

УДК 67.7-001.28-092.9

**ОСОБЕННОСТИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО НАКОПЛЕНИЯ ИНКОРПОРИРОВАННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ УРАНА В ТКАНЯХ ГЛАЗНОГО ЯБЛОКА У ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ В УСЛОВИЯХ БАРОКАМЕРНОЙ ГИПОКСИИ**

*Ч.Б. Джунушева*

Показаны особенности количественного накопления инкорпорированных радионуклидов урана в радиочувствительных тканях глазного яблока – оболочках и хрусталике у животных в условиях эксперимента.

*Ключевые слова:* глаз; радионуклиды урана; количественное накопление.

---

**ASPECTS OF QUANTITATIVE ACCUMULATION OF INCORPORATED URANIUM RADIONUCLIDES IN EYE BULB TISSUES OF EXPERIMENTAL ANIMALS UNDER CONDITIONS OF ALTITUDE CHAMBER HYPOXIA**

*Ch.B. Djunusheva*

The paper demonstrates aspects of quantitative accumulation of incorporated uranium radionuclides in radiosensitive tissues of eye bulb: in animals' periorbita and crystalline lens under experiment conditions.

*Keywords:* eye; uranium radionuclides; quantitative accumulation.

**Введение.** Изучая проблемы радиозологии и радиобиологии, необходимо отметить, что с момента разработки первых урановых месторождений и выхода урана и его “хвостов” на поверхность земли в Кыргызстане исполнилось 70 лет. Известно около 200 соединений урана, которые входят в состав гранитного слоя и осадочной оболочки земной коры [1, 2].

Так как Кыргызстан являлся важным звеном в работе военно-промышленного и топливно-энергетического комплексов, то после распада СССР в стране остаются заброшенными 49 урановых хвостохранилищ и 80 отвалов горных пород, содержащие радиоактивные элементы. Установлено, что вышеуказанные объекты являются источниками радиационного излучения (первоначальная общая мощность экспозиционной дозы  $\gamma$ -излучения каждого уранового хвостохранилища составляет от 30 до 100 тыс. мкР/час), которое отрицательно действуют на биосферу этих территорий [3–7]. Многие советские, а затем и кыргызстанские ученые – Е.И. Бакин, С.Б. Данияров, Р.Р. Тухватшин и др. – изучали и продолжают изучать негативное воздействие этих опасных физических загрязнителей окружающей среды на здоровье и качество жизни человека.

В правительственных и других официальных документах, касающихся данной проблемы, четко определена позиция страны: “Отходы золоторудных комбинатов и урановые хвостохранилища Кыргызстана могут превратиться из локальной угрозы в катастрофу регионального масштаба. Для Кыргызской Республики урановые хвостохранилища – один из долгосрочных приоритетов” [8]. Так как Кыргызстан – страна формирования гидро-ресурсов для среднеазиатских государств, то при чрезвычайных ситуациях возможно радиоактивное загрязнение речными потоками огромных территорий водорастворимыми соединениями урана (уранил-карбонатные комплексы), оказывающими негативное действие на жителей этих регионов. Активная сейсмичность территории Кыргызстана, оползневая и селевая опасность районов, где находятся хвостохранилища, представляют экологическую угрозу для всего Центральноазиатского региона. Если учесть, что в южных экологически загрязненных районах Кыргызстана проживает 26 тыс. человек, 700 тыс. – в Таджикистане, 900 тыс. – в Казахстане и более 2 млн – в Узбекистане, то последствия возможной экологической катастрофы могут иметь угрожающие размеры и трансграничный характер [4, 7].

Установлено, что население геохимических провинций Каджи-Сай и Мин-Куш, Ак-Тюз и Майлуу-Суу проживает в диапазоне постоянного воздействия отходов уранового производства без необходимой санитарно-защитной зоны в 3 км [9]. Находясь в окружающей среде в непосредственной близости от человека, радионуклиды длительно воздействуют внешним облучением и, продвигаясь по трофическим цепям и попадая в организм, облучают его изнутри. В каждом следующем звене трофической цепи (вода – почва – растение – животное – человек) создается многократно более высокая концентрация радиоактивного загрязнителя по принципу биологического усиления [4, 10].

