

УДК 616.24+621.039.553.5(575.2)(04)

**СОДЕРЖАНИЕ УРАНА В ВОДЕ, ПОЧВЕ, РАСТЕНИЯХ
И ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФУНКЦИИ
ГИПОТАЛАМО-ГИПОФИЗАРНО-АДРЕНАЛОВОЙ СИСТЕМЫ КРЫС
В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГОРЬЯ (1200 м)**

Ю.Д. Сурудин – канд. тех. наук, профессор,

Э.М. Кучук – канд. мед. наук, доцент,

Л.П. Горборукова – канд. с-х. наук, доцент,

Н.С. Матющенко – канд. биол. наук, доцент,

Дж.З. Закиров – докт. мед. наук, профессор

В районе п. Орловка, прилегающего к хвостохранилищу, уровень радиационного фона и содержание урана в воде, почве и растениях не везде однозначны и оказывают влияние на функции гипоталамо-гипофизарно-адреналовой системы (ГАС). На территориях вблизи хвостохранилищ необходим мониторинг среды.

Ключевые слова: уран; радиоактивность; радиочувствительность; среднегорье; гипоксия; гипоталамо-гипофизарно-адреналовая система (ГАС).

Существенный вклад в технологически измененный естественный радиационный фон вносят хвостохранилища радиоактивных отходов и горные отвалы, образованные при разведке и разработке месторождений радиоактивных элементов. Эта проблема является актуальной для бывшей уранодобывающей Кыргызской Республики, на территории которой в прошлом отработано несколько урановых месторождений. В результате добычи и переработки радиоактивных руд остались хвостохранилища, которые являются потенциально опасными источниками загрязнения окружающей среды. Радиоактивные свалки опасны еще и тем, что радионуклиды под действием атмосферных осадков выщелачиваются и мигрируют в биосфере, наземных и водных экосистемах. Проблема захоронения отходов остается чрезвычайно острой [1].

По территории Чуйской области уровень радиационного фона распределен неравномерно. На 50% площади дозовая нагрузка не превышает 2 мЗв/год. Участки с повышенными дозами:

Междуречье Кичи-Кемин – Чон-Кемин, местами дозовая нагрузка доходит до 4 мЗв/год. Это связано как с естественным повышением фона за счет магматических пород, так и за счет техногенного радиоактивного загрязнения (рудник Ак-Тюз, отвалы горного производства).

Северный склон Кыргызского хребта в междуречье Сокулук–Аламедин: дозовая нагрузка составляет 4 мЗв/год.

Перевал Тюз-Ашуу за счет естественного повышения фона дает дозу до 5 мЗв/год.

В местах компактного проживания в собственно Чуйской долине, наиболее густо населенной части Кыргызстана, дозовая нагрузка не превышает 2 мЗв/год. Места возможного техногенного загрязнения: пос. Ак-Тюз, Кашка, Норуз, г. Кара-Балта, пгт. Ивановка, г. Кант [2].

В “хвостах” накопились огромные массы иония (торий-230), радия, остаточного урана и его долгоживущих изотопов. Следовательно, радиоактивность хвостохранилищ будет сохраняться на большом отрезке времени.

Основными загрязняющими веществами являются соли тяжелых металлов. По данным Республиканской СЭС, содержание марганца в водах рек ниже хвостохранилищ превышает ПДК в 9 раз, а кадмия – в 320 раз. В природных условиях обычно наблюдается не раздельное, а комбинированное действие радионуклидов различной тропности, что обуславливает более сложные связи между живым объектом и излучением.

В восточной части Чуйской области в долине реки Кичи-Кемин в поселках Боролдой и Кичи-Кемин, непосредственно примыкающих

к участкам речных отложений, радиоэкологическая обстановка достаточно сложная. В 1964 г. хвостохранилище №2 было вынесено селевым потоком в долину реки Кичи-Кемин, где местами еще встречаются отдельные загрязненные участки.

Радиоэкологические исследования, проведенные в промышленных районах Чуйской области в 1992–1994 годах, выявили неблагоприятную радиационную обстановку в районе размещения ПО «Южнополиметалл» города Кара-Балта. Горнорудный комбинат перерабатывал урановую руду и на территории комбината размещены хвостохранилища радиоактивных отходов. Радиационный фон на поверхности хвостохранилищ превышает 300 мкР/ч, достигая в отдельных местах до 2000 мкР/ч.

