

УДК 574:539.163:539.1.04

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ
ФАКТОРОВ УРАНОВЫХ ХВОСТОХРАНИЛИЩ**

*Р.Р. Тухватшин, А.Р. Раимжанов, А.А. Исупова, Т.М. Топчубаева,
А.А. Казиева, Г.С. Аittoкурова*

Показано высокое содержание урана в различных водных источниках, растениях и тканях сельскохозяйственных животных в районах пгт Минкуш, Майлуу-Суу и Каджисай (Кыргызстан), расположенных вблизи урановых хвостохранилищ. Установлен факт замедления превращения ретикулоцита в зрелую клетку при накоплении урана в костном мозге. У взрослых жителей пгт Майлуу-Суу отмечается более значительное накопление урана в зубах, чем у их детей и жителей других регионов.

Ключевые слова: радионуклиды; костный мозг; зубы.

**ASSESSMENT OF IMPACTS ON HUMAN HEALTH
OF ECOLOGY FACTORS OF URANIUM POLLUTION**

*R.R. Tukhvatshin, A.R. Raimzhanov, A.A. Isupova, T.M. Topchubaeva,
A.A. Kazieva, G.S. Attokurova*

The paper determined the high uranium content in water sources, plants, and cattle tissues on territory of Minkush, Mayлуу-Suu, and Kadzhisay villages situated near uranium tailing dumps. Abnormality of reticulocyte maturation due to uranium accumulation in the bone marrow was observed. Adult inhabitants Myлуу-Suu demonstrated higher levels of uranium accumulation in teeth compared to the local children and inhabitants of other regions.

Keywords: radionuclide; marrow; teeth.

Актуальность. Проблемы радиозологии и радиобиологии для Кыргызской Республики имеют большое значение в 3-х аспектах – во-первых, в связи с соседством со странами, имеющими оружие массового поражения, во-вторых, широкое использование радиационных источников в лечении онкологических и др. заболеваний и, в-третьих, из-за наличия на территории республики радиоактивных хвостохранилищ и горнорудных урановых предприятий.

После прекращения деятельности горно-рудных комбинатов по добыче и переработке урана (1946–1970 гг.) Министерства машиностроения и Минцветмета бывшего Советского Союза на территории Кыргызстана в бесхозном состоянии оказались 35 из 49 образованных хвостохранилищ и 25 из 80 горных отвалов. В районе Майлуу-Суу находятся, соответственно, 23 и 13 объектов, где захоронено 1,9 млн м³ отработанной урановой руды. На сегодняшний день эти хвостохранилища занимают значительную территорию, расположенную с уклоном в 25–35°. Состояние девяти из них

по экологической и медицинской опасности отнесены к первой категории. На них в срочном порядке необходимо проводить инженерно-технические работы по реабилитации, разгрузке угрожающих оползней и укреплению существующих дамб с целью предотвращения смыва радиоактивных отходов в р. Майлуу-Суу, имеющую трансграничное значение для Узбекистана и Таджикистана. В случае аварийной ситуации огромные массы урановых отходов могут быть сброшены в реку и представлять угрозу здоровью не одному миллиону жителей Средней Азии. Анализ показывает, что в зоне экологической катастрофы может оказаться 26 тыс. человек, проживающих в Кыргызстане, более 2 млн человек – в Узбекистане, 900 тыс. – в Казахстане и 700 тыс. – в Таджикистане. Это следует учитывать в связи с тем, что загрязненные радионуклидами водотоки реки Майлуу-Суу протекают по Ферганской долине и соединяются с крупными реками Карадарья и Сырдарья.

