

## ДИСБАЛАНС МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОРГАНИЗМЕ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ РАДИАЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Экстремальные техногенные и природные факторы среды оказывают значительные воздействия на биологические реакции организмов. При этом организация биоэкологического мониторинга позволяет проведение более точных оценок воздействия на живые организмы в определенных техногенных провинциях. Среди веществ антропогенного фактора, отрицательно влияющих на организмы, на территориях, прилегающих к экспериментальным площадкам бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП) ведущая роль принадлежит продуктам ядерных взрывов (ПЯВ) – радионуклидам. Ранее были представлены результаты исследований о радионуклидной загрязненности почвенно-растительного покрова, организма животных такими биологически токсичными радиоактивными элементами, как  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  [1–3]. Известно, что инкорпорированные в организм животных радионуклиды также оказывают косвенное воздействие на минеральный обмен веществ на уровне тканевого и клеточного метаболизма [4–7]. В этих исследованиях показан общий механизм дисбаланса взаимодействия химических элементов в организме. В модельных экспериментах в лабораторных условиях эти процессы изучены довольно полно.

Концентрация того или иного химического элемента в определенной части тела, как правило, отражает его значимость для функционирования органа или ткани. Актуальность данной работы продиктована необходимостью изучения общих закономерностей изменения минерального обмена веществ в организме животных, подвергнутых длительному облучению в условиях современной радиоэкологической ситуации на территории СИП. Целью работы явилась оценка содержания жизненно необходимых элементов в организме животных, постоянно выпасающихся на территориях агроэкосистем в регионе Семипалатинского полигона. В основные задачи исследования входило определение концентрации таких макроэлементов, как кальций, фосфор, цинк и железо. Материалом исследования служили пробы крови крупного рогатого скота, принадлежащего фермерским хозяйствам сельского

округа Долонь, расположенного в восточной части полигона. Пробы для анализа отбирали в первой декаде октября в конце пастбищного периода у 20 голов лактирующих животных. Подготовка пробы состояла в высушивании 1 мл крови в специальных кюветах при температуре не более 200 °С во избежание возгонки элементов. Анализы проводили в двух повторностях. Для проведения элементного анализа использовали рентгено-флуоресцентный (РФА) метод на анализаторе Spectroscan.

**Результаты и их обсуждение.** Широкомасштабные исследования процессов метаболизма в организме животных при хроническом влиянии радионуклидов развернулись после аварии на ЧАЭС. Установлено, что радионуклиды, являясь химическими аналогами некоторых минеральных веществ, изменяют гомеостаз организмов. В результате такого дисбаланса минеральных

веществ элементы могут взаимодействовать как между собой, так и с другими элементами. Это взаимное влияние типа синергизма или антагонизма осуществляется в самой пище, пищеварительном канале, а также в процессе тканевого и клеточного метаболизма [8, 9]. В настоящее время существует мнение, что живые организмы существенно более толерантны к изменению содержания во внешней или внутренней средах микро- и особенно ультрамикроразноэлементов и исключительно чувствительны к изменению макроэлементов. Причем оказалось, что толерантность уменьшается с увеличением степени организованности живых систем, т. е. млекопитающие более чувствительны к дисбалансам элементов, чем остальные «нижестоящие» по уровню организации представители живого мира и особенно низшие организмы. Особенности сдвига таких жизненно важных элементов, как кальций и фосфор показаны в табл. 1.

Таблица 1. Результаты анализов содержания кальция и фосфора в крови крупного рогатого скота

Элемент	ПДК в крови, мг/л	Количество исследований	Содержание в норме	%
Ca	90–100	469	180	38,9
P	112–130	281	56	20,0

Результаты анализов, приведенных в табл. 1, ярко демонстрируют значимые отклонения обменных процессов в организме исследуемых животных. Нормальное содержание Ca зарегистрировано только у 38,9 % животных, а фосфора в норме – только у 20 % животных.

Кальций является важной составляющей частью организма, его общее содержание составляет 1,4 %. В организме он распределяется неравномерно: около 99 % его количества приходится на костную ткань и 1% содержится в плазме крови и мягких тканях. Главная функция кальция в организме – организация жестких конструкций, обеспечение прочности скелета, ногтей, зубов. Катионы  $Ca^{2+}$ , входящие в состав плазмы крови и тканевых жидкостей, участвуют в поддержании ионного равновесия, осмотического давления в жидкостях организма, а также в регуляции сердечных сокращений и свертываемости крови. Являясь химическим аналогом кальция, радиоактивный стронций конкурирует с ним на

всех этапах метаболизма. Ранее нами проведена оценка содержания  $^{90}Sr$  в организме у этих животных и установлено, что  $^{90}Sr$  локализован во всех жизненно важных органах, а основным депо являются кости [3]. Это свидетельствует о значительном недостатке Ca как в организме животных, так и в кормовой растительности, следовательно, и в почвах.

