

НЕКОТОРЫЕ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У ЖИТЕЛЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В РЕГИОНАХ УРАНОВЫХ ХВОСТОХРАНИЛИЩ

Гавазова С.Д.¹, Цопова И.А.², Токтосунов Т.А.¹, Макимбетов Э.К.²

¹Киргизский национальный университет, Бишкек;

²Киргизско-Российский Славянский университет, Бишкек, makimbetovemil@rambler.ru

В некоторых регионах Киргизской Республики сохранились зоны, где имеются урановые захоронения, или «хвостохранилища». Известно, что такие зоны являются экологически неблагоприятными и влияют негативно на здоровье человека. Система кроветворения является мишенью для ионизирующего излучения и страдает одной из первых среди различных органов и систем. Были изучены четыре относительно неблагоприятных региона Киргизии в экологическом плане, такие как Майлуу-Суу, Каджи-Сай, Ак-Тюз, Кара-Балта. В данных регионах страны имеются большие запасы урановых хвостохранилищ и соответственно радиоактивное загрязнение. Авторы изучили состояние периферической крови (количество гемоглобина, эритроцитов, тромбоцитов) и адренореактивности эритроцитов у 540 жителей, проживающих в непосредственной близости к урановым хвостохранилищам. В качестве контрольной группы были изучены соответствующие показатели крови у жителей, проживающих в относительно благополучных регионах страны (n=300). Выявлено статистически достоверное снижение некоторых показателей периферической крови, а также адренореактивности эритроцитов у здоровых жителей, проживающих в регионах с урановыми хвостохранилищами, по сравнению с лицами, не проживающими на данных территориях. Нарушения гемопоэза были обнаружены как у мужчин, так и у женщин, но несколько выраженные у лиц женского пола.

Ключевые слова: уран, хвостохранилища, показатели крови, адренореактивность эритроцитов.

SOME HEMATOLOGICAL INDICATORS IN RESIDENTS LIVING IN THE REGIONS OF URANIUM TAILINGS DUMPS

Gavazova S.D.¹, Tsopova I.A.², Toktosunov T.A.¹, Makimbetov E.K.²

¹Kyrgyz National University, Bishkek;

²Kyrgyz-Russian Slavic University, Bishkek, makimbetovemil@rambler.ru

In some regions of the Kyrgyz Republic, there are still areas where there are uranium burials or "tailings dumps". It is known that such zones are environmentally unfavorable and have a negative impact on human health. The hematopoietic system is a target for ionizing radiation and suffers from one of the first among various organs and systems. Four relatively unfavorable regions of Kyrgyzstan were studied, in ecological terms, such as Mailuu-Suu, Kaji-Sai, Ak-Tyuz, Kara-Balta. In these regions of the country there are large reserves of uranium tailings and, accordingly, radioactive contamination. The authors studied the state of peripheral blood (the amount of hemoglobin, red blood cells, platelets) and the adrenoreactivity of red blood cells in 540 residents living in close proximity to uranium tailings dumps. As a control group, the corresponding blood parameters were studied in residents living in relatively prosperous regions of the country (n=300). A statistically significant decrease in some indicators of peripheral blood, as well as the adrenoreactivity of red blood cells, was revealed in healthy residents living in regions with uranium tailings dumps, compared with people who do not live in these territories. Hematopoietic disorders were found in both men and women, but somewhat significant in women.

Keywords: uranium, tailings, blood parameters, erythrocyte adrenoreactivity.

Информационные белые пятна на проблеме урановых хвостохранилищ остались в наследие странам Центральной Азии (ЦА) от урановой промышленности Советского Союза. Эта тема всегда в официальных и экспертных кругах обсуждалась под грифом «Секретно», а население информацию об угрозах, рисках и реальном положении дел получало либо крайне дозированно, либо в виде слухов и домыслов. Сегодня в странах ЦА – Казахстане, Киргизии, Таджикистане, Узбекистане – на территории которых накоплено свыше 800 млн тонн отходов добычи и переработки радиоактивных руд, так и не сложилась эффективная система и

устойчивая практика информирования населения об этих проблемах. И по-прежнему нарушается одно из основополагающих прав граждан, закрепленное в Орхусской конвенции - право на доступ к информации. Низкая информированность о реальных угрозах приводит к тому, что жители территорий промышленной добычи и переработки урановых руд систематически подвергают себя риску радиоактивного заражения. Они вскрывают хвостохранилища, проникают в законсервированные урановые шахты и горные выработки, извлекают загрязненные металлы, электротехническую и кабельную продукцию, пасут скот на территориях хранилищ, материалы горных отвалов используют для строительных, хозяйственных и бытовых нужд [1; 2].