Как известно, доза радиации при захоронении урановой пасты после переработки урановой руды

составляет от 30 до 100 тыс. мкР/час. Паста закладывалась между склонами гор, затем заделывалась бетонной подушкой, слоем песка, гравия и земли, толщиной 6–10 и более метров. Было установлено, что содержание урана в воде реки Майлуу-Суу превышает нормальный уровень в 2,5 раза (0,012 мг/л против 0,0050 мг/л) в водопроводной воде пгт Майлуу-Суу. В хвостохранилище № 3, расположенном недалеко от пгт Майлуу-Суу, концентрация урана в почве и грунте достигает порядка $(15-35) \times 10^{-6}$ г/г по всей территории, а на глубине 1 м – 35×10^{-6} г/г, т. е. в 35 раз выше, чем средние величины. Селевые потоки в казанном районе постоянно смывают и перемешивают грунт [1].

Влияние физико-географических (климатических) условий на химический состав природных вод проявляется в их горизонтальной гидрохимической зональности. При этом наблюдается постепенное повышение минерализации природных вод и изменение их химического состава с усилением сухости климата [2–4].

Цель данной работы заключалась в изучении движения урана по “пищевой цепочке” и его влияния на человека и животных, проживающих вблизи урановых хвостохранилищ.

Материал и методы исследования. В целях изучения ряда важных вопросов по влиянию ионизирующего излучения и радионуклидов на животные организмы был поставлен эксперимент на кроликах: I группа – контрольная, содержащаяся в чистой зоне г. Бишкека (10 голов); II группа – животные, разводимые в частных хозяйствах урановой провинции Каджисай Иссык-Кульской области (10 голов); III группа – опытные животные, получавшие корм с солями урана в течение 30 дней (10 голов) и содержащиеся на экспериментальной базе Института биотехнологии НАН КР.

Экспозиционная доза гамма-излучения в хозяйствах, где отбирались кролики, составляла 25–60 мкР/час, солей урана – 120 мкР/час, корма – 20–40 мкР/час.

Соль урана смешивалась с концентрированным кормом в следующих пропорциях: 1-я неделя – в пределах ПДК (из расчета 1,0 мг соли на 1 кг живой массы); 2-я неделя – 2,0 мг соли; 3-я неделя – 4,0 мг; 4-я неделя – 8,0 мг.

Концентрированный корм с солью урана давался опытному животному 2 раза в сутки (утром и вечером). В остальное время дня кроликам скармливали люцерновое сено и зеленый корм. В конце каждой недели взвешивали животных и определяли их клиническое состояние.

Исследовано содержание урана в зубах у жителей геохимической провинции Майлуу-Суу. В качестве объекта исследования зубы были

выбраны в связи с очень медленными обменными процессами, происходящими в них (10–20 лет). Изучали зубы детей до 12 лет и взрослых (105 человек). Последние были разделены на две группы: I группа – бывшие шахтеры, работавшие на урановом руднике (30 человек), II группа – жители проживающие в городе Майлуу-Суу в течение длительного времени (25 человек).

У детей (50 человек) исследовались молочные зубы, выпавшие самостоятельно, и зубы, удаленные по медицинским показаниям (кариес). У взрослых исследовались удаленные зубы в процессе лечения (кариес, пародонтоз).

Результаты и их обсуждение. Установлено, что концентрация урана в водах, проходящих выше хвостохранилища “Туюк-Суу” в районе пгт Минкуш (Кыргызстан) составляет $1,0-1,1 \times 10^{-5}$ г/л, тогда как содержание его в водах ниже хвостохранилища достигает $1,8-2,3 \times 10^{-5}$ г/л, что говорит о выщелачивании урана водами из грунта хвостохранилища. Повышенное содержание урана обнаружено в водопроводной воде пгт Минкуш ($4,0 \times 10^{-5}$ г/л), что, видимо, связано также с выщелачиванием урана из слагающих пород и почв местности. На севере Кыргызстана (п. Комсомольский) водопроводная вода имеет $1,3 \times 10^{-5}$ г/л, т. е. в 3 раза меньше.

Родниковые и артычные воды, проходящие по территории пгт Минкуш, несут в себе $3,3-3,5 \times 10^{-5}$ г/л урана. Эти же воды формируют водоток одноименной реки Мин-Куш, которая является притоком р. Коро-Мерен. Содержание урана в реке Коко-Мерен составляет $1,0 \times 10^{-5}$ г/л. Эти данные показывают, что в реке идет разбавление содержания урана почти в 3 раза.

