



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

(НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ)



УТВЕРЖДАЮ

Директор института

Карпенко Е.И.

«19» сентября 2023 г.

Программа вступительных экзаменов в аспирантуру НИЦ «Курчатовский институт - ВНИИРАЭ по специальности 1.5.1. – радиобиология (биологические науки)

В основу настоящей программы положены следующие разделы: общая радиобиология; радиационная экология; биологическое действие сублетальных и малых доз ионизирующих излучений; химическая защита биологических объектов и систем от действия ионизирующих излучений.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии по биологическим наукам.

Общая радиобиология

Открытие рентгеновских лучей и радиоактивности. Определение предмета радиобиологии – науки, изучающей ответные реакции биологических объектов и систем на действие ионизирующих (и неионизирующих) излучений. Основные этапы развития радиобиологии.

Типы ионизирующих и неионизирующих излучений, их физическая характеристика. Биологическое действие излучений с разными физическими характеристиками. Зависимость ОБЭ от ЛПЭ. Проникающая способность корпускулярных и электромагнитных ионизирующих излучений и их взаимодействие с веществом. Единицы активности радионуклидов. Единицы экспозиционных и поглощенных доз излучений. Мощность доз излучений. Основной энергетический парадокс радиобиологии.

Особенности физического, биофизического и общебиологических этапов лучевого поражения организма.

Иерархия радиочувствительности живой природы. Диапазоны радиочувствительности для разных таксономических групп организмов при общем однократном их облучении. Радиочувствительность систем *in vivo* и *in vitro*.

Ответные реакции организма на разные способы облучения: внешнее и инкорпорированное (внутреннее), общее (тотальное) и локальное; равномерное и неравномерное; однократное и дробное (многократное с различными интервалами); острое и хроническое.

Интегральные показатели лучевого поражения – СД 50/30 и др. Кривые «доза-эффект» для многоклеточных организмов. Радиационные синдромы. Характер лучевых изменений «критических» органов. Радиочувствительность и лучевые реакции отдельных органов и тканей. Клеточное опустошение тканей облученных организмов. Некроз и апоптоз. Восстановительные процессы в облученном организме.

Кривые «время-эффекты». Фазовое развитие острой лучевой болезни во времени. Нарушение окислительно-восстановительных процессов в биомембранах клеток. Цепные процессы липопероксидации. Радиотоксины и лучевая токсемия. Лучевой стресс. Эндогенный фон резистентности. Влияние ионизирующих излучений на нейро-гормональные и иммуно-гемопоэтические регуляторные процессы; на механизмы клеточной регуляции.

Клеточная радиочувствительность. Летальные и нелетальные лучевые реакции клеток. Угнетение клеточного деления, повреждение хромосом. Формы клеточной гибели и их механизмы. Некроз и апоптоз. Внутриклеточная репарация.

Механизмы прямого действия излучений. Принцип «попадания и мишени». Стохастическая теория. Вероятностная модель радиационного поражения клетки. Интерфазная и репродуктивная гибель клеток. Основные типы лучевых повреждений ДНК. Типы репарации однонитевых разрывов ДНК. Основные этапы эксцизионной репарации ДНК. SOS-репарация. Зависимость доза-эффект от индукции мутаций у клеток прокариот. Основные типы мутаций. Репликативный и репаративный мутагенез. Нестабильность генома.

Доказательства существования косвенного действия излучений. Образование свободных окислительных радикалов. Кислородный эффект – универсальное явление в радиобиологии. Зависимость радиобиологических эффектов от времени после облучения. Лучевые нарушения окислительно-восстановительного гомеостаза. Гипотезы радиотоксинов. Механизмы цепных реакций перекисного окисления липидов в биологических мембранах. Эндогенные радиосенсибилизаторы. Роль биоокислителей в развитии первичных лучевых реакций. Концепция эндогенного фона резистентности – ЭФР.

Соотношение прямого и косвенного действия ионизирующих излучений при радиационной инактивации клеток. Условность понятий.

Способы количественной оценки зависимости эффекта облучения от дозы. Кривые выживаемости клеток. Интерфазная и репродуктивная гибель клеток. Моделирование клеточной гибели. МСтохастические модели.

Модификация радиочувствительности. Средства ослабления и усиления лучевых реакций. Радиопротекторы, радиомиметики, радиосенсибилизаторы. Защита от лучевого поражения, аддитивность и синергизм их действия с облучением.

Радиационная экология

Определение предметов: радиоэкологии – науки, изучающей особенности существования человека и биоты в среде, загрязненной радиоактивными веществами, и сельскохозяйственной радиоэкологии, исследующей последствия действия загрязнений среды на сельскохозяйственные растения и животных (распределение и действие радионуклидов по пищевым цепочкам).

Природный («естественный») радиационный фон. Радиоактивность космических излучений, а также излучения природных радионуклидов, естественно распределенных в земле, воде,

воздухе, пищевых продуктах и организмах. Состав природных радионуклидов и уровни радиоактивности. Колебания космического фона: высотный и широтный эффекты, радиационные пояса. Колебания земного фона: «горячие» географические регионы, проблемы радона и его дочерних продуктов распада. Болезнь рудокопов, синдром «больного здания».