Существует угроза здоровью населения, живущего вблизи районов с высоким уровнем радиации. С активизацией в последнее время техногенных и природных катастрофических явлений, оползневых, селевых, эрозионных процессов угроза радиоактивного загрязнения окружающей среды существенно возрастает [3; 4]. По многим опасным территориям отсутствует элементарная информация о радиоактивности содержимого хвостохранилищ, не осуществляется мониторинг из-за отсутствия соответствующего оборудования. Многие хвостохранилища в Киргизии формировались в пределах населенных пунктов Майлуу-Суу, Мин-Куш, Шекафтар, Сумсар, Каджи-Сай, Ак-Тюз, Кара-Балта [5].

Общеизвестно неблагоприятное воздействие ионизирующей радиации на здоровье человека. При этом могут пострадать многие органы и системы человека. Не является исключением и кроветворная система, которая одной из первых начинает реагировать на радиацию. Конечной целью костномозгового кроветворения является поддержание в периферической крови постоянного уровня различных типов клеток крови (эритроцитов, гранулоцитов, тромбоцитов, лимфоцитов и др.). Все они имеют свою особую кинетику оборота, являются полуавтономными в своем устойчивом состоянии. Регулирующие механизмы зависят от пожизненного запаса зрелых клеток из пула стволовых клеток с неограниченным репликативным и плюрипотентным дифференцировочным потенциалом.

Важнейшим функциональным показателем эритроцитов является их адренореактивность (АРЭ), которая характеризует реакцию клеток на воздействие адреноактивных веществ. Такое воздействие может проявляться как в усилении функциональной активности и устойчивости эритроцитов, так и в снижении данных состояний. Эти сдвиги зависят не только от типа рецепторов и их чувствительности к действию адреналина, но также и от энергетических ресурсов самих клеток [6]. Поэтому адренореактивность эритроцитов все чаще используется как информативный показатель адренореактивности организма [7]. Особый интерес представляет определение данного показателя у лиц, которые могут испытывать определенные внешние воздействия, каким

может быть неблагоприятное влияние экологических факторов, в том числе радиоактивное загрязнение [8]. Фундаментальные экспериментальные и клинические исследования с использованием радионуклидов в различных метаболических формах показали, что последние могут воздействовать на функции кроветворения [9].

Цель исследования – изучить некоторые гематологические параметры у жителей регионов, проживающих рядом с урановыми «хвостохранилищами».

Материалы и методы исследования. Материалом исследования явились жители Киргизии (n=540), постоянно проживающие в условиях близости к хвостохранилищам, источникам радиационного загрязнения, без сопутствующей патологии. В качестве контроля явились здоровые лица (n=300), проживающие в регионах, не связанных с радиоактивным заражением, не имеющие патологии. Были изучены показатели периферической крови. Все этапы лабораторных исследований осуществлялись в соответствии с существующими приказами и рекомендациями Министерства здравоохранения Киргизской Республики по контролю качества лабораторных исследований.

Обследуемые в основной группе были разделены на четыре группы: 1-я группа – 174 уроженца пос. Каджисай; 2-я группа – 182 уроженца г. Кара-Балта; 3-я группа – 102 жителя пос. Ак-Тюз; 4-я группа – 82 жителя пос. Майли-Суу. В обследуемой популяции были представлены мужчины и женщины в возрасте от 25 до 68 лет. От всех было получено информационное согласие на участие в проводимом исследовании.

На автоматическом гематологическом анализаторе BC-5800, Mindray (Китай) исследовали показатели гемограммы: концентрацию гемоглобина (Hb), количество эритроцитов (RBC) и тромбоцитов (PLT), эритроцитарные индексы (ЭИ) - среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH - mean cell hemoglobin в норме), среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците (MCHC - mean cell hemoglobine concentration), средний объем эритроцита (MCV - mean cell volume). Адренореактивность эритроцитов (АРЭ) изучали путем оценки скорости оседания эритроцитов (СОЭ) под воздействием адреналина (концентрация 10^{-14} ммоль/л) с расчетом средней величины отклонений от исходного значения (патент РФ № 2471189). Статистическая обработка данных проводилась с подсчетом средних величин и ошибки средней $M \pm m$, сравнение результатов осуществлялось с помощью вычисления критерия Стьюдента. Различия считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. При сравнении показателей крови между мужчинами в изучаемых регионах были получены следующие результаты (табл. 1). Показатель гемоглобина у мужчин в 4 населенных пунктах статистически не различался между собой. Однако средние значения эритроцитов в пос. Майлы-Суу ($3,24 \pm 1,93 \times 10^{12}/л$) и Ак-Тюз ($4,12 \pm 0,16 \times 10^{12}/л$) отличались статистически достоверно ($p < 0,01$). При анализе и сравнении таких показателей, как

MCV, MCH, MCHC и тромбоциты, во всех населенных пунктах были отмечены значимые различия.