Дальнейшая миграция урана происходит по следующей схеме: р. Коко-Мерен → р. Нарын → р. Сырдарья → Аральское море.

Таким образом, природные воды, проходящие по территории геохимической провинции Мин-Куш, в значительной степени обогащаются ураном и являются источником загрязнения окружающей среды, перенося его на значительные расстояния и достигая территорий Таджикистана, Узбекистана и Аральского моря. Питьевая вода самого поселка также содержит высокую концентрацию урана и является источником поступления его в организм животных и человека.

В пгт Майлуу-Суу (Кыргызстан) содержание урана в питьевой водопроводной воде – небольшое и составляет $0,5-0,43 \times 10^{-5}$ г/л или 0,005–0,043 мг/л, что значительно ниже ПДК (1 мг/л). Вода из р. Майлуу-Суу в 50 м от города имеет концентрацию урана $1,2 \times 10^{-5}$ г/л, а в 1 км – на порядок ниже – $0,11 \times 10^{-5}$ г/л. В стоке воды с хвостохранилища № 3 – высокая концентрация урана $1,1 \times 10^{-5}$ г/л,

а в грунтовой воде с хвостохранилища № 9 – $197,0 \times 10^{-5}$ г/л или в 2 раза выше ПДК.

По данным геологической разведки, под хвостохранилищем № 3 образовалось озеро, вода которого с радионуклидами также поступает в реку. Таким образом, поверхностные и грунтовые воды провинции в высокой степени обогащены ураном и являются источником загрязнения биосферы региона Майлуу-Суу и сопредельных территорий Узбекистана и Таджикистана, которые используют воды р. Майлуу-Суу для сельскохозяйственных и других целей.

Каджисайская геохимическая провинция расположена рядом с курортной зоной оз. Иссык-Куль, и содержание урана в воде здесь имеет важное экологическое значение.

Образцы воды отбирались непосредственно на хвостохранилище, на его стоках, в пансионате “Хан-Сарай”, а также по периметру на южном и северном берегах оз. Иссык-Куль и в 80 км от провинции. Содержание урана в водах хвостохранилища “Каджисай”, а также на южном берегу Иссык-Куля, примыкающего к провинции, на 1–2 порядка выше, чем на противоположном берегу озера. Если в воде северного берега оз. Иссык-Куль содержание урана небольшое и составляет порядка $0,3\text{--}4,94 \times 10^{-5}$ г/л, то в районе провинции “Каджи-Сай” этот показатель в 2–60 раз выше. Даже в водопроводной воде из скважины в пансионате “Хан-Сарай” обнаружено $11,7 \times 10^{-5}$ г/л урана. Для сравнения скажем, что водопроводная вода поселка Комсомольский Чуйской области, где расположена радиоэкологическая лаборатория, содержит урана $1,3 \times 10^{-5}$ г/л, или в 10 раз меньше. На основании этих данных можно заключить, что питьевая вода Каджисайской провинции в 10 раз богаче ураном, чем в Чуйской долине, а вода южного побережья Иссык-Куля насыщена ураном больше, чем северного побережья в 2,2–66,6 раза. Это говорит о том, что под действием грунтовых и поверхностных вод идет интенсивный процесс выщелачивания почвы хвостохранилища и перенос урана в оз. Иссык-Куль.

Концентрация урана в золе растений, отработанных на хвостохранилищах вблизи пгт Майлуу-Суу колеблется от 0,3 до $3,0 \times 10^{-4}$ г/г, т. е. на один порядок выше. Концентрация урана в сухом веществе растений составляет от 0,02 до $0,51 \times 10^{-6}$ г/г, а коэффициенты обогащения ураном, по сравнению с Кларком Курского заповедника – от 1,0 до 139,0 раз выше. В отдельных видах растений отмечается сравнительно высокое содержание урана. Так, в высших тканях лентоостника (*Tasniatherum crinitum*) содержится урана $2,29 \times 10^{-6}$ г/г, эгилопса (*Atgilops triuncialis*) – $2,27 \times 10^{-6}$ г/г, а наиболее низкое значение концентраций отмечено у розы кокандской (*Rosa*

cocanica) – $0,01 \times 10^{-6}$ г/г и у кизильника (*Cotonesaster suavis*) – $0,28 \times 10^{-6}$ г/г.