Каково состояние радиационного фона в Чуйской долине в настоящее время и влияние повышенного радиационного фона на организм человека и животных до конца не выяснено. В связи с этим целью данной работы явилось изучение содержания урана в воде, почве и растениях в районах, прилегающих к хвостохранилищу, и влияние повышенного радиационного фона на функции гипоталамо-гипофизарно-адреналовой системы (ГТАС) у животных.

Материалы и методы исследований. Методические подходы к выполнению работы соответствовали стандартным эколого-физиологическим требованиям, а также включали большое число биохимических и других унифицированных приемов. Наземную радиометрию осуществляли с помощью микрорентгенометра – 19 (LUDLUM MEASUREMENTS INC SWEETWATER TEXAS, США). Пробы грунта, воды и растительности контролировали на радиоактивность люминесцентным методом [3]. В качестве животных-биоиндикаторов в данной работе были использованы белые беспородные крысы-самцы массой 180–220 г при действии радиации в дозе 100–150 мкР/ч. Контролем служили крысы, находящиеся в условиях предгорья (760 м) при нормальном радиационном фоне (15 мкР/ч).

Разведение и содержание животных, а также проведение всех экспериментальных процедур соответствовало требованиям экспериментальной физиологической лаборатории.

Исследование проводили на 1,3, 15 и 30-е дни. Для измерения содержания катехоламинов, кортикостерона, КРГ-активности гипоталамуса и АКТГ в крови и гипофизе животных быстро

декапитировали в одни и те же часы, чтобы исключить суточные колебания базального уровня секреции гормонов. Плазму крови хранили при температуре – 20° С до определения указанных гормонов.

Для определения содержания АКТГ, суммарного кортикостерона, связанного с белками, и свободного кортикостерона в плазме периферической крови использовали радиоиммунный (РИА) метод [4], КРГ-активности гипоталамуса – биологический метод [5]. Измерение содержания серотонина, адреналина (А), норадrenalина (НА), ДОФА и норметанефрина (НМН) проводили флуориметрическим методом по описанной стандартной методике [6, 7]. Уровень инсулина в крови определяли методом радиоиммунного анализа с использованием набора Corning, USA.

Полученные результаты подвергнуты статистической обработке; различия между показателями оценивали по критерию Стьюдента, считая их достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследований

Содержание урана в воде, почве и растениях

Экспозиционная доза внешнего гамма-излучения на территории, прилегающей к хвостохранилищу п. Орловка в 2 км за охранной зоной, составляла: перед охранной зоной – 20–21 мкР/ч, в зоне на глубине 500 м – 22–23 мкР/ч, 1000 м – 24–25 мкР/ч и на расстоянии 2 км – 25 мкР/ч. В п. Кашка, в районе охранной зоны, отмечен радиационный фон – 22–23 мкР/ч.

Радиогеологический метод экологических исследований является одним из основных методов. Главным химическим элементом в республике, повышенное содержание которого говорит о загрязнении, является уран. Уран в окисленных условиях приповерхностной зоны обладает высокой миграционной способностью. В восстановительной обстановке его подвижность резко снижается. Содержание урана в природных водах в окислительных условиях в различных климатических зонах колеблется от 10^{-7} до 10^{-2} г/л. Концентрации 10^{-7} и 10^{-5} г/л характерны для ручьев, озер и подземных вод, заключенных в породах с кларковым содержанием урана.

По предварительным данным установлено, что содержание урана в исследуемом водном источнике составляет 10^{-7} и 10^{-6} г/л, в водных образцах, отобранных в ручье, выше зоны ограждения хвостохранилища на 1,5–2 км – $1,3 \cdot 10^{-5}$ г/л, что превышает на 30% ПДК ($1 \cdot 10^{-5}$ г/л) и соответствует породам с кларковым значением содержания урана.