Таблица 1

Показатели красной крови у жителей регионов (мужчины),
расположенных в районах хвостохранилищ

Показатели (M±m)	г. Каджисай	г. Кара-Балта	пос. Ак-Тюз	пос. Майли-Суу	P	P ₁
НВ, г/л	144 ± 1,27	139 ± 1,16	127 ± 2,34	123 ± 3,19	>0,1	>0,1
RBC, x10 ¹² /л	4,77 ± 1,05	4,53 ± 1,43	4,12 ± 0,16	3,24 ± 1,93	>0,1	<0,01
MCV, фл N: 80 - 100	92,51 ± 0,82	86,36 ± 1,14	89,39 ± 1,12	81,45 ± 0,72	<0,01	<0,01
MCH, пг N: 25,4–34,6	31,62 ± 0,74	27,42 ± 0,21	29,54 ± 0,83	25,37 ± 1,26	<0,01	<0,01
MCHC, г /дл N: 30–38	35,75 ± 0,81	34,31 ± 1,41	33,51 ± 2,11	30,14 ± 1,24	>0,1	<0,1
PLT, x10 ⁹ /л	252,27 ± 11,2	329,23 ± 14,4	273,15 ± 14,4	312,46 ± 12,1	<0,01	<0,01

Примечание: p – достоверность различий показателей мужчин, проживающих в г. Каджисай и г. Кара-Балта;
p₁ – достоверность различий показателей мужчин, проживающих в пос. Ак-Тюз и пос. Майли-Суу.

При сравнении показателей крови между женщинами в изучаемых регионах были получены следующие результаты (табл. 2). Показатель гемоглобина у женщин, как и у мужчин, в населенных пунктах статистически не различался между собой. Однако средние значения эритроцитов в пос. Майли-Суу (3,05±1,93 x 10¹²/л) и Ак-Тюз (2,92±2,56 x 10¹²/л) отличались статистически достоверно (p < 0,01). При анализе и сравнении таких показателей, как MCV, MCH и тромбоциты, во всех населенных пунктах были отмечены значимые различия. Не было выявлено различий между городами Каджисай и Кара-Балта при анализе средней концентрации гемоглобина в эритроцитарной массе, что отражало степень насыщения эритроцита гемоглобином.

Таблица 2

Показатели красной крови у жителей регионов (женщины),
расположенных в районах урановых хвостохранилищ

Показатели (M±m)	г. Каджисай	г. Кара-Балта	пос. Ак-Тюз	пос. Майли-Суу	P	P ₁
НВ, г/л	127±1,61	121±2,11	97±3,80	103±2,31	>0,1	>0,1
RBC, x10 ¹² /л	3,49±1,21	4,12±1,43	2,92±2,56	3,05±1,93	>0,1	<0,01

MCV, фл N: 80 - 100	91,41±0,37	83,56±0,14	81,379±0,92	79,94±1,72	<0,01	<0,01
MCH, пг N: 25,4–34,6	27,68±1,54	25,48±2,19	20,27±2,73	22,32±1,45	<0,01	<0,01
MCHC, г /дл N: 30–38	30,54±0,89	31,45±2,68	30,38±2,83	30,04±1,57	>0,1	<0,1
PLT, x10 ⁹ /л	312,67±10,54	402,19±19,31	415,19±15,47	389,32±21,17	<0,01	<0,01

Примечание: p – достоверность различий показателей женщин, проживающих в г. Каджисай и г. Кара-Балта;
p₁ – достоверность различий показателей мужчин, проживающих в пос. Ак-Тюз и пос. Майли-Суу.