Техногенный радиационный фон. Извлечение и переработка ряда пород, полезных ископаемых, удобрений, создающих локальное повышение уровня радиоактивности. Радиоактивные продукты ядерных взрывов, сбросы и хранение радиоактивных отходов. Использование атомной энергии в мирных и военных целях.

Ядерные катастрофы, аварии и инциденты. Международная шкала ядерных событий (МАГАТЭ-88). Аварии на военных ядерных установках, предприятиях (Хэнфорд, аварии на Ю. Урале, Уиндскейл, Томск-7 и др.) и на ядерных объектах гражданского назначения. (Три-Майл-Айленд, Чернобыльская и др. АЭС). Масштабы и характер радиоактивных загрязнений. Чернобыль: масштабы катастрофы, оценка последствий; современное радиоэкологическое состояние зараженных территорий. Радиохимическая характеристика и миграция ^{133}Xe , ^{131}I , ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{239}Pu , ^{241}Am в природе и по пищевым цепочкам; биологическое действие радионуклидов (внешнее и внутреннее обл.).

Зоны проживания на загрязненных радионуклидами территориях. Аварийная и предельно допустимая дозы облучения для человека. Чернобыльский радиоэкологический синдром. «Здоровье среды». Влияние хронического облучения на качество среды – состояние и самочувствие живых существ и человека. «Биотест» – методы оценки здоровья среды по биологическим показателям гомеостаза систем и организмов (биофизические, биохимические, физиологические и морфо-генетические тесты). Оценка наиболее распространенных заболеваний у ликвидаторов аварии: психических расстройств; болезней эндокринной системы, органов кровообращения и пищеварения; иммунной недостаточности, лучевой катаракты; болезни крови и органов кроветворения; злокачественных новообразований и др.

Биологическое действие сублетальных и малых доз ионизирующих излучений

Биологическое действие сублетальных и малых доз радиации – фундаментальная и прикладная проблемы радиобиологии.

Отдаленные последствия нелетального облучения (через несколько месяцев у мышей и крыс; через 10-20 лет и более – у человека): сокращение продолжительности жизни, возникновение лейкозов, злокачественных опухолей, катаракт; изменения в соединительных тканях, легких, коже. Особенности проявлений отдаленных последствий в зависимости от характера и дозы (а также мощности дозы) облучения. Накопление повреждений в генетическом аппарате соматических клеток – один из механизмов отдаленных последствий однократного или хронического облучения. Другие возможные механизмы, связанные с повреждениями биологических мембран и генетического аппарата клеток.

Международные (МАГАТЭ) определения понятия «малые дозы ионизирующих излучений». Пороговая и беспороговая концепции оценки биологического риска малых доз ионизирующей радиации. Стохастический характер биологического действия малых доз ионизирующих излучений. Немонотонная зависимость нарушений в организме от действия малых доз излучений («эффект колокола»).

Эффект гормезиса при повышении природного радиационного фона в десятки и тысячи раз.

Механизмы стимулирующего действия облучения на процессы деления клеток, роста и развития организмов. Решающая роль в начальных механизмах лучевого гормезиса стимуляции рецепторов биомембран и клеточных регуляторных процессов, приводящих к адаптивному ответу клетки или (и) к апоптозу. Оценка последующих изменений в клетке и организме, характеризующих лучевой гормезис: повышение эндогенного фона резистентности и реализация его; повышение активности ферментов репарации; стимуляция дыхания, неспецифического иммунитета; активация нормальных физиологических процессов и поддержания гомеостаза облученного в малых дозах организма. Гормезис и адаптивный ответ. Малые дозы облучения на фоне других загрязнений среды и воздействий.

Модификация биологического действия малых доз: радиосенсибилизация, аддитивность, защита.

Литература:

1. Алексахин Р.М., Васильев А.В., Дикарев В.Г. и др. (под ред. Алексахина Р.М.) Сельскохозяйственная радиоэкология. М.: Экология, 1992 г.
2. Бак Зенон, Александр Питер. Основы радиологии. М.: Ин. Лит-ра, 1963 г.
3. Кудряшов Ю.Б., Беренфельд Б.С. Основы радиационной биофизики, М.: МГУ, 1982 г.
4. Кузин А.М. Роль природного радиационного фона и вторичного биогенного излучения в явлении жизни. М.: Наука, 2002 г.
5. Окада Ш. Радиационная биохимия клетки. М.: Мир, 1974 г.
6. Ризниченко Г.Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. М.: Ижевск, Динамика, 2002 г.
7. Рубин А.Б. Биофизика (биофизика клеточных процессов). М.: Кн. дом Университет, 2000 г.
8. Тарусов Б.Н. Первичные процессы лучевого поражения. Госатомиздат, 1962 г.
9. Тимофеев-Рисовский Н.В., Савич А.В., Шальнов М.И. Введение в молекулярную радиобиологию. М.: Медицина, 1980 г.
10. Ярмоленко С.П. Радиобиология человека и животных. Учебник. Высшая школа, 1988 г.

Программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.5.1 - Радиобиология

СОГЛАСОВАНО:

Протокол заседания ученого совета № 7 от «18» сентября 2023 г.