Учитывая постоянное инкорпорирование малых доз радиоактивных излучателей в организм жителей геохимических провинций, можно предположить, что в тканях происходит аккумуляция радионуклидов урана и их дальнейшее внутреннее облучение, что подтверждается и другими исследователями. Установлено, что любое превышение поглощенной дозы радиации над привычной фоновой дозой ведет к накоплению продуктов тканевого распада и развитию лучевого склероза. Так как биологическое действие радиоактивных излучений характеризуется ионизацией атомов и молекул организма, то в результате происходит разрыв обычных молекулярных связей и изменение химической структуры различных соединений [11–15].

Все вышеперечисленное, в свою очередь, ведет к нарушению нормальных биохимических процессов обмена веществ в живых клетках организма и, как следствие, – к нарушению его функций. Так, если изучать орган зрения, можно сделать предположение о возможной аккумуляции, депонировании и дальнейшем внутреннем облучении инкорпорированными радионуклидами урана тканей глазного яблока, что, с учетом особенностей в питании и делении волокон хрусталика, отражается на функциональном состоянии органа зрения.

Все вышеперечисленное определило цель нашего исследования, так как данных о состоянии органа зрения у лиц, проживающих вблизи урановых хвостохранилищ, недостаточно.

Целью данной работы является анализ количественного накопления радионуклидов урана в оболочках и хрусталике глаз у экспериментальных животных при длительном поступлении в условиях барокамерной гипоксии.

**Материал и методы исследования.** В качестве экспериментальных животных были использованы белые беспородные крысы массой 150–200 граммов. Животные были разделены на 4 группы.

1-я группа – контрольная, 8 крыс;

2-я группа – опытная, 8 крысам подкожно вводили 0,5%-ный раствор соли урана из расчета 10 мл/кг массы тела;

3-я группа – опытная, 8 крыс. Кислородное голодание воспроизводилось в барокамере, где животные “поднимались” на высоту 6000 м над ур. моря по 6 часов в день в течение 6 дней;

4-я группа – опытная, 8 крыс. Комбинированное действие гипоксии и радионуклидов. Животным подкожно вводили 0,5%-ный раствор соли урана из расчета 10 мл/кг массы тела и в климатической барокамере “поднимали” на высоту 6000 м над ур. моря по 6 часов в день в течение 6 дней.

Животных забивали под нембуталовым наркозом в соответствии с этическими нормами, декапитировали, извлекали глазные яблоки и фиксировали их в 15%-ном растворе формалина. Затем были отделены хрусталики от оболочек глазных яблок.

Биологические объекты (хрусталики и оболочки глазных яблок отдельно друг от друга) подвергались озолению при температуре 300 °С, (уран, имеющийся в биологическом объекте при таких условиях не испаряется, а остается в золе). Получившуюся золу подвергали обработке кислотами для перевода урана в растворимое состояние. Далее при проведении испытаний использовалась методика по ГОСТ 18921-72, которая основана на свойстве растворенного урана переходить в растворимое, окрашенное в синий цвет, соединение с арсеназо III при pH от 1,0 до 3,0. Арсеназо III-2,7-бис-((2-арсонофенил)азо)-1,8-дигидрокси-3,6-нафталиндисульфокислота – темно-красное аморфное вещество, водорастворимое – реагент для фотометрического определения урана [16]. Интенсивность окраски прямо пропорциональна количеству урана в растворе. Интенсивность окраски измерялась на фотоэлектрокалориметре КФК-2МП (Государственное агентство по геологии и минеральным ресурсам при Правительстве КР. Центральная лаборатория).

Полученный фактический материал подвергли компьютерной обработке с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel с расчетом критерия Стьюдента.

**Результаты и обсуждение.** Оценка полученных результатов лабораторных исследований на предмет количественного содержания инкорпорированных радионуклидов урана в оболочках и хрусталиках органа зрения экспериментальных животных в условиях барокамерной гипоксии показала, что при подкожном введении соли урана происходят аккумуляция и депонирование радиоактивных элементов в тканях глазного яблока.