По сравнению с контролем, т.е. лицами, проживающими в относительно благополучных регионах и не связанными с радиоактивным загрязнением, у жителей в зонах, близких к хвостохранилищам, были обнаружены следующие изменения (табл. 3). В данной таблице представлены средние значения некоторых показателей крови в контроле и основной группе у мужчин. Средние значения гемоглобина в основной группе были равны $133,1 \pm 1,18$ г/л, тогда как в контрольной группе он был выше и равен $150,4 \pm 1,13$ г/л, что было статистически значимо ($p < 0,001$). Значения эритроцитов также различались в исследуемых группах, однако разность была статистически не значимой. По такому показателю, как MCV, который является одним из важнейших эритроцитарных индексов в анализируемых группах, были получены достоверные различия. Показатель MCV в целом находился в пределах нормы, но отмечалось его снижение (статистически достоверное) в основной группе, по сравнению с контролем. Это означало, что в основной группе был умеренный микроцитоз. Также нами выявлено, что MCH, который является уникальным эритроцитарным индексом общего анализа крови, был снижен у лиц, проживающих в экологически неблагополучных зонах. Такие же тенденции наблюдались при анализе MCHC и подсчете тромбоцитов.

Таблица 3

Средние значения некоторых показателей крови в контроле и основной группе у мужчин

Показатели	Основная группа	Контрольная группа	Критерий Стьюдента
Hb, г/л	$133,1 \pm 1,18^{**}$	$150,4 \pm 1,13$	t=10,41
RBC, x10 ¹² /л	$4,16 \pm 0,6$	$4,7 \pm 0,8$	t=0,35
MCV, фл N: 80 - 100	$87,42 \pm 0,79^{**}$	$92,51 \pm 0,84$	t=4,41
MCH, пг N: 25,4–34,6	$28,48 \pm 0,42^{**}$	$32,25 \pm 0,51$	t=5,71
MCHC, г /дл N: 30–38	$33,75 \pm 0,91^*$	$37,31 \pm 1,21$	t=2,35
PLT, x10 ⁹ /л	$291,37 \pm 11,20^*$	$339,23 \pm 12,38$	t=2,87

Примечание: * - $p < 0,05$, ** - $p < 0,001$.

Следовательно, практически все показатели крови, за исключением эритроцитов, в основной группе были статистически достоверно ниже, чем в контрольной группе.

При анализе средних значений некоторых показателей крови у женщин были показаны следующие особенности в основной и контрольной группах (табл. 4). Показатели гемоглобина, MCV, MCH и MCHC в основной группе были статистически достоверно ниже, чем в контрольной группе обследованных. При анализе эритроцитов и тромбоцитов у лиц женского пола различия были не достоверными.

Таблица 4

Средние значения некоторых показателей крови в контроле и основной группе у женщин

Показатели	Основная группа	Контрольная группа	Критерий Стьюдента
НВ, г/л	112,0 ± 1,23**	134,2 ± 1,18	t=12,80
RBC, ×10 ¹² /л	3,39 ± 0,8	3,91 ± 0,9	t=0,23
MCV, фл N: 80 - 100	84,07 ± 0,69**	89,67 ± 0,92	t=4,87
MCH, пг N:25,4–34,6	23,93 ± 0,34**	29,33 ± 0,73	t=7,71
MCHC, г /дл N: 30–38	30,60 ± 0,71*	34,22 ± 1,34	t=2,39
PLT, ×10 ⁹ /л	379,84 ± 14,70	344,78 ± 12,89	t=1,79

Примечание: * - p < 0,05, ** - p < 0,001.

В таблице 5 представлены данные о средних значениях адренореактивности эритроцитов у мужчин. Показано, что отмечались значительные различия между населенными пунктами Карабалты и Каджисай, а также между пос. Ак-Тюз и Майлу-Суу. Во всех населенных пунктах у мужчин наблюдался агрегационный тип адренореактивности красных кровяных телец, за исключением пос. Майлуу-Суу, где был выявлен антиагрегационный тип. Снижение адренореактивности эритроцитов в изученных регионах свидетельствовало о том, что в целом был снижен общий показатель адренореактивности организма.

Таблица 5

Адренореактивность эритроцитов у жителей (мужчины) регионов Киргизии, расположенных в районах хвостохранилищ

Показатели	г. Каджисай	г. Кара-Балта	пос. Ак-Тюз	пос. Майли-Суу
АРЭ, балл	-2,1 ± 0,35	- 4,7 ± 0,42*	-4,1±1,64	+1,5±3,15 **
АРЭ, тип	Агрегационный	Агрегационный	Агрегационный	Антиагрегационный

Примечание: * – p < 0,05, между г. Каджисай и г. Кара-Балта;

** - p < 0,05, пос. Ак-Тюз и пос. Майли-Суу.

В таблице 6 анализированы те же показатели, но у женщин. Изменения были аналогичными, которые обнаруживались у мужчин, но чаще обнаруживался

антиагрегационный тип адренореактивности эритроцитов. Последний тип адренореактивности эритроцитов наблюдался в трех населенных пунктах из четырех. Было выявлено, что у женщин чувствительность эритроцитов к действию адреналина может являться объективным критерием физической выносливости организма, которая была снижена у жителей, проживающих рядом с радиоактивными хвостохранилищами.