Фосфор находится в биосредах в виде фосфат-иона, который входит в состав неорганических компонентов и органических биомолекул. Фосфор присутствует во всех тканях, входит в состав белков, нуклеиновых кислот, нуклеотидов, фосфолипидов. Соединения фосфора АДФ и АТФ являются универсальным источником энергии для всех живых клеток. Значительная часть энергии, образующаяся при распаде углеводов и других соединений, аккумулируется в богатых энергией органических соединениях фосфорной кислоты. Растворимые соли фосфорной кислоты формируют фосфатную буферную систему, ответственную за постоянство кислотно-щелочного равновесия внутриклеточной жидкости. Труднорастворимые соли фосфорной кислоты составляют минеральную основу костной и зубной ткани. Фосфор играет важную роль в деятельности головного мозга, сердца, мышечной ткани. Несомненно, наличие  $^{90}Sr$  в этих органах вносит определенные изменения в физиолого-биохимические процессы организма животных.

Цинк требуется для синтеза белков, принимает участие в процессах деления и дифференцировки клеток, формирования Т-клеточного иммунитета, функционировании десятков ферментов, половых гормонов, всасывании витамина Е.

Железо входит в состав гемоглобина, миоглобина, цитохромов. Как известно, основной функцией железа является перенос кислорода и участие в окислительных процессах. Большая часть железа находится в эритроцитах и клетках мозга. Железо играет важную роль в процессах выделения энергии, в ферментативных реакциях, в обеспечении иммунных функций, в метаболизме холестерина.

Эти элементы нами определялись рентгенофлуоресцентным методом. Результаты рентгенофлуоресцентной спектроскопии представлены в табл. 2.

Результаты исследований показывают, что в организме исследуемых животных наблюдается

Таблица 2. Концентрации Zn и Fe в организме крупного рогатого скота, мг/кг

№	Элемент	ПДК	Фактическое содержание	Превышение
1	Цинк	17–20	35–37	2 раза
2	Железо	180	447–490	2,5–3 раза

превышение элементов Zn и Fe в среднем в 2–3 раза. Можно предположить, что эти элементы находятся в другой форме и не могут быть полностью усвоены в организме. Для полноценного выполнения своей функции в метаболических процессах Fe должно находиться в организме в форме ионов трехвалентного железа.

Таким образом, нами представлены результаты экологического мониторинга биологически важных, жизненно необходимых элементов в организме крупного рогатого скота, подвергающихся длительному хроническому воздействию радиации в регионе проведения многолетних ядерных испытаний. Оценка элементного состава в организме животных показала, что в современных экологических условиях животные не получают достаточное количество минеральных веществ из различных видов кормов, а поступившие элементы не могут усвоиться в организме полноценно в виду нарушения обменных процессов и, возможно, в виду хронического облучения органов и дестабилизации их функций. Результаты представленных лабораторных анализов могут быть положены в основу реабилитационных мероприятий для оздоровления исследуемого поголовья животных. Определение биологических эффектов комплексного воздействия минеральных веществ и радионуклидов требует дальнейших исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Айдарханова Г.С. Загрязнение хозяйственно-ценных растений биологически токсичными радионуклидами // Радионуклидное загрязнение территории СИП: Материалы научно-практической конф. по проекту МНТЦ К-053. Алматы, 1999. С. 99-102.
2. Айдарханова Г.С. Распределение радионуклидов в организме сельскохозяйственных животных в пределах территории Семипалатинского полигона // Материалы международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы скотоводства, свиноводства в начале XIX века». Алматы, 2001. С. 130-131.
3. Айдарханова Г.С., Смагулов С.Г. Современное состояние радионуклидной загрязненности основных видов сельскохозяйственной продукции, заготавливаемых на территориях вблизи Семипалатинского полигона // Тезисы докладов 5 съезда по радиационным исследованиям. М., 2006. Т. 3. С. 3.
4. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Издательский дом «ОНИКС XIX век»: Мир, 2004. 216 с.
5. Oberleas D., Harland B.F., Bobilya D.J. Minerals: Nutrition and Metabolism. New-York: Vantage press, 1999.
6. Kieffer F. Metals as essential trace elements for plants, animals and humans // Metals and their composition in the environment. Ed. by E.Merian, VCH-Weinheim, 1990.
7. Скальный А.В. Эколого-физиологическое обоснование эффективности использования макро- и микроэлементов при нарушениях гомеостаза у обследуемых из различных климатогеографических регионов: Дис. ... докт. мед. наук. М., 2000.
8. Еришов Ю.А., Плетнева Т.В. Механизмы токсического действия неорганических соединений. М.: Медицина, 1989.
9. Агаджанян Н.А., Сусликов В.Л., Ермакова Н.В., Канланова А.Ш. Эколого-биогеохимические факторы и здоровье человека // Экология человека. 2000. № 1.

## Summary

The aim of the present work was to study the biology important mineral elements as Ca, P, Zn, Fe in animal organisms at the territory of Semipalatinsk polygon.

Институт физиологии человека  
и животных МОН РК

Поступила 2.02.07г.