На представленных гистограммах видно, что количество аккумулярованных радионуклидов урана во 2-й и 4-й группах в два раза больше, чем в 1-й и 3-й группах (рисунки 1, 2).

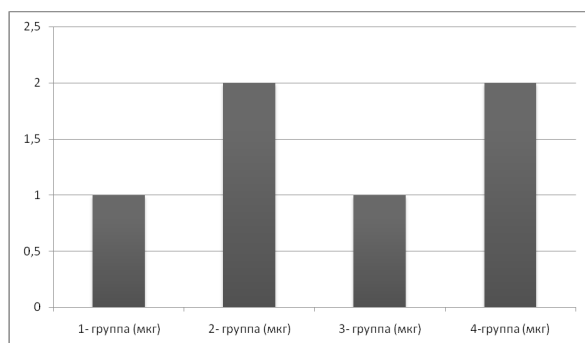


Рисунок 1 – Содержание радионуклидов урана в тканях хрусталика (мкг)

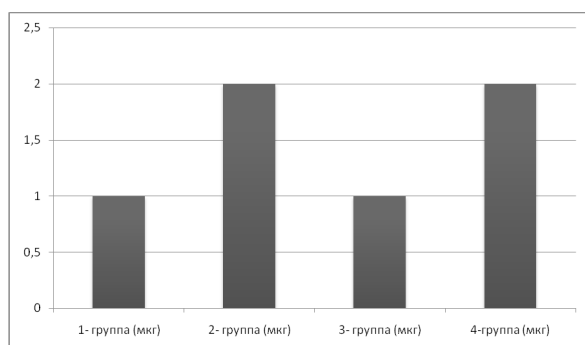


Рисунок 2 – Содержание радионуклидов урана в тканях оболочек глазного яблока (мкг)

Анализ представленных гистограмм показывает, что поступившие в процессе эксперимента радионуклиды урана аккумулируются в тканях органа зрения подопытных животных, подтверждая теорию накопления, и негативно воздействуют на организм посредством внутреннего облучения. Можно предположить, что в тканях лиц, проживающих вблизи урановых “хвостохранилищ”, происходят аналогичные процессы поступления и депонирования радионуклидов урана. Возможно, что радиоактивные вещества могут надолго задерживаться в местах их первичного депонирования в организме и могут являться источником длительного внутреннего локального облучения.

Таким образом, в искусственно созданной модели геохимической провинции результаты проведенных лабораторных исследований показали, что происходит процесс аккумуляции радионуклидов урана в органе зрения у экспериментальных животных. В опытных группах цифровые показатели аккумуляции радионуклидов урана в два раза больше, чем в контрольной группе. Следовательно, можно предположить, что инкорпорированные и депонированные излучатели оказывают негативное воздействие на живые ткани. Длительное хроническое воздействие радиации на орган

зрения приводит к поступлению и аккумуляции радиоактивных элементов в его тканях. Накапливаются продукты тканевого распада и свободные радикалы, развивается лучевой склероз в тканях радиочувствительных органов.

Результатом всех этих процессов становится снижение прозрачности хрусталика и ухудшение его оптических светопроводящих свойств. Доказано, что риск радиационной опасности связан с уровнем присутствия радионуклидов урана в экологической системе геохимических провинций Кыргызстана и влияние малых доз ионизирующей радиации выявить и трактовать сложно, так как эффект может проявиться через много лет. Современные сведения о механизме формирования катаракты указывают на то, что понятие пороговой дозы радиации, характерное для радионуклидов, вероятно, неприменимо для индукции катаракты, поэтому общеизвестно, что радиационная катаракта была первым из отдаленных радиационных эффектов, обнаруженным среди выживших после атомных бомбардировок в Японии [10, 11, 13, 14, 17, 18].