Сопоставляя содержание урана в организме различных пород скота, выращенных в этих условиях, можно отметить, что для овец свойственно более высокое накопление урана, чем для коров.

Анализ данных, по содержанию урана у животных разных геохимических провинций, проведенный Институтом биотехнологий АН КР показывает, что наибольшее его содержание свойственно для провинции Мин-Куш. Так, содержание урана в органах коров в Мин-Куше колеблется от 0,001 до 5,54 мг/кг в сырой массе, в провинции Майлуу-Суу эти показатели составляют 0,002–0,212 мг/кг, а в Каджисае – 0,002–0,537 мг/кг сырой массы.

Содержание урана в органах и тканях мелкого рогатого скота (ягненок) изменяется следующим образом: в Мин-Куше – от 0,005 до 2,44, в Майлуу-Суу – 0,03–0,107, в Каджисае – 0,001–0,048 мг/кг. Как видно, и мелкий рогатый скот содержит больше урана в Мин-Куше, чем в других провинциях республики.

Экспериментальные исследования показали, что в течение месяца у опытных животных (III группа) произошло значительное накопление урана в органах и тканях. Так, в мышцах, сырой массе, содержание урана было в 10 раз выше по сравнению с контролем, в органах эндокринной системы – в 3,3–12,3 раза, в выделительной системе – 3,9–10,9 раза. Содержание урана в органах и тканях II группы кроликов было выше контроля, но меньше, чем в III группе.

Установлено, что у животных, содержащихся в урановой провинции “Каджисай” (II гр.), при введении в корм соли урана (III гр.) наблюдаются изменения со стороны костного мозга. В частности, в костном мозге наблюдается достоверный рост эритробластов – самой молодой клетки в эритроцитопозе (таблица 1).

Для животных II группы характерно уменьшение количества клеток костного мозга, таких как пронормобласты, с одновременным увеличением количества нормоцитов с базофильной и полихроматофильной окраской.

Как известно, в нормальных условиях оксифильных нормоцитов содержится сравнительно мало, но в “новорожденном” эритроците всегда сохраняются остатки базофилии за счет небольшого количества РНК, которая исчезает в течение первых суток. Такой нормоцит, с остатками базофилии, называемый ретикулоцитом, превращается в зрелый эритроцит. Под действием радионуклидов у животных III группы усиливаются регенераторные процессы уже на уровне эритробласта, но в последующие две стадии, образование пронормобластов и нормоцитов базофильных (у части

Таблица 1 – Показатели костного мозга у кроликов, содержащихся в хозяйствах, расположенных вблизи урановых хвостохранилищ, % М ± m

Группа	Миело-бласты	Нейтро-филы	Юные	Палочко-ядерные	Сегменто-ядерные	Эозино-филы	Лимфоциты
I-контроль	0,8 ± 0,12	9,4 ± 1,4	8,9 ± 0,6	12,6 ± 1,7	14,2 ± 1,52	2,67 ± 0,67	18,3 ± 3,34
II	0,93 ± 0,06	8,36 ± 1,45	10,04 ± 1,8	12,04 ± 1,8	15,36 ± 1,4	1,68 ± 0,32	21,12 ± 3,1
III	0,85 ± 0,15	7,26 ± 1,1	8,49 ± 1,2	10,42 ± 1,3	10,23 ± 0,84*+	1,08 ± 0,23*+	19,32 ± 2,4

