association between mercury and lead exposure and liver and kidney function in pregnant Surinamese women enrolled in the CCREOH study. *Toxics*, 10(10), 584. <https://doi.org/10.3390/toxics10100584>
3. Gonzalez-Candia, A., & Herrera, E. A. (2021). High altitude pregnancies and vascular dysfunction: Observations from Latin American studies. *Frontiers in Physiology*, 12, 786038. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.786038>
4. Liu, T., Zhang, M., Mourkus, A., Schroeder, H., Zhang, L., Power, G. G., et al. (2022). Chronic high-altitude hypoxia alters iron and nitric oxide homeostasis in fetal and maternal sheep blood and aorta. *Antioxidants*, 11(9), 1821. <https://doi.org/10.3390/antiox11091821>
5. Wilsterman, K., & Cheviron, Z. A. (2021). Fetal growth, high altitude, and evolutionary adaptation: A new perspective. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 321(3), R279–R294. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.2021>

6. Muckenthaler, M. U., Mairbäurl, H., & Gassmann, M. (2020). Iron metabolism in high-altitude residents. *Journal of Applied Physiology*, 129(4), 920–925. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00019.2020>
7. Tursunova, V., Tratnik, J. S., Tuhvatshin, R., Mazej, D., Muratov, Z., Azhimamatova, R., et al. (2025). Blood metal(loid)s, haemoglobin and goitre in pregnant women from mercuryexposed and non-exposed environment (Aidarken vs Kara-Suu, Kyrgyz Republic). *Environmental Research*, 284, 122204.
8. Sun, T., Zheng, Z., Yang, M., Pan, M., Tan, Q., Ma, Y., et al. (2025). Heavy metal exposure during pregnancy and its association with adverse birth outcomes. *GeoHealth*, 9(10), e2025GH001471.
9. UNICEF Kyrgyzstan. (2022). National integrated micronutrient and anthropometric survey in the Kyrgyz Republic (NIMAS).
10. Vásquez-Velásquez, C., Fernandez-Guzman, D., Quispe-Vicuña, C., et al. (2023). Evaluating diagnostic performance of hemoglobin in high-altitude populations. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(12), 6117. <https://doi.org/10.3390/ijerph20126117>
11. Alkhalidy, H. Y., Hadi, R. A., Alghamdi, K. A., et al. (2020). The pattern of iron deficiency with and without anemia among medical college girls in high altitude southern Saudi Arabia. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 9(9), 5018–5025. [https://doi.org/10.4103/jfmprc.jfmprc\\_730\\_20](https://doi.org/10.4103/jfmprc.jfmprc_730_20)
12. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2024). Toxicological profile for mercury. <https://www.atsdr.cdc.gov>
13. Hanif, N., Rout, P., & Anwer, F. (2026). Iron deficiency and microcytic hypochromic anemia. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
14. UNICEF Kyrgyzstan. (2022). Nutrition in Kyrgyzstan / national nutrition survey reports.
15. Kyrgyz Ministry of Health. Sanitary and Hygienic Laboratory of the Interdistrict Kadamjai Center for Disease Prevention and State Sanitary and Epidemiological Surveillance, Medecins Sans Frontiers, TerraGraphics International Foundation, 2022. Human Health Risk Assessment (HHRA) for Communities in Kadamjai Rayon, Batken Oblast, Kyrgyz Republic. [https://www.terragraphicsinternational.org/\\_files/ugd/f467ea\\_f265b08b32ac4c6b8644709528cecd8a.pdf](https://www.terragraphicsinternational.org/_files/ugd/f467ea_f265b08b32ac4c6b8644709528cecd8a.pdf)