Почвы обладают высокой способностью задерживать и концентрировать радиоактивные вещества. Неравномерность распределения урана в почвенном покрове земли зависит не только от количества его в подстилающей породе и степени развитости окисления, но и также от разнохарактерности почвенных условий в различных биоклиматических и почвенных зонах, определяющих неодинаковую миграционную способность урана. В отобранных почвенных образцах содержание урана составляет: 0–10 см – $1,5 \cdot 10^{-6}$ г/г; 10–20 см – $5,0 \cdot 10^{-6}$ г/г; 20–30 см. – $5,0 \cdot 10^{-6}$ г/г. Почвенный покров представлен горно-долинными светло-каштановыми почвами.

Господствующим ландшафтом изучаемых участков является типцово-ковыльная и типцово-попынная степь, а также галечниково-песчаные участки с разнотравно-злаковыми сообществами лугового типа. Растения быстро реагируют на низкие концентрации, загрязняющие атмосферу веществ. Поступление радиоактивных элементов зависит от физиологических потребностей растения, от способностей усваивать элементы не только через корневую систему, но и наземной частью в процессе фотодыхания, от особенностей геохимической миграции и форм фиксации элементов в почве. Растения могут использоваться в качестве биоиндикаторов при оценке загрязнения биоценозов. Содержание урана в сухом веществе полыни эстрагон – $0,13 \cdot 10^{-6}$ г/г; костре – $0,20 \cdot 10^{-6}$ г/г; типчаке – $0,03 \cdot 10^{-6}$ г/г; перовская – $1,72 \cdot 10^{-6}$ г/г.

Для оценки экологической ситуации п. Орловка полученные результаты были сопоставлены с содержанием урана в растениях Курского заповедника, концентрация которого берется за Кларк ($0,02 \cdot 10^{-6}$ г/г в сухом веществе). Как показали данные наших исследований, содержание урана в различных растениях изучаемого района превышает в 6–80 раз. Учитывая, что все эти растения являются кормовыми, можно предположить о повышенной опасности воздействия этих концентраций урана на организм и такие территории, особенно если они находятся вблизи населенных пунктов и включают сельскохозяйственные угодья, стоит отслеживать проведением регулярных наблюдений по цепочке: почва – вода – растительность – животные – человек.

Влияние ионизирующего излучения на живой организм

Известно, что вопросы биологического действия облучения давно привлекают внимание [8–12].

Выраженность возможных биологических сдвигов зависит от проникающей способности

излучения, его ионизирующего эффекта, дозы, времени облучения и состояния организма.

Однако до сих пор нет сложившегося мнения о действии на организм человека и животных ионизирующего излучения в малых дозах. По мнению одних исследователей, при малых дозах ионизирующего излучения наблюдается стимулирующий эффект на биологические процессы [13]; другие отмечали генетические, нейрогуморальные и эндокринные нарушения, изменение адаптационных процессов, иммунодепрессивное действие малых доз радиации [14].

Одна из ведущих проблем современной науки – действие ионизирующего излучения на организм человека и животных и среду их обитания – заключается в количественном изучении эффектов, так называемых, малых доз радиации. За последние годы стали публиковаться исследования в области радиационной эндокринологии. Объясняется это тем, что многие стороны изменения реактивности облученного организма уже хорошо изучены, однако широкое использование ионизирующих излучений для лечения ряда заболеваний, неблагоприятная экологическая (радиационная) обстановка требуют дальнейшего экспериментального разрешения важных для практики проблем, связанных, например, с механизмами нарушения гормонального статуса и устойчивости организма после облучения. Выяснение закономерностей функционирования эндокринных систем и их взаимоотношений при разных условиях облучения, когда в эндокринных системах происходят различные компенсаторные изменения, направленные на осуществление репарации лучевого поражения – очень существенная задача современной радиобиологии. Эта задача стала особенно актуальной в связи с выяснением зависимости между высокой радиочувствительностью эндокринных желез и доказательством возможности стимулирования регуляторных механизмов гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы (ГГНС), имеющей функциональную связь со всеми железами внутренней секреции, в первую очередь, надпочечниками, гормоны которых играют существенную роль в общей картине проявлений активности неспецифических механизмов адаптации.

Одна из важнейших физиологических характеристик – состояние гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной (ГГАС) системы, принимающей участие в адаптации организма. Функция этой системы может быть подвержена модификации под влиянием воздействий ионизирующе-

го излучения. Взаимосвязь нейромедиаторного и нейрогуморального компонентов в центральной регуляции функций обеспечивает возможность формирования адекватных радиационным воздействиям компенсаторно-приспособительных реакций и служит точкой приложения действия фармакологических препаратов, являющихся гомеостатическими регуляторами.

Гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система (ГГНС). Изучение гормонального ответа гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы при действии ионизирующей радиации 100–150 мкР/ч в условиях п. Орловка (1200 м) выявило различный характер изменения содержания КРГ-активности гипоталамуса, АКТГ в крови и гипофизе во времени у животных опытной группы. Так, на 3-й день действия повышенного радиационного фона снижается КРГ-активность гипоталамуса до 69,6%, АКТГ в гипофизе до 52,2% по сравнению с фоновыми данными (рис. 1).

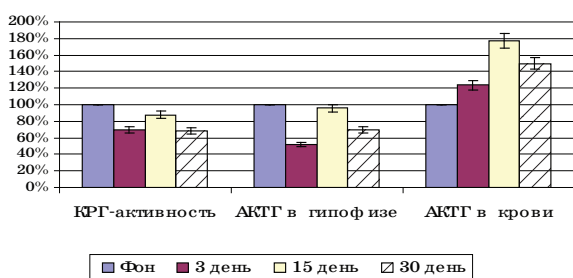


Рис. 1. Изменение содержания КРГ-активности гипоталамуса, АКТГ в крови и гипофизе у животных, адаптирующихся к условиям среднегорья с повышенным радиационным фоном.

Эти снижения, по-видимому, связаны с усилением выброса гормонов из указанных желез в циркулирующую кровь. Об этом свидетельствует увеличение концентрации АКТГ в крови (123,5%).

Наиболее объективную оценку стрессорной активности ГАС можно получить только при исследовании динамики выброса кортикостерона надпочечников в ответ на действие стрессора [15].

Влияние ионизирующей радиации в дозе 100–150 мкР/ч привело к изменению содержания кортикостерона в крови (рис. 2). Уровень общего, связанного и свободного кортикостерона в крови у всех животных через 3 дня повышался на 55,8, 58,9 и 17,3%, соответственно, по сравнению с контрольными данными.

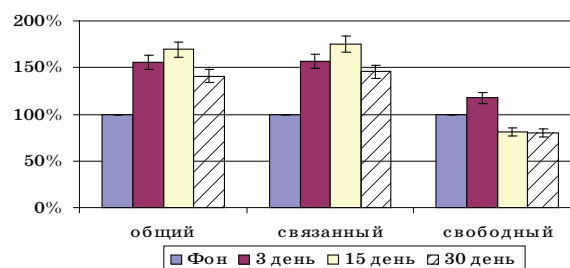


Рис. 2. Изменение содержания кортикостерона в крови у животных, адаптирующихся к условиям среднегорья с повышенным радиационным фоном.

На 15-й день действия ионизирующей радиации КРГ-активность гипоталамуса, содержание АКТГ в гипофизе достоверно снижено против фоновых данных на 12,4% и 4,4% соответственно. А уровень АКТГ в крови, наоборот, повышен и составляет 177,0% от контроля.

В этот же период отмечается повышение содержания общего кортикостерона в периферической крови на 69,2%, связанного с белком крови на 75,0% и снижение свободной формы кортикостерона на 18,7% по сравнению с фоном.

На 30-й день эксперимента отмечено дальнейшее снижение КРГ-активности гипоталамуса (68,3%) и содержание АКТГ в гипофизе (69,6%), а концентрация АКТГ в крови превышает контрольные величины на 50% (рис. 1).

Величина гормонального прироста общего и связанного кортикостерона в крови оставалась на высоком уровне до конца исследования (140,8% и 145,5% соответственно). А стрессорный уровень в крови свободной формы кортикостерона на 30-й день оказался сниженным на 20,40% против контроля.

Пятнадцатидневное действие радиации 100–150 мкР/ч привело к снижению уровня инсулина с $12,0 \pm 0,11$ до $11,0 \pm 0,05$ мед/л, что составляет 91,7% против контрольных величин. Концентрация инсулина в крови к 30-му дню продолжает снижаться и составляет 83,3% от фоновых данных.