Группа	Моноциты	Эритро-бласты	Пронормо-бласты	Нормоци-ты базоф.	Нормоци-ты полихр. оксиф.	Костно-мозговой индекс	Лейко-эритробла-стич. отнош., ед.	Индекс созрева-ния, ед.
I (кон-троль)	0,75 ± 0,25	2,25 ± 0,25	5,7 ± 0,7	8,4 ± 0,9	16,3 ± 4,0	0,7 ± 0,08		0,53 ± 0,05
II	0,7 ± 0,3	1,64 ± 0,39	4,8 ± 1,02*	7,08 ± 1,02*	16,44 ± 1,9	0,67 ± 0,03	2,52 ± 0,52	0,55 ± 0,02
III	0,55 ± 0,05	3,28 ± 0,32*+	5,66 ± 0,6	11,19 ± 1,22*+	22,44 ± 1,36*+	0,74 ± 0,09	1,49 ± 0,17*+	0,54 ± 0,03

Примечание. * – P < 0,05 достоверно по отношению к контрольной группе; ± P < 0,05 достоверно по отношению ко II группе.

животных), замедляются. Характерное увеличение нормоцитов полихроматофильных (в том числе и во II группе), на наш взгляд, обусловлено нарушением превращения их на стадии ретикулоцитов в зрелую клетку крови – эритроцит. Следовательно, под влиянием радионуклидов происходит торможение созревания клеток костного мозга по мере их дифференцировки в зрелые клетки.

Под влиянием радионуклидов происходят изменения и со стороны белого ростка костного мозга. Так, соотношение процессов эритропоэза и лейкопоэза, судя по лейко-эритробластическому соотношению, снижается, особенно в III группе.

При обследовании жителей пгт Майлуу-Суу установлено, что содержание урана в молочных зубах у детей в сырой массе составляет $0,481 \times 10^{-6}$ г/г, а в золе $0,650 \times 10^{-4}$ %.

В зубах бывших шахтеров уранового комбината концентрация урана, в сырой массе, достигла $0,7684 \times 10^{-6}$ г/г, что оказалось на 59,8 % выше, чем в молочных зубах у детей. Содержание урана в золе составило $1,25 \times 10^{-4}$ %, что на 92,30 % выше, чем у детей.

У жителей, проживающих в пгт Майлуу-Суу, содержание урана в удаленных зубах в сырой массе также было высоким и составило $0,6876 \times 10^{-6}$ г/г, что на 42,9 % выше, чем в молочных зубах у детей, а в золе этот показатель был равен $1,00 \times 10^{-4}$ %, что на 53 % больше, чем в зубах у детей до 12 лет, но меньше чем у шахтеров.

Таким образом, у лиц, проживающих в геохимической провинции и, особенно, у шахтеров, ранее работавших на урановом комбинате,

происходит сравнительно высокое накопление урана в зубах, а значит и во всем организме.

Можно сделать общий вывод, что под влиянием климатических и техногенных факторов происходит выход урана из хвостохранилищ, загрязняя почву, воду, растения, попадая в организм животных и человека. На наш взгляд возникла проблема, когда надо не только рекультивировать урановые хвостохранилища, не только принимать профилактические меры по предупреждению попадания радиоактивных элементов в организм человека, но и начать мероприятия по элиминации этих элементов из организма у лиц, проживающих вблизи урановых хвостохранилищ.

Литература

1. Быковченко Ю.Г. Техногенное загрязнение ураном биосферы Кыргызстана / Ю.Г. Быковченко, Р.Р. Тухватшин и соавт. Бишкек, 2005. 169 с.
2. Комплексная программа действия по обеспечению реабилитации площадей хвостохранилищ и отвалов горных на трансграничных территориях стран ЦАЭС. Бишкек, 2003.
3. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды / под ред. А.Н. Мареев и А.С. Зыковой. М., 1980.
4. Бондаренко Т.И. Радиоактивность почвы и вынос радиоактивных изотопов урожаями сельскохозяйственных культур / Т.И. Бондаренко // Материалы 1-ой науч.-практ. конф. по применению изотопов и ионизирующих изменений в сельском хозяйстве. Кишинев, 1970.