Таблица 6

Адренореактивность эритроцитов у жителей (женщины) регионов Киргизии, расположенных в районах хвостохранилищ

Показатели	г. Каджисай	г. Кара-Балта	пос. Ак-Тюз	пос. Майли-Суу
АРЭ, балл	-3,1 ± 0,35	- 1,7 ± 0,42*	-1,5±1,64	+1,1±3,15 **
АРЭ, тип	Агрегационный	Антиагрегационный	Антиагрегационный	Антиагрегационный

Примечание: * – $p < 0,05$, между г. Каджисай и г. Кара-Балта;
 ** - $p < 0,05$, пос. Ак-Тюз и пос. Майли-Суу.

Заключение. В Киргизии имеются территории, загрязненные радиоактивными отходами, которые были оставлены во времена хозяйственной деятельности Советского Союза. Они в настоящее время представляют угрозу для здоровья граждан. Анализ некоторых основных показателей крови показал, что функциональное состояние кроветворения страдает в неблагополучных регионах. Такие показатели, как гемоглобин, средние объемы эритроцитов и гемоглобина, а также концентрация гемоглобина, были статистически достоверно снижены, чем в контрольной группе. Количество тромбоцитов у лиц, проживающих вблизи зоны радиоактивных отходов, было ниже, чем в относительно благополучных регионах. Эти нарушения со стороны кроветворения были несколько более выраженными у женщин, чем у мужчин. Адренореактивность эритроцитов, которая используется как информативный показатель адренореактивности организма, была также снижена у жителей, проживающих на территориях, прилежащих к урановым хвостохранилищам. Это может привести к снижению общей резистентности к внешним и внутренним воздействиям и раздражителям, что впоследствии может способствовать развитию различных патологических состояний и заболеваний.

Список литературы

1. Урановые хвостохранилища в Центральной Азии: местные проблемы, региональные последствия, глобальное решение. Результаты региональной электронной дискуссии Сети

- CARNet, Женева. 2009. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.caa-network.org/wp-content/uploads/2015/04/UraniuTailings> (дата обращения: 11.05.2021).
2. Yin M., Zhou Y., Tsang D.C.W., Beiyuan J., Song L., She J., Wang J., Zhu L., Fang F., Wang L., Liu J., Liu Y., Song G., Chen D., Xiao T. Emergent thallium exposure from uranium mill tailings. *J. Hazard Mater.* 2021 Vol. 5. no. 407. P. 124402. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.124402.
 3. Santos-Francés F., Gil Pacheco E., Martínez-Graña A., Alonso Rojo P., Ávila Zarza C., García Sánchez A. Concentration of uranium in the soils of the west of Spain. *Environ Pollut.* 2018. Vol. 236. P. 1-11. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.01.038.
 4. Fliedner T.M., Graessle D., Paulsen C., Reimers K. Structure and function of bone marrow hemopoiesis: mechanisms of response to ionizing radiation exposure. *Cancer Biother Radiopharm.* 2002. Vol. 17 (4). P. 405-26. DOI: 10.1089/108497802760363204.
 5. Киргизская Республика. Окружающая среда. Бишкек. [Электронный ресурс]. URL: http://aarhus.kg/wp-content/uploads/2017/01/ND_2001_2003 (дата обращения: 11.05.2021).
 6. Rebrova T.Y., Afanasiev S.A., Ostrovik M.O. Age-dependent changes in adrenoactivity in experimental postinfarction atherosclerosis. *Adv Gerontol.* 2020. Vol. 33 (4). P. 729-734.
 7. Тупиневич Г.С., Шамратова В.Г. Адренореактивность эритроцитов как показатель физической выносливости организма // *Современные проблемы науки и образования.* 2018. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=28261> (дата обращения: 11.05.2021).
 8. Золотникова Г.П. Адаптация, здоровье человека в условиях радиационно-химического загрязнения окружающей среды: монография. Брянск: Ладомир, 2014. 215 с.
 9. Xun Y., Zhang X., Chaoliang C., Luo X., Zhang Y. Comprehensive Evaluation of Soil Near Uranium Tailings, Beishan City, China. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2018. Vol. 100 (6) P. 843-848. DOI: 10.1007/s00128-018-2330-8.