Симпато-адреналовая система (САС). О функции симпато-адреналовой системы крыс в условиях повышенной радиации (100–150 мкР/ч) можно судить по уровню катехоламинов в крови.

Содержание адреналина в крови на 3-й день воздействия радиации резко, почти в 2 раза, повышается. Повышение концентрации этого гормона наблюдается до 15 дня, после чего идет снижение, но и на 30-й день остается на 80,0% выше фонового значения (рис. 3).

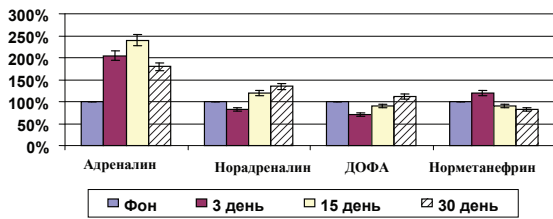


Рис. 3. Изменение уровня катехоламинов, их предшественников и метаболита в крови у крыс при действии радиации в дозе 100-150 мкР/ч в условиях среднегорья.

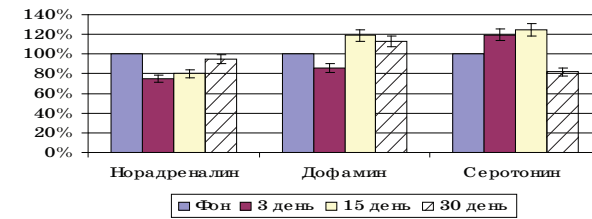
Уровень норадреналина, напротив, снижается к 3-му дню до 82,0% и, увеличиваясь в последующие дни, к концу экспозиции доходит до 135,1% по сравнению с контролем. Сходная динамика изменения наблюдается в изменении концентрации ДОФА. Содержание норметанефрина (продукта распада метаболизма катехоламинов), напротив, в крови повышается к 3-му дню воздействия ионизирующего излучения. На 15–30 день экспозиции концентрация НМН падает и составляет 81,6% от фоновых данных.

ДОФА и норадреналин являются предшественниками адреналина. Обратная связь между ними свидетельствует, что воздействие такого сильного стрессового фактора, как повышенная радиация, усиливает метаболизм адреналина. В пользу этого предположения говорит увеличение концентрации норметанефрина.

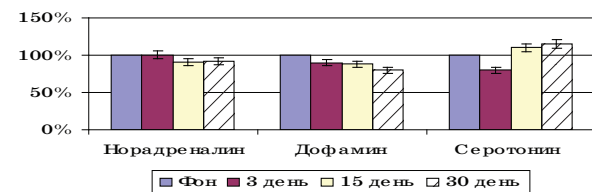
Содержание катехоламинов в головном мозге. Норадреналин синтезируется также в различных областях головного мозга, где он выполняет роль медиатора. Гематоэнцефалический барьер препятствует попаданию в головной мозг адреналина и норадреналина, выделяемых окончаниями симпатических нервных волокон и мозговым веществом надпочечников. В свою очередь норадреналин не поступает в системный кровоток в значительных количествах в связи с его повторным захватом нервными терминалами. А норадреналин, выделяемый нервными окончаниями, попадает в кровоток. Поэтому, несмотря на то, что он является медиатором, обладает признаками гормона.

В коре больших полушарий содержание норадреналина в первые три дня уменьшается и доходит до 74,8% от фоновой величины и остается примерно на том же уровне до 15 дня экспозиции. На 30-й день отмечается незначительное повышение уровня норадреналина, достигающее 94,7% от соответствующего контроля. Первона-

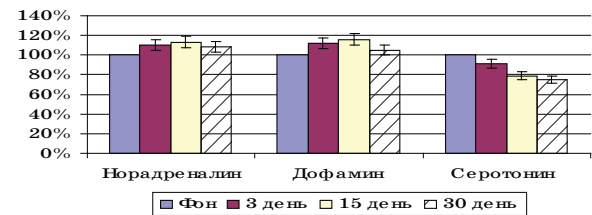
чально уровень дофамина понижается на 14,3%, в дальнейшем отмечается не столь выраженное повышение концентрации дофамина до конца воздействия ионизирующего излучения (рис. 4).