#### Литература

1. *Карпачев Б.М.* Радиационно-экологические исследования в Кыргызстане / Б.М. Карпачев, С.В. Менг. Бишкек, 2000. 100 с.
2. *Матыев Э.С.* Роль химических элементов и их соединений в экологии, биологии и медицине / Э.С. Матыев, Ж.А. Аденов, С.С. Касымова. Бишкек, 2002. 208 с.
3. *Алешин Ю.Г.* Радиационная экология Майлуу-Суу / Ю.Г. Алешин, И.А. Торгоев, В.А. Лосев; НИЦ “Геоприбор”. Бишкек: Илим, 2000. 96 с.
4. *Быковченко Ю.Г.* Техногенное загрязнение ураном биосферы Кыргызстана / Ю.Г. Быковченко, Э.И. Быкова, Т. Белеков и др. Бишкек: Изд-во АО “Алтын-Тамга”, 2005. 186 с.
5. *Гусев Н.Г.* Радиоактивные выбросы в биосферу: справочник / Н.Г. Гусев, В.А. Беляев. М.: Энергоатомиздат, 1991. 128 с.
6. *Торгоев И.А.* Экология горнопромышленного комплекса Кыргызстана / И.А. Торгоев, Ю.Г. Алешин. Бишкек: Илим, 2009. 239 с.
7. Материалы электронной дискуссии “Урановые хвостохранилища: местные проблемы, региональные последствия, глобальные решения”. Бишкек, 2009. URL: <http://uranium.carnet.kg/>
8. Материалы международной конференции “Урановые хвостохранилища в Центральной Азии: Совместные усилия по снижению рисков”. Бишкек, 24 октября 2012 г. URL: [http://rus.ruvr.ru/2012\\_10\\_26/Uranovie-hvostohranilishha-v-Kirgizii-mina-zamedlennogo-dejstvija/](http://rus.ruvr.ru/2012_10_26/Uranovie-hvostohranilishha-v-Kirgizii-mina-zamedlennogo-dejstvija/)

9. *Нарметов Э.Н.* Проблемы экологической напряженности в Ферганской долине / Э.Н. Нарметов, Р.И. Гольдштейн; Международный фонд экологии и здоровья "Эксон". Ташкент, 1996. 23–28 с.
10. *Тухватшин Р.Р.* Актовая речь на заседании Ученого совета КГМА им. И.К. Ахунбаева, 6 мая 2011 года / Р.Р. Тухватшин. Бишкек: Алтын-принт, 2011. 110 с.
11. *Деев А.И.* Факторы и механизмы старения хрусталика / А.И. Деев; РГМУ им. Н. Пирогова // VI съезд по радиационным исследованиям: тезисы докладов. Т. I. Москва, 25–28 октября 2010 г. М.: РУДН, 2010. 267 с.
12. Распределение радиоактивных веществ в организме. Накопление радиоактивных веществ. URL: <http://meduniver.com/Medical/gistologia/842.html>.
13. *Пшеничников Б.В.* Лучевое поражение и малые дозы / Б.В. Пшеничников // Ойкумена. 1993. № 2. С. 84–93.
14. *Пшеничников Б.В.* Малые дозы радиоактивного облучения и лучевой склероз / Б.В. Пшеничников. Киев: Издательский Дом "Соборна Україна", 1996. 40 с.
15. Внутреннее облучение: технический словарь. Т. II. URL: <http://www.Ai08.org/index.Php/term/,xhtml>.
16. Химический энциклопедический словарь / под ред. И.Л. Кнунянц. М.: Советская энциклопедия, 1983. 56 с. URL: [http://www.chemport.ru/chemical\\_substance\\_2862.html](http://www.chemport.ru/chemical_substance_2862.html)
17. *Микрюкова Л.Д.* Состояние органа зрения у лиц, подвергшихся радиационному воздействию: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.08. / Л.Д. Микрюкова. Челябинск, 2006. 136 с.
18. *Minamoto A.* Cataract in atomic bomb survivors / A. Minamoto, H. Taniguchi, N. Yoshitani et al. // Int. J. Radiat. Biol. 2004. P. 1–7.