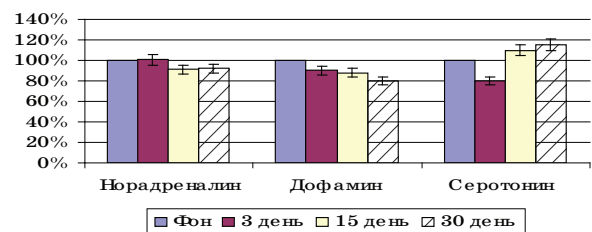
кора головного мозга



гипоталамус



ствол мозга



гиппокамп

Рис. 4. Содержание катехоламинов, их предшественников и серотонина в различных структурах головного мозга у крыс при действии радиации повышенного фона в условиях среднегорья (1200 м).

В ходе развивающегося адаптационного ответа на облучение в дозе 100–150 мкР/ч в условиях среднегорья выявляется повышение концентрации серотонина в коре больших полушарий с первого дня после воздействия и до 15 дня исследования в среднем на 19–25% от фоновых данных. В дальнейшем отмечается снижение уровня серотонина, составляя на 30-й день 82,0%. Серотонин является одним из центральных медиаторов, которые прямо индуцируют образование кортиколиберина и соответственно АКТГ и глюкокортикоидов – основных гормонов стресса [16, 17].

Уменьшение концентрации норадреналина и дофамина наблюдается в течение всего периода наблюдения и в гипоталамусе, причем скорость спада наиболее выражена на 30-й день. Концентрация серотонина, уменьшаясь к 3-му дню (на 20%), нарастает и к 30 дню составляет 115% от контроля. Взаимоотношение между синтезом серотонина и норадреналина с дофамином реципрокные. Серотонин тормозит процессы, происходящие в мозге, поэтому его увеличение влечет за собой уменьшение катехоламинов и их предшественников.

В стволе мозга катехоламины синтезируются в большей степени, и содержание норадреналина и дофамина в указанной структуре превышает фоновые данные, начиная с 3-го дня исследования и к 30-му дню составляет 108,0% и 105,2% соответственно. Концентрация серотонина в стволе мозга снижается от нормы на 3-й день до 91% и на 30-й день составляет 75%.

В гиппокампе, по сравнению с другими отделами мозга, содержание норадреналина и дофамина снижено с первого дня исследования, и низкий уровень исследуемых катехоламинов сохраняется до 30-го дня. Уровень серотонина в указанной структуре мозга на 3-15 дни незначительно превышал фоновые данные и к концу содержания животных в условиях эксперимента снижался до 98% от контроля.

Таким образом, приведенные материалы и полученные данные показывают, что на территории г. Бишкек и Чуйской области колебания радиационного фона не везде однозначны. Выявлены участки с повышенным радиационным фоном: район ТЭЦ и его хвостохранилище – 30 мкР/ч.; комвольно-суконный комбинат – 26 мкР/ч; учебный корпус КРСУ №4 – 25 мкР/ч; на прилегающих территориях к хвостохранилищу п. Орловка и п. Кашка – 25–26 мкР/ч.

Содержание урана в различных растениях изучаемого района превышает в 6–80 раз. Учи-

тывая, что все эти растения являются кормовыми, можно предположить повышенную опасность воздействия этих концентраций урана на организм. Именно такие территории, особенно если они находятся вблизи населенных пунктов и включают сельскохозяйственные угодья, стоит отслеживать проведением регулярных наблюдений по цепочке: почва – вода – растительность – животные – человек.

Повышенный радиационный фон 100–150 мкР/ч в условиях среднегорья привел к снижению функциональной активности центрального отдела ГГНС (снижение КРГ-активности гипоталамуса и уровня АКТГ в гипофизе), повышению глюкокортикоидной функции надпочечников, доминированию гормональной функции САС при снижении ее медиаторной функции и подавлению выработки инсулина.

Уровень кортикостерона в крови является одним из показателей функционирования ГГАС, активация которой относится к обязательным компонентам стрессорной реакции. С участием кортикостероидных гормонов регулируется и функция самой ГАС механизмами обратной связи, что имеет решающее значение для окончания стрессорного ответа. При этом гормоны осуществляют одновременную перестройку всех звеньев ГАС, замыкая контур регуляции внутри этой системы и оставляя ее открытой для сигналов из высших мозговых структур. Таким образом, изменяя деятельность адrenoкортикального, гипофизарного и гипоталамического звеньев ГАС, кортикостероиды выводят ее деятельность на уровень, соответствующий не только содержанию этих гормонов в крови, но и влиянию окружающей среды.

Снижение стресс-реактивности гипофизарно-адrenoкортикальной системы сочетается чаще всего с более быстрым завершением гормонального ответа, и это является свидетельством нарушения регуляторных механизмов. Эти антагонистические изменения со стороны активности ГГНС, САС и поджелудочной железы вызвали снижение устойчивости организма и нарушение адекватной ответной реакции одной из важных регуляторных систем – гипоталамо-гипофизарно-адrenalового комплекса на действие радиации.

Литература

1. Грачев Н.Н., Мырова Л.О. Защита человека от опасных излучений. – М., 2005.
2. Карпачев Б.М., Менг С.В. Радиационно-экологические исследования в Кыргызстане. – Бишкек, 2000.

3. Максимов Т.М., Оджагов Г.О. Радиоактивные загрязнения и их измерение. – М., 1989.
4. Морозов В.И., Чайковский В.С., Прияткин С.А., Рогожкин В.А., Савченко О.Н. Радиоиммунологический анализ стероидов. Научно-практические аспекты // Физиол. журн. СССР. 74. – 1988. – С. 1049–1072.
5. Држевецкая И.А. Гипоталамическая регуляция гипофизарно-адренокортикальной системы // Нейроэндокринные механизмы адаптации. – Ставрополь, 1974. – С. 5–15.
6. Alekhina T.A., Gilinsky M.A., Kolpakov V. G. Catecholamines level in the brain of rats with a genetic predisposition to catatonia // Biogenic Amines. 10. – 1994. – P. 443–450.
7. Schlumpf M., Lichtensteiger W., Langemann H. et al. A fluorimetric microteaching for simultaneous assay of 5-hydroxytryptamine, noradrenaline and dopamine in milligrams of brain tissue. // Biochem. Pharmacol. – 32. – 1974. – P. 2337–2446.
8. Бойцова В.П., Голощанов П.В., Шведов В.Л. Отдаленные последствия хронического облучения крыс при различной мощности дозы // Радиобиология. – 1984. – Т. XXIV. – Вып. 5. – С. 672–675.
9. Бурназан А.И. Основы радиобиологии и радиационной защиты. – М., 1977. – С. 16–18.
10. Быковченко Ю.Г., Быкова Э.И., Белеков Т., Кадырова А.И., Тухватшин Р.Р., Юшида С. Техногенное загрязнение ураном биосферы Кыргызстана. – Бишкек, 2005. – 170 с.
11. Григорьев Ю.Г., Данияров С.Б., Молдоташев Р.И., Фарбер Ю.В., Шафиркин А.В. Биологическое действие ионизирующего излучения в условиях хронической гипоксии. Сообщение 1. Исследование дозовой зависимости смертности крыс, облученных на разных стадиях адаптации к высокогорной гипоксии // Радиобиология. – 1980. – Т. XX. – Вып. 1. – С. 114–116.
12. Куна П. Химическая радиозащита. – М.: Медицина, 1989. – 193 с.
13. Кузин А.М. Структурно-метаболическая гипотеза в радиобиологии. – М., 1977. – 230 с.
14. Бурманова Е.Б. Эффект сверхмалых доз // Вестн. РАН. – 1994. – Т. 64. – № 5. – С. 425–431.
15. Шаляпина В.Г., Ордян Н.Э., Бедров Я.А., Венцов А.В., Пивина С.Г. Характеристика основных параметров гормональной функции коры надпочечников и ее модификация в онтогенезе крыс // Журн. эволюц. биохимии и физиологии. – 32/2. – 2001. – С. 134–138.
16. Науменко Е.В. Влияние 5-окситриптофана и 5-окситриптамина на функцию гипофизарно-надпочечниковой системы // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. 12(3). – 1965. – С. 143–144.
17. Kriger H.P., Kriger D.T. Chemical stimulation of the brain: effect on adrenal corticoid release // Amer.J.Physiol. 218. – 1970. – P. 1632–1641.